

**LYDIO LUIZ RISSETTI ODRESKI**

**EVOLUÇÃO SEDIMENTAR E BATIMÉTRICA DA BAÍA DE  
ANTONINA - PR**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre.

Orientador: Dr. Rodolfo José Angulo  
Co-orientadores: Dr. Sidnei Pires Rostirolla  
Dr. Eduardo Marone

**CURITIBA  
2002**

*Dedico este trabalho à  
Luara Liz*

# TERMO DE APROVAÇÃO

LYDIO LUIZ RISSETTI ODRESKI

**“EVOLUÇÃO SEDIMENTAR E BATIMÉTRICA DA BAÍA DE ANTONINA - PR”**

Dissertação de mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, Comissão formada pelos Professores:



Professor Doutor Rodolfo José Angulo - UFPR  
Presidente



Professor Doutor Paulo César Fonseca Giannini - USP



Professor Doutor Sérgio Rebello Dillenborg - UFRGS

Curitiba, 26 de Julho de 2002.

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE QUADROS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	3
3.1 Localização e acesso.....	3
3.2 Caracterização do litoral do Paraná.....	4
3.3 O Complexo Estuarino de Paranaguá.....	5
3.3.1 Estratigrafia.....	6
3.2 Sedimentos de fundo.....	7
3.3 Drenagem e Aporte sedimentar.....	9
3.4 Dinâmica hídrica.....	10
4. MÉTODOS.....	12
4.1 Preparação do banco de dados.....	12
4.2 Considerações sobre a geoestatística.....	16
4.2.1 Variografia.....	18
4.2.2 Variografia exploratória.....	20
4.2.3 Modelagem variográfica.....	23
4.2.4 Krigagem.....	25

4.3 Comparação de cartas batimétricas.....	27
4.4 Sondagens rasas submersas.....	31
5. RESULTADOS.....	32
5.1 O Mapa de Bigarella <i>et al.</i> (1978), à luz da geoestatística.....	32
5.2 Comparação dos mapas de distribuição das médias granulométricas de 1966 e 1995.....	37
5.2.1 Comparação dos parâmetros estatísticos granulométricos.....	40
5.2.1.1 Diâmetro médio.....	42
5.2.1.2 Desvio padrão.....	43
5.2.1.3 Assimetria.....	45
5.2.1.4 Curtose.....	45
5.3 Evolução batimétrica da Baía de Antonina.....	46
5.3.1 Sondagens rasas.....	52
6. DISCUSSÃO.....	56
6.1 Metodologia de análise granulométrica.....	56
6.2 A evolução batimétrica da Baía de Antonina e as mudanças na distribuição dos sedimentos de fundo.....	58
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS.....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS

A.P. – Antes do presente

APA – Área de Proteção Ambiental

APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina

CBD – Companhia Brasileira de Dragagem

CEM – Centro de Estudos do Mar

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

DXF – Data Exchange File (extensão de arquivo do *software* Auto Cad)

GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

LFM – Laboratório de Física Marinha

LOGEO – Laboratório de Oceanografia Geológica

MPS – Material particulado em suspensão

NRM – Nível relativo do Mar

PROGEO – Empresa de Engenharia e Sondagens

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UTM – Universal Transversal Mercator

ZMT – Zona de máxima turbidez

XLS - Extensão de arquivo do *software* Excel

Ø - Phi (escala granulométrica)

$\gamma$  (h) – Função variograma

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Mapa de localização e vias de acesso ao Complexo Estuarino de Paranaguá.....	03
Figura 3.2: Mapa de localização da área de estudo.....	04
Figura 4.1: Mapa de localização das linhas e pontos de amostragem feitas por Bigarella <i>et al.</i> (1978), nas baías de Paranaguá e Antonina.....	13
Figura 4.2: Fluxograma apresentando as operações realizadas neste estudo, desde a obtenção do banco de dados até a elaboração dos mapas de contorno dos sedimentos de fundo dos anos de 1966 e 1995.....	15
Figura 4.3: Representação clássica de um variograma e seus componentes.....	19
Figura 4.4: Exemplo do cone de regularização aplicado na amostragem de 1995, setor ocidental da Baía de Paranaguá, direção E-W.....	21
Figura 4.5: Direções e ângulo de tolerância da variografia exploratória realizada.....	21
Figura 4.6: Distribuição dos pontos amostrados em 1966 (A) e 1995 (B).....	22
Figura 4.7: Representação gráfica da anisotropia geométrica em duas dimensões verificada na Baía de Antonina em 1995, onde o alcance $a_1$ é de 2.500 m e o alcance $a_2$ é de 450 m.....	25
Figura 4.8: Comparação da Carta Batimétrica elaborada 1901 pelo Capitão Francisco A. de S. Mello (A) com a Carta Náutica produzida pela DHN, com levantamentos efetuados em 1979.....	28
Figura 4.9: Sobreposição dos levantamentos batimétricos de 1901 e de 1979.....	29
Figura 4.10: Fluxograma apresentando as etapas realizadas na comparação dos dados de granulometria com os levantamentos batimétricos.....	30
Figura 4.11: Operação de sondagem com amostrador em caixa em duas situações: em “a” posicionando para a penetração sem tampa, e em “b” fechando a tampa para a recuperação da amostra.....	31
Figura 5.1: Mapa de distribuição das médias granulométricas para a Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá, em “A” segundo Bigarella <i>et al.</i> (1970), e em “B” segundo análise geoestatística.....	33
Figura 5.2: Sobreposição dos vetores de correntes de maré vazante (LFM, 2000) sobre o modelo de distribuição granulométrica de 1966 gerado a partir da análise geoestatística.....	35
Figura 5.3: Sobreposição dos vetores de correntes de maré vazante (LFM, 2000) sobre o mapa de distribuição granulométrica proposto por Bigarella <i>et al.</i> (1970).....	36
Figura 5.4: Distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e setor ocidental da Baía de Paranaguá em 1966 (A) E 1995 (B).....	38
Figura 5.5: Pontos amostrados na Baía de Antonina, setor ocidental da Baía de Paranaguá e na zona de transição entre as duas baías, em 1966 (A) e 1995 (B).....	41

Figura 5.6: Histogramas de frequência acumulada para os pontos amostrados em 1966 (A) e 1995 (B).....	42
Figura 5.7: Comparação do grau de seleção dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá em 1966 (A) e 1995 (B).....	44
Figura 5.8: Comparação batimétrica da Baía de Antonina nos anos de 1901 (A) e 1979 (B).....	47
Figura 5.9: Localização dos perfis batimétricos na Baía de Antonina.....	48
Figura 5.10: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P1).....	48
Figura 5.11: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P2.....	49
Figura 5.12: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P3.....	49
Figura 5.13: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P4.....	50
Figura 5.14: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P5.....	50
Figura 5.15: Localização do canal de acesso aos Terminais Portuários da Ponta do Félix.....	51
Figura 5.16: Localização dos pontos determinados para sondagens rasas com amostrador em caixa e cano de alumínio.....	52
Figura 5.17: Perfis estratigráficos rasos (pontos C1 e C2) obtidos na Baía de Antonina.....	53
Figura 5.18: Proximidades da Ponta da Graciosa, onde foi obtido o cano de sondagem a -0,5 m.....	54
Figura 5.19: Testemunho de sondagem do ponto C2 com a identificação das 4 camadas observadas, A, B, C e D, ocorrendo um aumento da média granulométrica da base do cano (camada A) para o topo (camada D).....	55
Figura 6.1: Comparação das áreas que apresentaram erosão e sedimentação entre 1901 e 1979 na Baía de Antonina.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Parâmetros dos variogramas nas direções N-S, E-W, 45° e 135° para a Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá nos anos de 1966 e 1995.....	24
Tabela 6.1	Porcentagem da média granulométrica, das frações de cascalho, areia, silte e argila e dos teores de CaCO <sub>3</sub> e matéria orgânica (M.O.) das amostras obtidas nas baías de Antonina e Paranaguá em 1966 e 1995.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1	Estrutura do banco de dados.....	14
Quadro 4.2	Comparação entre métodos geoestatísticos e métodos convencionais (modificado de CAMARGO, 1989).....	17

## LISTA DE ANEXOS

Anexo I	Dados brutos das amostragens de 1966 e de 1995 com os parâmetros estatísticos e as porcentagens de cascalho, areia, silte e argila.....	69
---------	---	----

## RESUMO

A manutenção dos canais de navegação que acessam os portos organizados de Paranaguá e Antonina, através das operações de dragagens e despejo de material dragado, constituem uma atividade onerosa para os portos e impactante para o meio ambiente.

Este estudo procurou oferecer uma contribuição ao conhecimento da dinâmica sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá, correlacionando levantamentos históricos de batimetria e de sedimentos de fundo com dados mais recentes. O resultado desta comparação evidenciou de modo geral uma tendência ao aumento do diâmetro médio dos sedimentos de fundo em toda a área estudada, passando de silte médio em 1966 para areia muito fina em 1995.

Do ponto de vista batimétrico, ficou caracterizado intenso assoreamento da Baía de Antonina, principalmente na porção superior e nas margens, onde se constatou progradação das planícies de maré. O volume de sedimento depositado no período entre 1901 e 1979 foi cerca de  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$ , caracterizando uma taxa de sedimentação de aproximadamente 2,6 cm/ano. A influência antrópica exercida através da interligação das bacias de drenagem dos rios Capivari e Cachoeira para a construção de uma usina hidroelétrica, do desmatamento da Serra do Mar na região das cabeceiras dos rios e das atividades de dragagens e despejo de material dragado, parece ter tido uma contribuição significativa na aceleração do processo de colmatação deste setor do Complexo Estuarino de Paranaguá.

## **ABSTRACT**

The maritime channel that provides access to Paranaguá and Antonina harbors requires periodic maintenance of its security maritime depth. The maintenance requires dredging and disposal, a study of the bottom sediment distribution, and a study of the bathymetrical behavior of the area under the Paranaguá Harbor influence.

This study aims to increase our knowledge of the sedimentary and bathymetric dynamics of Antonina Bay and the western portion of Paranaguá Bay by correlating historical survey data with actual data. The results of this comparison show an increase in the average diameter of the bottom sediments all over the study area, passing the medium grain size from medium silt in 1966 to very fine sand of 1995.

Regarding the bathymetrical concern, it was characterized by an intense shoaling on Antonina Bay, mainly on the upper portion and on the margins, where extensive tidal flats have developed. The total sediment volume deposited in the period between 1901 and 1979 was around  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$ , reflecting a sedimentation rate of approximately 2,6 cm/year. Anthropogenic influence such as the connection of the rivers Capivari and Cachoeira for hydroelectric purposes, deforestation on river catchment areas at Serra do Mar, and activities of dredging and disposal, suggest a significant acceleration of the silting process of this portion of the Paranaguá Bay Estuarine Complex.

## **1. INTRODUÇÃO**

A existência do Porto de Paranaguá e de diversos outros terminais portuários confere às baías de Paranaguá e Antonina grande importância econômica para o Estado do Paraná. Os canais de navegação que acessam os terminais portuários exigem manutenção periódica das profundidades seguras para navegação. Tais operações de manutenção implicam em dragagens e despejo de material, tornando essencial o estudo da distribuição dos sedimentos de fundo e do comportamento batimétrico da área de influências dos portos organizados de Paranaguá e Antonina.

Estuários são feições efêmeras do ponto de vista geológico, submetidos a intensos processos de sedimentação que tendem a preenche-los. Embora se caracterizem como ambientes protegidos da ação direta das ondas e das correntes de deriva litorânea, o aporte sedimentar dos sistemas estuarinos é bastante complexo e variado. As fontes de sedimentos podem ser externas, principalmente fluviais e marinhas; marginais, resultantes da erosão da costa estuarina ou ainda provenientes do interior do sistema, principalmente por atividade biogênica. Somado a esses processos, o material da superfície do fundo pode sofrer ressuspensão e ser redistribuído pelas correntes de maré. As fontes e os processos podem ainda ser influenciados por atividades humanas como obras de engenharia, dragagens portuárias e desmatamentos.

Este estudo procurou através da comparação e correlação de amostragens de sedimentos de fundo e de levantamentos batimétricos realizados em datas distintas, avançar no conhecimento do comportamento sedimentológico e batimétrico do Complexo Estuarino de Paranaguá, caracterizando taxas de assoreamento e mudanças no padrão de distribuição dos sedimentos, oferecendo subsídios para a otimização e manejo das operações de dragagens e despejo de material.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho, além de apresentar uma contribuição ao conhecimento da dinâmica sedimentar da Baía de Antonina é identificar as mudanças no padrão de distribuição dos sedimentos da superfície do fundo da Baía de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá entre os anos de 1966 e 1995, correlacionando as mudanças observadas com as alterações batimétricas verificadas entre os anos de 1901 e 1979.

Especificamente pretende-se:

- Calcular e padronizar os parâmetros estatísticos granulométricos a partir dos dados brutos do levantamento de 1966, publicado por BIGARELLA *et al.* (1970; 1978), e de 1995, publicado pela PETROBRAS (1997);
- Processar os dados padronizados dos levantamentos de sedimentos de fundo à luz da geoestatística para a posterior elaboração de mapas de contorno;
- Identificar as mudanças no padrão de distribuição dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá, entre os levantamentos de 1966 e 1995;
- Caracterizar as alterações na configuração do fundo da Baía de Antonina ocorridas entre os levantamentos batimétricos dos anos de 1901 e 1979;
- Estimar uma taxa de sedimentação para a Baía de Antonina com base nos levantamentos batimétricos de 1901 e 1979.

### 3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização e acesso

O Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá localiza-se na porção Centro-Norte da planície costeira paranaense, tendo como limite Oeste a Serra do Mar e a Leste o Oceano Atlântico. O acesso pode ser feito pela BR-277 de Curitiba para a cidade de Paranaguá, ou pela PR-408 até a cidade de Antonina (Figura 3.1).

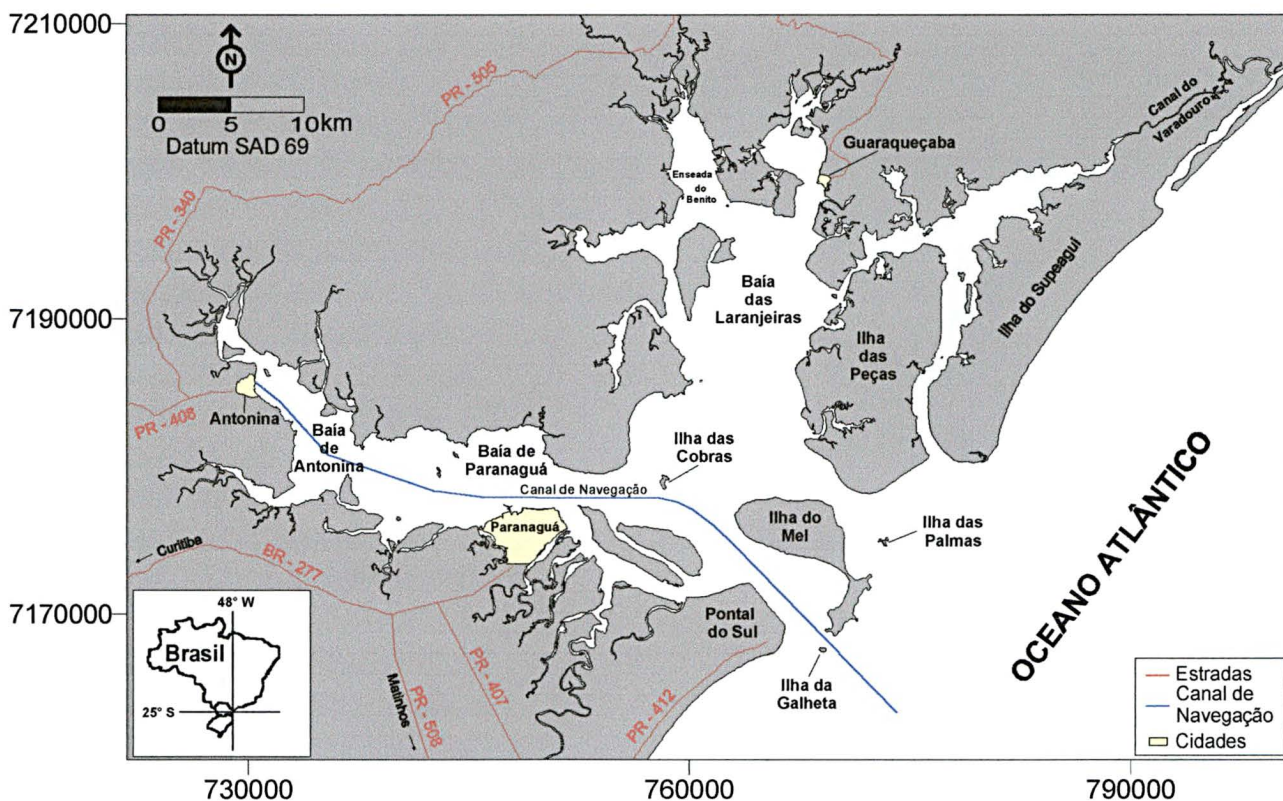


Figura 3.1: Mapa de localização e vias de acesso ao Complexo Estuarino de Paranaguá.

A área de estudo localiza-se no setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá, englobando a Baía de Antonina e o setor ocidental da Baía de Paranaguá. Especificamente a área de estudo está delimitada entre os paralelos 25° 20' e 25° 35' de latitude Sul e 48° 30' e 48° 45' de longitude Oeste. Neste estudo convencionou-se estabelecer o limite entre as baías de Paranaguá e Antonina no estreitamento definido entre a Ilha da Ponta Grossa e a Ilha do Teixeira (Figura 3.2).

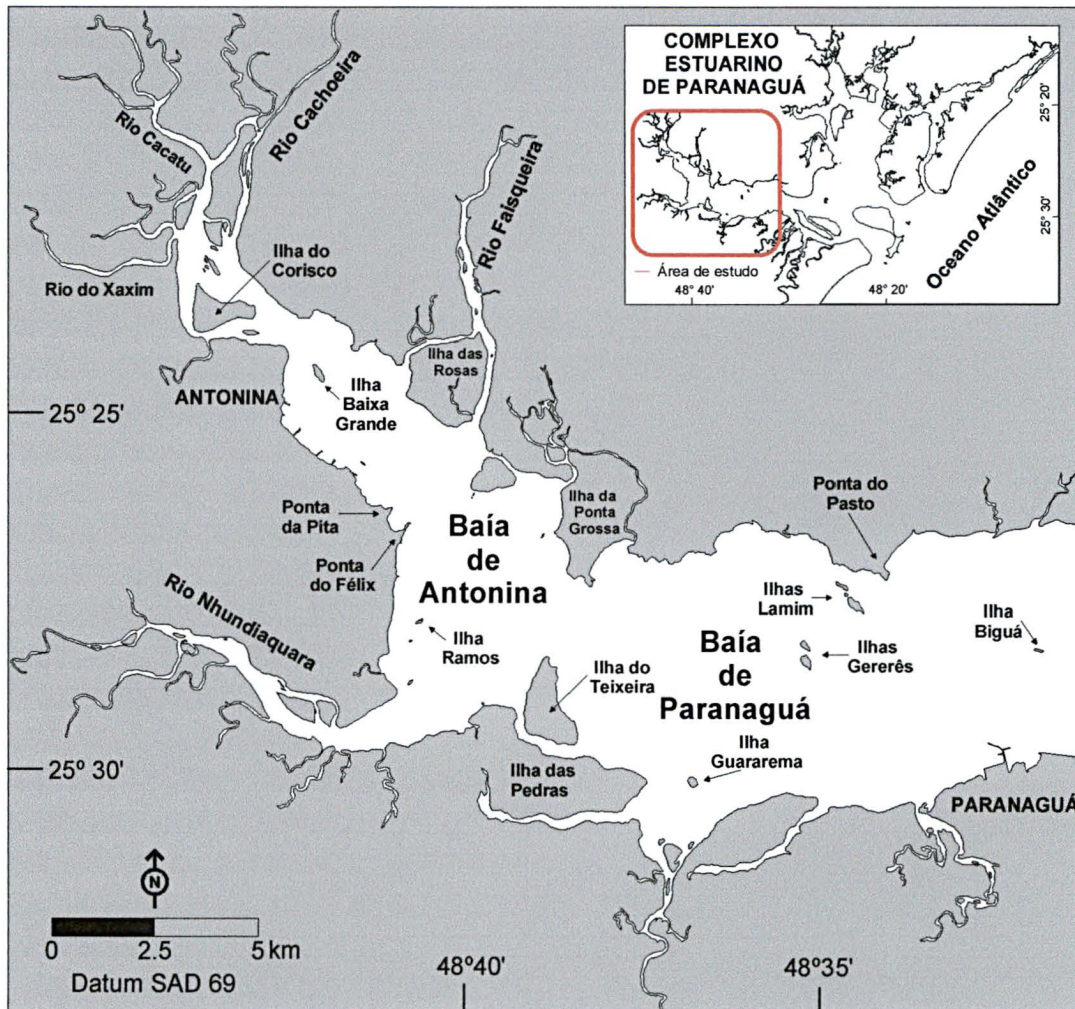


Figura 3.2: Localização da área de estudo.

### 3.2 - Caracterização do litoral do Paraná

A caracterização do litoral do Paraná tem como principais obras de referência o trabalho pioneiro de BIGARELLA (1946) e o clássico trabalho de MAAK (1968), onde encontra-se uma descrição geral da geografia física e das principais unidades geológicas da planície costeira paranaense. Grande contribuição também foi prestada pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, no final da década de 60, ao publicar uma série de mapas geológicos da região na escala 1:70.000, que resultaram de levantamentos sistemáticos sobre toda a faixa litorânea do Estado.

Segundo SUGUIO *et al.* (1985), toda a faixa litorânea da costa brasileira esteve submetida a oscilações do nível médio do mar, ocorridas durante o

Quaternário, sendo as formas cumulativas resultantes representadas por planícies litorâneas arenosas, com estuários e lagunas recortando o terreno.

A planície costeira paranaense é constituída por dois terraços marinhos, interpretados por LESSA *et al.* (2000) como sistemas de laguna - ilha barreira, que prograram em pelo menos duas fases, após os dois últimos máximos transgressivos do nível médio do mar. No Pleistoceno Superior (120.000 anos A.P.), quando o nível médio do mar estaria a +8, 5 m ( $\pm 2$  m), e no Holoceno (5.100 anos A.P.) +2,5 m ( $\pm 0,5$  m) (LESSA *et al.*, 1996; ANGULO *et al.*, 1999).

A geomorfologia da planície costeira paranaense apresenta em geral alturas inferiores a 20 m e um comprimento de aproximadamente 90 km, com largura máxima de 55 km na região de Paranaguá (ANGULO, 1992). Nesta planície encontram-se inseridas as baías de Guaratuba, Laranjeiras, Pinheiros e Paranaguá, sendo esta última a de maior amplitude e interesse econômico.

### **3.3 – O Complexo Estuarino de Paranaguá**

ANGULO (1992) mapeou em escala 1:50.000 as principais unidades geomorfológicas da planície costeira paranaense bem como seus ambientes de sedimentação. Segundo este autor, a complexa geometria apresentada pelo estuário de Paranaguá e a diversidade de ambientes envolvidos no sistema, classificam-no como um complexo estuarino.

O Complexo Estuarino de Paranaguá divide-se em dois setores principais, denominados Baía de Paranaguá propriamente dita, com 56 km no eixo E-W, e a Baía das Laranjeiras com 30 km no eixo N-S, compreendendo aproximadamente 550 km<sup>2</sup> de área submersa (SOARES, 1990) e uma superfície líquida de 612 km<sup>2</sup> (UFPR, 2002), com volume estimado de  $2 \times 10^9$  m<sup>3</sup> (KNOPPERS *et al.*, 1987). Os setores N-S e E-W por sua vez, compartimentam-se em diversos segmentos menores, originando um extenso litoral de costas protegidas onde deságuam diversos rios e canais de maré.

A conexão do Complexo Estuarino de Paranaguá com o Oceano Atlântico ocorre através de três canais principais, um canal menor e um canal artificial. As Ilhas do Mel e das Palmas dividem a desembocadura em três canais, denominados Canal Norte, Canal Sueste e Canal da Galheta. A Ilha das Peças separa o Canal Norte do Canal do Superagui e, no extremo Norte

do Complexo Estuarino encontra-se um canal artificial, denominado Canal do Varadouro (Figura 3.1).

### **3.3.1 - Estratigrafia**

Na tentativa de elucidação da geologia de subsuperfície da Baía de Paranaguá, LESSA *et al.* (1998) analisaram 121 testemunhos de sondagens realizadas pela PROGEO engenharia, bem como os resultados de uma campanha de sísmica de reflexão efetuadas pela CBD (Cia Brasileira de Dragagem), além de amostras de sedimentos de fundo. Com base nestas informações, confeccionaram diversos perfis estratigráficos transversais ao eixo principal da Baía de Antonina, e identificaram a presença de cinco fácies sedimentares sobrepondo-se ao embasamento cristalino preenchendo um vale fluvial afogado. São elas:

- Fácies fluvial pré-holocênica: constitui o substrato da sedimentação mais recente. Apresenta espessura máxima de 20 m, composta por material terrígeno retrabalhado, podendo ser associado a leques aluviais;

- Fácies lamosa transgressiva: caracterizada por lama escura e orgânica, composta por mais de 80 % de finos e espessura máxima registrada de 20 m. Esta fácies foi interpretada como paleo-estuarina, sendo correlacionável aos depósitos lamosos existentes sob o cordão holocênico;

- Fácies arenosa transgressiva: composta por material arenoso de cor cinza, com teor de finos variando de 0 a 39 % e teor de carbonatos de 3 %. Estes depósitos foram interpretados como depósitos marinhos transgressivos de antepraia com idades em torno de 7.000 a 5.100 A.P.. Esta camada jaz sobre uma superfície de ravinamento e, desta forma pode ter incorporado sedimentos pertencentes a depósitos sedimentares subjacentes erodidos, como por exemplo os depósitos continentais;

- Fácies lamosa regressiva: caracterizada por uma lama arenosa rica em matéria orgânica e fragmentos de conchas. Com uma espessura observada de mais de 10 m, esta camada reveste quase completamente a porção superior da Baía de Paranaguá. O teor de matéria orgânica varia de 2,2 % a 20 %, enquanto que o de finos oscila entre 30 % e 91 %, sendo freqüentes valores de 30 %.

- Fácies arenosa regressiva: restrita a área próxima de Antonina, é caracterizada por sedimentos arenosos moderadamente a mal selecionados, de cor cinza e com teor de finos variando entre 9 % e 35 %. Esta fácies provavelmente sobrepõe-se discordantemente à fácies lamosa regressiva, tendo sido interpretada como um depósito fluvial recente.

Uma nova avaliação dos dados de sísmica rasa de reflexão e dos testemunhos de sondagens utilizados por LESSA *et al.* (1998), foi elaborada por KISIN (1999). Esta autora digitalizou as informações disponíveis na tentativa de gerar um modelo tridimensional, que facilitasse ainda mais a visualização e o entendimento da geologia de subsuperfície das baías de Paranaguá e Antonina. Ao interpretar a Baía de Antonina, KISIN (1999) observou a ocorrência de uma importante variação lateral entre os sedimentos em pequenas distâncias, e identificou a presença de duas camadas principais presentes nesta região. A camada superior apresenta espessura variando entre 1 e 10 m, sendo composta por areia siltica intercalada com lentes de composição variada como areia, areia siltica e lama, e, uma camada inferior, com aproximadamente 15 m de espessura, composta basicamente por sedimentos siltosos.

### **3.3.2 - Sedimentos de fundo**

Em um abrangente trabalho, BIGARELLA *et al.* (1970;1978) analisaram e descreveram 429 amostras de sedimento de fundo das baías de Paranaguá e Antonina, mapeando praticamente todo o setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá. A composição do material de fundo da Baía de Paranaguá foi dividida em três categorias fundamentais. Na primeira encontra-se o material procedente do retrabalhamento direto da planície costeira, constituído em excelência por areia fina. A segunda categoria engloba o material de origem flúvial, composto por cascalho, areia, silte e argila. Na última categoria está o material biogênico proveniente do interior do sistema estuarino como as frações de matéria orgânica e de carbonato biodetrítico.

A distribuição das médias granulométricas analisadas por BIGARELLA *et al.* (1970;1978) revelou que, a jusante de Paranaguá, a classe modal predominante situou-se na fração areia fina a muito fina, bem selecionada,

sendo que o diâmetro médio e o grau de seleção tendem a diminuir em direção ao interior do estuário. Os mesmos autores observaram ainda que as frações mais grossas ocorrem preferencialmente associadas aos canais de maré, enquanto que o material mais fino estava depositado nos ambientes de menor energia. Essa disposição revelou que a distribuição dos sedimentos de fundo é controlada pelo ambiente físico, principalmente pela profundidade e pelas correntes de maré.

SOARES (1990) ao descrever a natureza dos sedimentos de fundo da Baía das Laranjeiras (setor N-S do Complexo Estuarino de Paranaguá), constatou um padrão de distribuição granulométrica similar ao observado nas baías de Paranaguá e Antonina, ou seja, sedimentos arenosos finos a muito finos na área de influência da desembocadura, e sedimentos finos, com baixo grau de seleção na porção interna deste setor. SOARES & BARCELOS (1995) destacaram a independência dos setores N-S e E-W quanto às áreas fontes de sedimento continental, caracterizando bacias hidrográficas distintas para cada um dos setores do Complexo Estuarino de Paranaguá.

Um novo levantamento dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá foi elaborado pelo projeto "Estudos Ambientais em Áreas Oceânicas e Costeiras no Sul do Brasil" (PETROBRAS, 1997), onde foram analisadas 353 amostras coletadas nas baías de Paranaguá e Antonina.

SOARES *et al.* (1996) efetuaram uma avaliação desta amostragem e compartimentaram o setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá em três setores principais: a) uma porção superior, à montante do estuário (Baía de Antonina) com grande influência fluvial, composta por sedimentos muito heterogêneos, ocorrendo uma mistura de sedimentos arenosos e siltosos com baixo grau de seleção, sendo a porcentagem de finos superior às demais porções do estuário; b) uma porção intermediária com influência fluvial e marinha, onde também delimita-se uma zona de máxima turbidez. Nesta zona também ocorre mistura das frações granulométricas, porém com menor influência de finos que na parte superior do estuário; c) uma porção inferior, composta por areia fina a muito fina, moderadamente a bem selecionada, delimitada pela área de influência da desembocadura, onde ocorre efetiva ação marinha.

Uma breve comparação dos resultados obtidos por BIGARELLA *et al.* (1970;1978) e pela PETROBRAS (1997) foi elaborada por SOARES *et al.* (1997) e APPA (1997), que observaram importantes mudanças na distribuição dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina. De modo geral, observou-se na porção superior um aumento da porcentagem dos sedimentos arenosos, fato atribuído pelos autores aos desmatamentos ocorridos na Serra do Mar nas últimas décadas.

### **3.3.3 – Drenagem e aporte sedimentar**

Em seu deslocamento pela bacia de drenagem a água carrega diversos componentes através de tração, suspensão e dissolução. A carga transportada por um rio é condicionada pelas características geomorfológicas de sua bacia, tais como clima, topografia, geologia, uso do solo e cobertura vegetal (MANTOVANELLI, 1999).

As terras continentais adjacentes ao Complexo Estuarino de Paranaguá são elevadas, com cotas superiores a 1900 m, formando um anteparo natural às frentes frias influenciando o clima local. Segundo a classificação de KOEPPEN, o clima na região do Complexo Estuarino de Paranaguá é do tipo Cfa, pluvial temperado, sempre úmido com chuva em todos os meses do ano, sendo o inverno o período mais seco e o verão a estação mais chuvosa, representando uma média anual de precipitação de 1988 mm (UFPR, 2002).

A declividade nas encostas da Serra do Mar é acentuada, geralmente maior que 45°, fazendo com que os cursos d'água comportem-se como verdadeiras torrentes, tornando elevado o potencial erosivo e o transporte de material (SOARES, 1990). Desta forma, as drenagens que correm em direção as baías configuram-se como principais agentes colaboradores no fornecimento de material para as formas estuarinas de sedimentação.

A Bacia Atlântica ou Bacia Hidrográfica Litorânea do Estado do Paraná, abrange uma das maiores áreas de preservação da Mata Atlântica Brasileira, mantendo ainda latente o seu ecossistema natural e a qualidade das águas dos rios (IPARDES, 1989). Esta bacia foi subdividida por MAACK (1968) em seis sub-bacias, sendo que quatro delas, Baía das Laranjeiras, Baía de Antonina,

Nhundiaquara e Baía de Paranaguá, desaguam no Complexo Estuarino de Paranaguá.

As baías de Paranaguá e Antonina compreendem uma área de drenagem de 2188 km<sup>2</sup>, equivalente a 54% da área de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá (IBGE, 1992). Nesta região, destacam-se duas principais bacias hidrográficas: a do Rio Cachoeira, que desagua na cabeceira da Baía de Antonina, e a do Rio Nhundiaquara, cuja foz localiza-se entre as cidades de Antonina e Paranaguá.

Durante a década de 1960, a solução para a necessidade de ampliação do sistema de geração de energia elétrica se viu representada pelo aproveitamento do potencial hidroelétrico dos rios Capivari e Cachoeira. A obra, inaugurada em janeiro de 1971, interligou as duas bacias hidrográficas através de um túnel de aproximadamente 15 km, escavado no maciço rochoso da Serra do Mar. Um reservatório com capacidade para  $15 \times 10^7$  m<sup>3</sup> de volume foi construído a 35 km da usina, que encontra-se equipada com um vertedouro controlado por comportas com capacidade para  $40 \times 10^3$  l/s de vazão. A água captada no reservatório do Rio Capivari foi adicionada ao Rio Cachoeira, incrementando sua vazão e tornando-o bastante caudaloso (ENERGIA, 2002).

Levantamentos efetuados por MANTOVANELLI (1999) nos anos de 1997 e 1998, evidenciaram um aporte médio de água doce para as baías de Paranaguá e Antonina de 182 m<sup>3</sup>/s para os meses de verão, e 41 m<sup>3</sup>/s para os meses de inverno. A carga de material particulado em suspensão foi de 355 e 88 ton/dia no verão e inverno respectivamente. O Rio Cachoeira que apresentou uma vazão anual média de 31,45 m<sup>3</sup>/s, foi caracterizado como maior fornecedor de água doce e material particulado em suspensão, para o eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá.

### 3.3.4 – Dinâmica hídrica

A circulação das baías de Paranaguá e Antonina é basicamente regida pelas correntes de maré e pelo aporte sazonal de água doce (KNOPPERS *et al.*, 1987). Aos efeitos desses fatores motrizes somam-se ainda a influência exercida pela geometria do corpo estuarino, pela salinidade e circulação da região costeira adjacente (KJERFVE, 1990; MIRANDA, 1996).

MARONE & JAMIYANAA (1997) classificam a maré do Complexo Estuarino de Paranaguá como micromaré, predominantemente semidiurna com desigualdades diurnas, sendo a amplitude média de 1,4 m em situação de quadratura e 1,7 m em períodos de sizígia. Ao analisarem um evento de maré meteorológica ocorrida em agosto de 1993, MARONE & CAMARGO (1994) constataram um nível de maré cerca de 80 cm acima do nível previsto e estimaram um volume de água represada no Complexo Estuarino de Paranaguá de  $4,8 \times 10^8 \text{ m}^3$ .

MANTOVANELLI (1999) observou que no setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá a propagação da maré ocorre de forma mista, sendo que as máximas velocidades de enchente e vazante antecederam as respectivas preamares e baixamares em 1,8 a 2,8 h (sizígia) e 0,8 a 2,1 h (quadratura). Esta avaliação evidenciou ainda uma apreciável estratificação vertical de salinidade durante o verão, tanto na sizígia como na quadratura, tornando-se fracamente estratificado somente em condições de baixo aporte e elevada intensidade das correntes de maré. Segundo a interpretação de KNOPPERS *et al.* (1987), o setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá pode ser classificado como um estuário parcialmente misturado tipo 2, no diagrama Estratificação-Circulação de HANSEN & RATTRAY (1965).

NOERNBERG (2001) observou que o setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá sofre maior influência do aporte de água doce de sua bacia de drenagem em relação ao eixo N-S, apresentando resposta mais rápida e intensa aos processos relacionados à estratificação da coluna d'água, intrusão salina, aporte de sedimentos fluviais e formação da zona de máxima turbidez (ZMT). Este autor delimitou a presença de uma ZMT no setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá, ocorrendo numa faixa entre as Ilhas Gererês e o Porto de Paranaguá (Figura 3.2), e acrescentou ainda que a ocorrência desta zona está diretamente relacionada à geometria do corpo estuarino, intensidade das correntes de maré e à estratificação da coluna d'água.

## 4. MÉTODOS

### 4.1 Preparação do banco de dados

Para efetuar uma comparação segura das amostragens realizadas em datas distintas, a primeira precaução tomada foi a padronização dos dados brutos disponíveis, onde procurou-se minimizar eventuais distorções que possam ter sido causadas durante o processamento, manuseio e interpretação destes dados.

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica acerca das baías de Paranaguá e Antonina. Nesta revisão foram enfocados principalmente os trabalhos de BIGARELLA *et al.* (1970;1978) e da PETROBRAS (1997), por neles estarem contidos os dados brutos que constituem o objeto de estudo deste trabalho. A posição espacial das amostras é conhecida dentro da área de estudo, pois está vinculada ao sistema de coordenadas UTM, de maneira que cada ponto analisado tem suas componentes x (Latitude), y (Longitude) e z, sendo esta última correspondente a média granulométrica.

Após estarem todas as informações disponíveis em uma planilha no formato *xls*, foi realizada, através do *software* Geocalc, a conversão das coordenadas dos pontos amostrados para o datum SAD 69. Esta padronização do datum permitiu a sobreposição das malhas amostrais sobre a base cartográfica georreferenciada elaborada pelo Laboratório de Oceanografia Geológica do Centro de Estudos do Mar - UFPR. O passo seguinte consistiu no ajuste dos pontos à base cartográfica, tendo em vista que as coordenadas dos pontos amostrados por BIGARELLA *et al.* (1978) foram extraídas manualmente do mapa original.

A localização dos pontos amostrados por BIGARELLA *et al.* (1978) foi feita através de um sistema de teodolitos, tendo sido a posição das amostras lançada manualmente sobre uma base cartográfica (Figura 4.1). Desse modo, ao plotar os pontos amostrados sobre a base cartográfica digital, eventualmente algum ponto caiu sobre a terra, sendo então a sua posição corrigida com base no mapa de pontos original. Esse problema não ocorreu com o posicionamento dos pontos amostrados pela PETROBRAS (1997), já que a amostragem foi realizada com o auxílio do GPS.



Figura 4.1: Mapa de localização das linhas e pontos de amostragem feitas por BIGARELLA *et al.* (1978), nas baías de Paranaguá e Antonina.

Apesar de se dispor dos parâmetros estatísticos utilizados por BIGARELLA *et al.* (1978) e pela PETROBRAS (1997), optou-se pela utilização dos dados brutos provenientes do peneiramento e pipetagem, a fim de empregar em ambos os dados o mesmo tratamento estatístico, através do *software* Sysgran 2.4 (CAMARGO, 1999).

Os resultados destas padronizações e análises estatísticas foram armazenados em um banco de dados na forma de planilhas numéricas, a partir das quais foram feitos os estudos que integram este trabalho. O objetivo principal desta transformação foi, além de fazer uma análise inicial dos dados, dispor de um arquivo em um formato versátil, de maneira que permitisse ser lido por diversos *softwares*, principalmente o Sysgran, Surfer, Spans, e Autocad que foram utilizados na análise exploratória dos dados.

A estrutura deste banco de dados e seus principais campos estão resumidos no quadro 4.1, onde estão descritos o responsável técnico pelas análises, as coordenadas UTM de cada ponto, os parâmetros estatísticos

granulométricos segundo FOLK & WARD (1957) e as porcentagens de cascalho, areia, silte e argila na escala de WENTWORTH (1922).

Quadro 4.1: Estrutura do banco de dados.

Data da Amostragem												
Responsável Técnico												
Numeração Original	Nº do Ponto	Latitude UTM	Longitude UTM	Média Granulométrica	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mediana	% de Cascalho	% de Areia	% de Silte	% de Argila

As operações realizadas com este banco de dados, desde a obtenção do arquivo original, análise exploratória dos dados, *krigagem* e a elaboração dos mapas de contorno estão representadas de forma resumida no fluxograma da figura 4.2. As relações com o contexto geológico da área, visando a obtenção de um modelo geoestatístico referente à distribuição das médias granulométricas dos sedimentos de fundo das baías de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá nos anos de 1966 e 1995, encontram-se descritas no item 4.2.

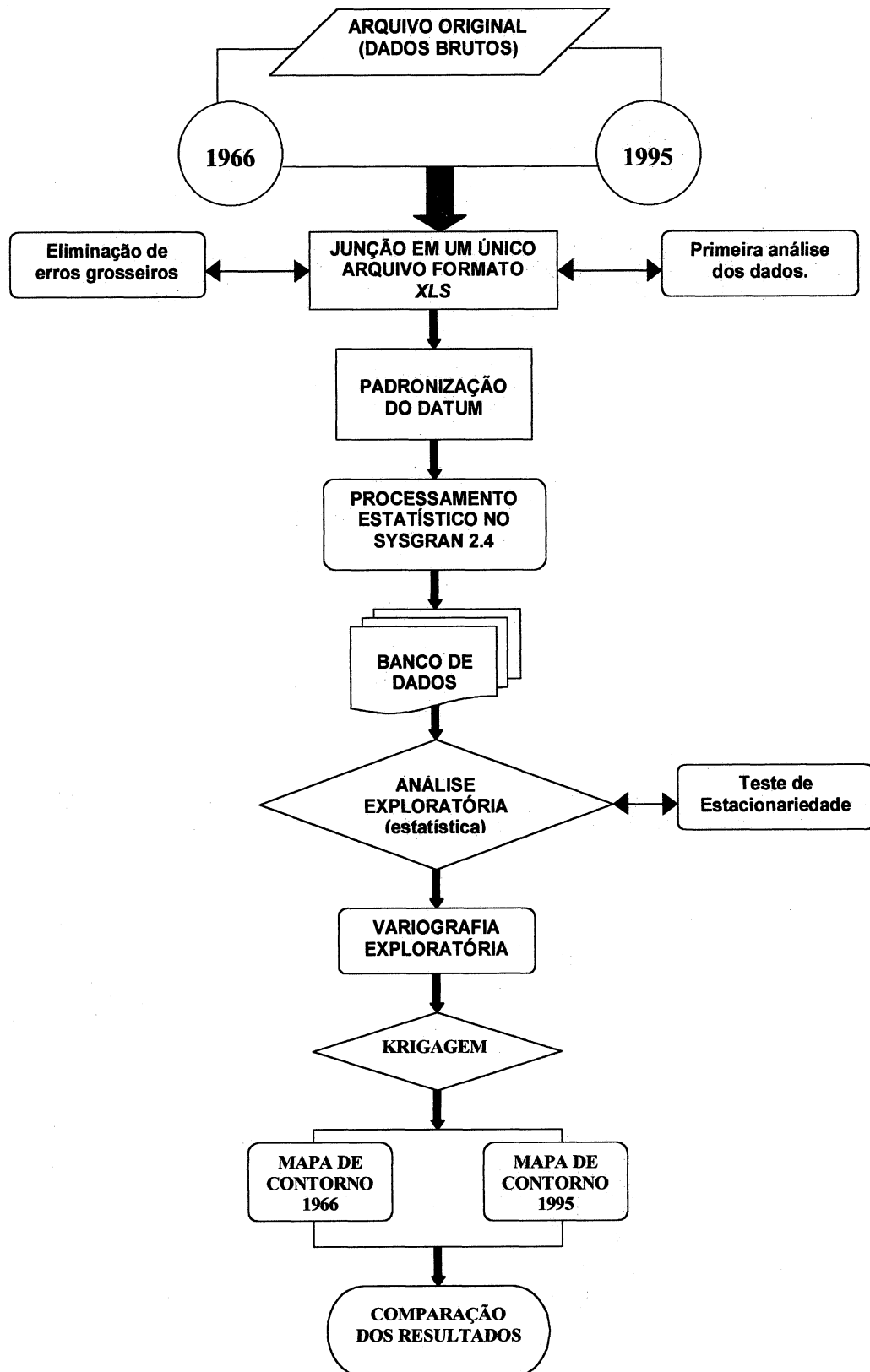


Figura 4.2: Fluxograma apresentando as operações realizadas neste estudo, desde a obtenção do banco de dados até a elaboração dos mapas de contorno dos sedimentos de fundo dos anos de 1966 e 1995.

## 4.2 Considerações sobre a geoestatística

Para a confecção de um mapa da variação espaço-temporal dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá, é necessário sobretudo, que se considere além do valor da variável que se quer comparar (como no caso o diâmetro médio expresso por um valor  $\phi$ ), o local onde a amostra foi coletada.

O termo geoestatística é utilizado para denominar um conjunto de técnicas estatísticas empregadas na análise descritiva, modelagem e estimação de variáveis que se apresentem distribuídas continuamente no espaço (FIGUEIRA, 1999). Tais variáveis são denominadas variáveis regionalizadas, ou seja, são valores de uma determinada observação que variam de um lugar a outro no espaço, mantendo informações de sua posição, expressa por um sistema de coordenadas.

Entre 1957 e 1962, o matemático probabilista G. MATHERON, influenciado pelos trabalhos estatísticos da escola Sul-Africana, realizados pelo engenheiro de minas D. KRIDGE em depósitos Auríferos, idealizou e constituiu um critério científico e moderno de interpretação denominado geoestatística. Esta técnica mostrou-se bastante eficaz no estudo da maior parte dos fenômenos naturais, tendo desta forma, fora do âmbito mineiro um vasto campo de aplicação (GUERRA, 1988).

MATHERON através da aplicação de uma série de equações matemáticas por ele desenvolvidas possibilitou o entendimento da estrutura de variabilidade espacial de um determinado atributo (Teoria das Variáveis Regionalizadas) de maneira que fosse possível criar interpolações que resultassem em uma boa estimativa dos valores em pontos não amostrados.

De maneira resumida, pode-se observar no quadro 4.2 as vantagens que as técnicas geoestatísticas apresentam em relação aos métodos convencionais:

Quadro 4.2: Comparação entre métodos convencionais e métodos geoestatísticos (modificado de CAMARGO, 2001).

<b>Métodos Convencionais</b>	<b>Métodos Geoestatísticos</b>
Os pesos são determinados meramente em função da distância	Os pesos são determinados a partir de uma análise de correlação espacial baseada no semivariograma
O raio de busca é arbitrário	A área de influência na interpolação é indicada pelo alcance
A anisotropia é ignorada	Modela anisotropia, isto é, detecta as direções de maior e menor continuidade espacial do fenômeno
Redundância é ignorada podendo ocorrer superestimação ou subestimação de valores	Otimiza de forma não viciada a ponderação atribuindo pesos adequados para os agrupamentos de amostras
O tratamento dos dados ocorre de maneira singular	Faz o melhor uso de toda a informação disponível dimensionando o ganho de precisão com adensamento e orientação da amostragem
-	Krigagem por blocos, com variância mínima definindo o erro associado de cada bloco

As variáveis regionalizadas possuem ainda certas características denominadas qualitativas, estreitamente ligadas à estrutura do fenômeno natural que elas representam. Segundo FIGUEIRA (1999) tais características são:

- **Suporte:** os valores da variável regionalizada somente são importantes no campo geométrico em que a mesma foi definida, ou seja, em um espaço determinado onde a variável pode assumir valores definidos e no interior do qual será estudada sua variação. O valor médio da variável dentro do campo é também chamado de suporte geométrico e corresponde ao volume sobre o qual a variável regionalizada foi definida e calculada.

- **Continuidade:** é um conceito que por si só está diretamente relacionado ao entendimento do que é uma variável regionalizada e pode ser expresso através de uma flutuação que reflete o grau de dependência ou independência entre amostras vizinhas.

Quando a variação torna-se muito instável significa que os valores guardam pouca ou nenhuma dependência entre eles, tal como se sucede com valores erráticos. Para esta situação designa-se o termo *efeito de pepita*, que expressa uma disposição verdadeiramente ao acaso dos valores.

- Anisotropia: os fenômenos naturais são via de regra regidos por processos físicos e químicos. Tais processos frequentemente apresentam orientações preferenciais, ou seja, são fenômenos anisotrópicos. A anisotropia é essencial para o entendimento da estrutura espacial do fenômeno analisado e refere-se a uma condição em que os valores observados podem variar mais intensamente em uma direção do que em outra. Esse fenômeno também é conhecido como zonalidade.

#### 4.2.1 Variografia

A variografia propriamente dita compreende uma técnica de determinação da equação da variação aliada a uma técnica de interpolação (Krigagem). O variograma na prática é a ferramenta estatística que permite mostrar o grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um determinado suporte, sendo, neste caso de estudo, representado pela variação espacial da distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá.

Em geoestatística, se os pontos são muito correlacionados, a variância das diferenças será menor e vice-versa. Esta variância quando representada graficamente em função da distância ( $h$ ) demonstra a correlação espacial (covariância) para um fenômeno regionalizado e dá origem ao variograma.

A notação matemática para a função variograma é  $2\gamma(h)$  e a função semivariograma é  $\gamma(h)$ , embora muitos autores denominem esta última simplesmente como função variograma (CLARK, 1979).

A função variograma  $2\gamma(h)$  é definida como a esperança matemática do quadrado da diferença entre valores de pontos no espaço, separados por uma distância  $h$ , conforme a seguinte equação.

$$2\gamma(h) = \sum \{ [Z(x+h) - Z(x)] \}^2$$

Que pode ser expressa por:

$$\gamma(h) = \frac{\sum [Z(x) - Z(x+h)]^2}{2n}$$

Onde:

$\gamma(h)$  é a função variograma;

$n$  é o número de diferenças (pares de pontos separados por uma distância  $h$ );

$Z(x+h)$  é o valor da variável regionalizada no ponto  $(x+h)$ ;

$Z$  é a realização do ponto

$Z(x)$  é o valor da variável regionalizada no ponto  $x$ .

Como a função variograma depende da distância  $h$ , e esta distância pode ser considerada como um vetor, o variograma deve ser construído segundo distintas direções no espaço, visando, desta maneira, evidenciar eventuais anisotropias que possam existir. A figura 4.3 apresenta um exemplo clássico de um variograma e seus componentes: patamar ( $C$ ), alcance ( $a$ ), contribuição ( $C_1$ ) e efeito de pepita ( $C_0$ ).

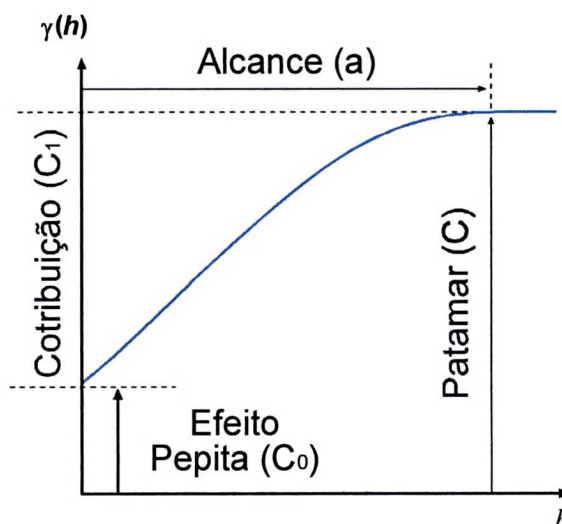


Figura 4.3: Representação clássica de um variograma e seus componentes (CLARK, 1979).

#### 4.2.2 Variografia Exploratória

A variografia exploratória tem o objetivo de identificar anisotropias na distribuição dos valores, ou seja, definir os eixos de maior e menor continuidade espacial da variável observada. O conhecimento do tema e da área de estudo é fundamental na decisão de modelar a anisotropia. Segundo RIBEIRO Jr. (1995), esta modelagem consiste em considerar um maior número de parâmetros a serem estimados e, portanto, só deve ser feita quando isto mostrar um ganho significativo para melhor descrição do fenômeno natural.

A amostragem ao longo das baías de Paranaguá e Antonina apresenta heterogeneidade nas direções N-S e E-W, que pode ser vista como um problema para aplicação de técnicas geoestatísticas. As malhas de amostragem de 1966 (BIGARELLA *et al.*, 1978) e de 1995 (PETROBRAS 1997), apresentam distâncias relativamente regulares, porém sem geometria e dimensão constantes, sendo ambas classificadas como malha regular assimétrica, onde a área de influência das amostras e o erro de extensão são constantes.

Devido a esta característica da malha de amostragem utilizou-se o recurso de um cone de regularização, com área de tolerância e largura máxima da banda de interpolação predeterminadas (Figura 4.4). O cone de regularização é definido por um ângulo de tolerância (no caso 25°), que substitui a linha de observação estendendo seus limites. Este ângulo foi determinado de acordo com a densidade, quantidade e distância entre as amostras. A área de tolerância compreende a região dentro da qual se considera o passo realizado, abrangendo todas as amostras que estão dentro desta área para formar pares.

Para minimizar os efeitos da extrapolação das médias e aumento do erro de extensão, determinou-se ainda uma largura máxima da banda de interpolação (*maximum bandwidth*), onde a partir do segundo passo o cone é eliminado e traçam-se paralelas.

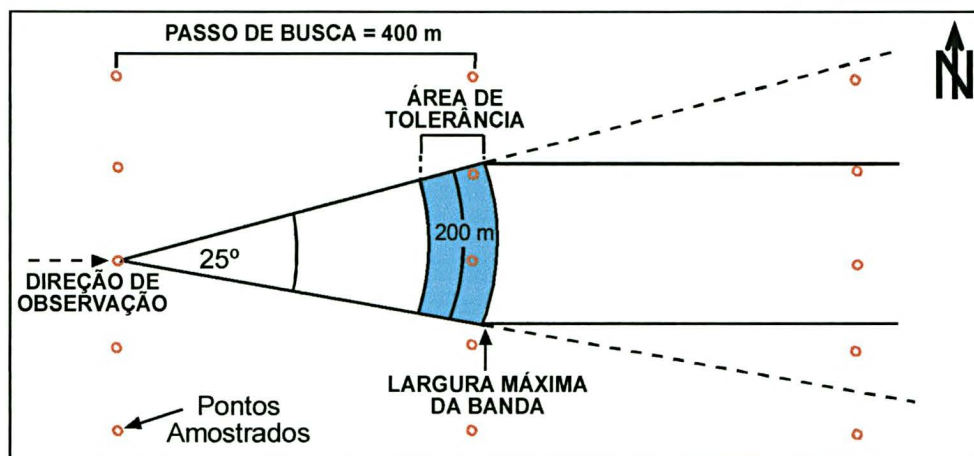


Figura 4.4: Exemplo do cone de regularização aplicado na amostragem de 1995, no setor ocidental da Baía de Paranaguá, direção E-W.

Considerando as características da malha de amostragem e as duas baías estabelecidas (Antonina com eixo maior direcionado para NW-SE e Paranaguá com eixo maior na direção E-W), determinou-se que a variografia exploratória seria realizada nas seguintes direções: unidirecional,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $135^\circ$ , com uma tolerância angular de  $25^\circ$  (Figura 4.5). Sendo a média granulométrica a variável que se deseja observar, o total de variogramas realizados inicialmente foi 20.

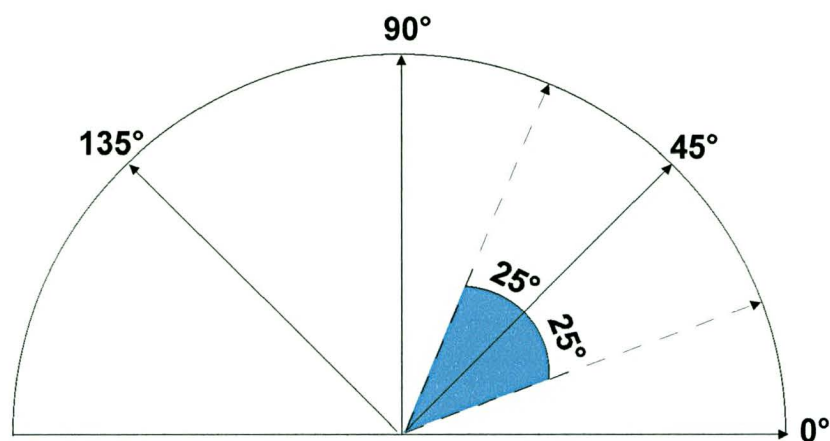


Figura 4.5: Direções e ângulos de tolerância da variografia exploratória realizada.

Ao longo da direção E-W, a distância média entre os pontos amostrados em 1966 por BIGARELLA *et al.* (1978), é de 400 m na Baía de Antonina, e 1.000 m na Baía de Paranaguá, (Figura 4.6 A). Já na amostragem de 1995, realizada pela PETROBRAS (1997), onde foi empregada uma malha mais

1.000 m na Baía de Paranaguá, (Figura 4.6 A). Já na amostragem de 1995, realizada pela PETROBRAS (1997), onde foi empregada uma malha mais regular, a distância média entre os pontos amostrados na direção E-W é de 1.500 m na Baía de Paranaguá e 1.000 m Baía de Antonina (Figura 4.6 B).

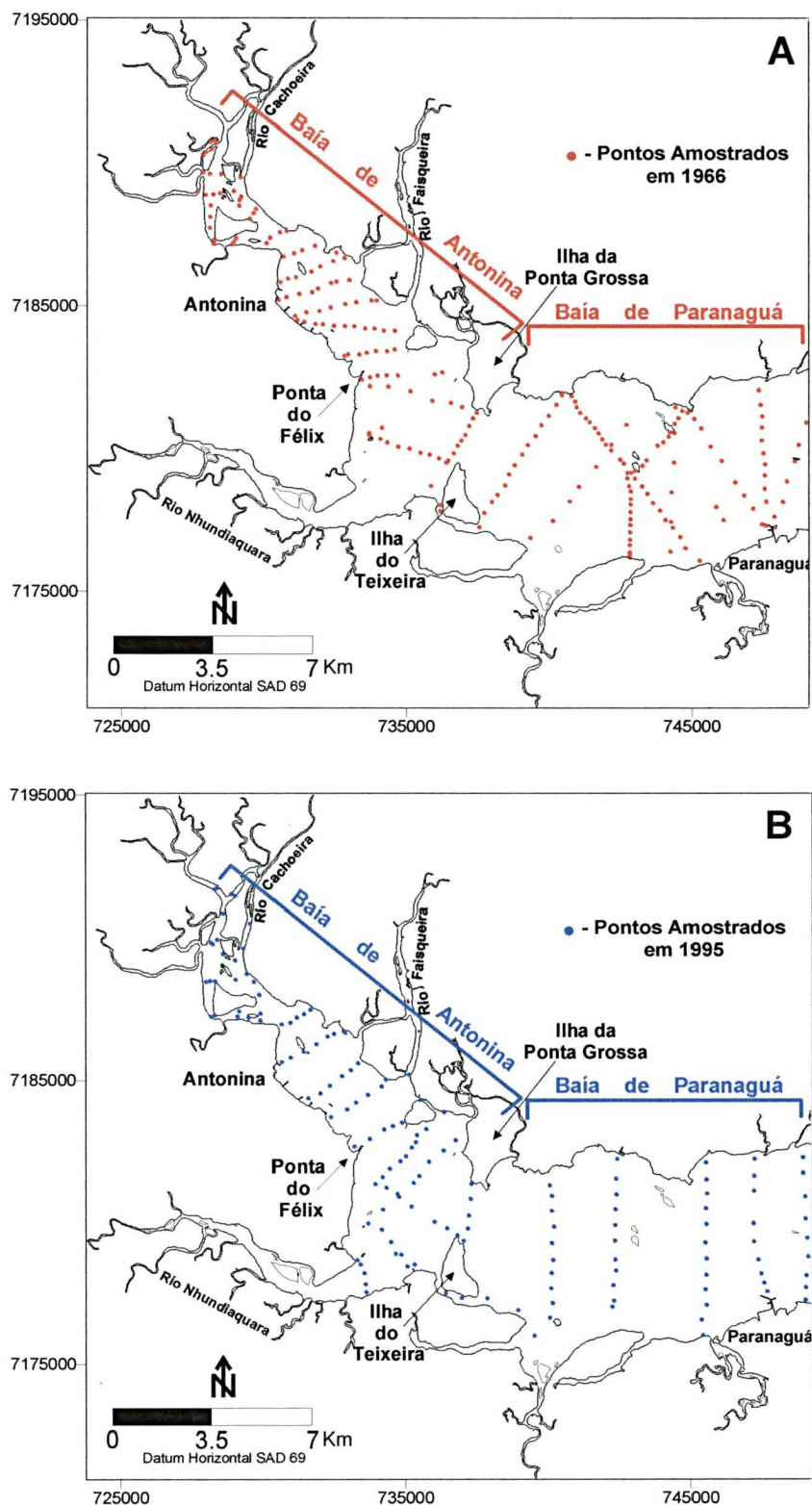


Figura 4.6: Distribuição dos pontos amostrados em 1966 (A) (BIGARELLA *et al.*, 1978) e em 1995 (B) (PETROBRAS, 1997).

Na direção N-S, perpendicular ao eixo principal do setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá, a amostragem é mais contínua, tanto na campanha de 1966 (BIGARELLA *et al.*, 1978) como na de 1995 (PETROBRAS, 1997), apresentando distâncias médias entre os pontos, nas baías de Paranaguá e Antonina, oscilando entre 400 m e 1.000 m (Figuras 4.6 A e B).

Este fato configura-se como um dos problemas mais sérios do ponto de vista da aplicação da geoestatística, pois a distribuição espacial das informações apresenta restrições para a construção dos variogramas. Esta característica, que é função da amostragem, pôde ser observada em alguns variogramas mais robustos, pois eram aqueles que mais se aproximavam das linhas de amostragem. Entretanto, cabe aqui ressaltar a importância do conhecimento da área de estudo para que se possa estabelecer uma relação entre as direções de maior e menor covariância dos dados, e a distribuição espacial da informação. Este fator será fundamental na modelagem da anisotropia.

#### **4.2.3 Modelagem Variográfica**

A modelagem variográfica não é considerada uma tarefa fácil. O desenvolvimento de um modelo variográfico para um determinado conjunto de dados requer o entendimento e aplicação de conceitos e técnicas estatísticas avançadas. Tal estudo é denominado ciência da modelagem variográfica. Aliada a esta ciência é de vital importância habilidade para ajustar um modelo teórico fiel ao mundo real, o que torna a modelagem variográfica uma arte no melhor senso do termo. Tanto habilidade para se trabalhar com a ciência como com a arte é necessária para se obter sucesso nesta tarefa (GOLDEN SOFTWARE INC., 1999).

Para se determinar uma boa estrutura variográfica nas diferentes direções analisadas, procurou-se trabalhar com o passo de busca do variograma (leg), sempre com um valor igual ou superior à média da distância entre os pontos nos setores interno e externo.

Como era de se esperar num ambiente natural, o padrão de estrutura da variabilidade espacial foi diferente para determinadas direções de observação. Este fato foi atribuído à assimetria da malha de amostragem e a uma

anisotropia na distribuição dos valores das médias granulométricas. Dentre os diversos variogramas elaborados para as direções de observação estudadas, tanto para os dados de 1966 quanto para 1995, destacam-se duas direções preferências de maior e menor covariância.

Na Baía de Antonina, utilizando passo de busca de 500 m, os variogramas para as amostras de 1966 e 1995 na direção 135° apresentaram boa estrutura para alcances de 1.500 m e 2.500 m respectivamente, enquanto que os variogramas na direção 45° apresentaram melhor robustez para alcances de 600 m em 1966, e apenas 450 m em 1995. Na Baía de Paranaguá, a direção de maior continuidade foi verificada nos variogramas E-W, com passos de busca de 600 m e 1.000 m (mínima distância entre os pontos) nas amostragens de 1966 e 1995 respectivamente, atingindo um alcance de previsibilidade 2.000 m no primeiro caso e 4.000 m no segundo. Na direção N-S a continuidade espacial da variável foi menor, observado nos variogramas com *leg* de 600 m um alcance de 750 m para ambos os casos analisados (tabela 4.1).

Tabela 4.1: Parâmetros dos variogramas nas direções N-S, E-W, 45° e 135° para a Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá nos anos de 1966 e 1995.

ANO	SETOR	DIREÇÃO	MODELO	C <sub>0</sub> *	LEG (m)	Nº LEG	ALCANCE (m)	PATAMAR
1966	Antonina	45°	ESFÉRICO	1,5	300	7	600	3,25
		135°	ESFÉRICO	0,1	500	10	1500	2,6
	Paranaguá	N-S	ESFÉRICO	0,7	600	6	750	1,1
		E-W	ESFÉRICO	0,1	600	5	2000	1,45
1995	Antonina	45°	ESFÉRICO	0,2	500	8	450	2,35
		135°	ESFÉRICO	0,1	500	8	2500	2,3
	Paranaguá	N-S	ESFÉRICO	1,4	600	6	750	3
		E-W	ESFÉRICO	1,1	1000	9	4000	2,15

\* C<sub>0</sub>:– Efeito de pepita

Um modelo direto para se calcular os parâmetros (fator e ângulo) da anisotropia geométrica é através de um esboço gráfico de uma elipse, calculada através dos alcances obtidos em direções distintas (Figura 4.7), segundo as convenções de DEUTSCH & JOURNAL (1992). O eixo maior da elipse corresponde ao eixo de máxima continuidade, onde se aplica o maior alcance (a<sub>1</sub>). O ângulo da direção de máxima continuidade é definido a partir da direção Norte e no sentido horário. Seu valor corresponde à direção de

maior alcance. O eixo menor define o alcance ( $a_2$ ) na direção de menor continuidade, sendo este ortogonal à direção principal.

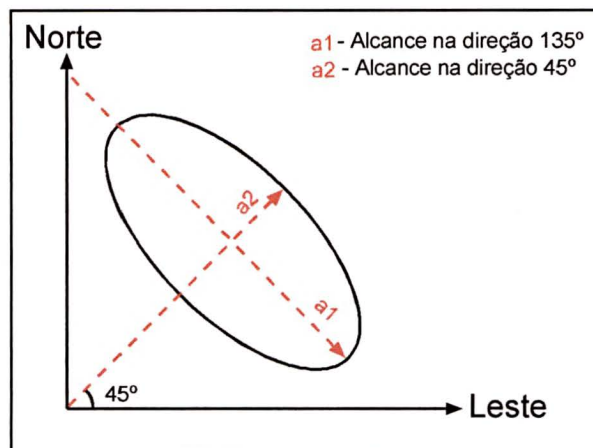


Figura 4.7: Representação gráfica da anisotropia geométrica em duas dimensões (modificado de CAMARGO, 2001) verificada na Baía de Antonina em 1995 onde o alcance  $a_1$  é de 2.500 m e o alcance  $a_2$  é de 450 m.

O fator de anisotropia geométrica é definido como a razão entre a direção de menor continuidade ( $a_2$ ) e o alcance na direção de maior continuidade ( $a_1$ ). O ângulo de anisotropia é igual ao ângulo da direção de maior continuidade.

A determinação da anisotropia neste caso atribui no momento da geração de uma grade de interpolação, pesos equivalentes para os pontos mais próximos ao longo do suporte de maior continuidade, do que os pontos mais próximos segundo o eixo de menor continuidade.

#### 4.2.4 Krigagem

O termo *krigagem* é derivado do nome Daniel G. Krigde, que foi o pioneiro a introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração (DELFNER & DELHOMME, 1975). Inicialmente, este método foi desenvolvido para solucionar problemas de mapeamentos geológico, mas seu uso expandiu-se com sucesso em diversos outros campos correlatos.

A *krigagem* pode ser definida como uma técnica de interpolação que pondera valores de pontos conhecidos, para determinar valores intermediários

de pontos não conhecidos, considerando a relação espacial (covariância) entre as amostras (OLEA, 1991).

A diferença entre a Krigagem e os outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. No caso de uma interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a  $1/N$ , sendo que  $N$  é igual ao número de amostras.

Na técnica de interpolação denominada IQD, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na Krigagem o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no variograma.

Segundo RIBEIRO Jr. (1995), a principal proposta desse método de estimativa é fornecer uma resposta não tendenciosa, obtida a partir da minimização da variância da estimativa. Isto significa que, em média, a diferença entre valores estimados e verdadeiros deve ser nula. Ao método está associado a sigla *BLUE*. (*Best Linear Unbiased Estimator*) traduzida por melhor estimador linear não tendencioso, que pode ser explicado da seguinte maneira:

- Linear: Devido ao fato das estimativas serem combinações lineares, atribuindo pesos, aos dados disponíveis;
- Não tendenciosa: Porque faz com que a média dos erros seja igual a zero;
- Melhor: Porque minimiza a variância do erro.

A equação abaixo descreve o sistema de Krigagem na forma de matriz, seguida da mesma equação simplificada. A dedução do sistema de Krigagem e as hipóteses assumidas até atingir a forma de relação apresentada por estas equações podem ser encontradas em ISAACS & SRIVASTAVA (1989 - pag 278 a 289).

$$\begin{bmatrix} \tilde{C}_{11} & \Lambda & \tilde{C}_{1n} & 1 \\ M & O & M & M \\ \tilde{C}_{n1} & K & \tilde{C}_{nn} & 1 \\ 1 & \Lambda & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ M \\ w_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{C}_{10} \\ M \\ \tilde{C}_{n0} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Essa equação pode ser simplificada e escrita como:

$$C \cdot w = D$$

Onde:

C: representa a matriz das covariâncias entre todos os pontos

W: a matriz incógnita contendo os pesos

D: representa a matriz das covariâncias dos pontos com o ponto a estimar (origem).

Todos os passos da análise geoestatística como a confecção dos variogramas, análise espacial dos dados, modelagem variográfica e a Krigagem por pontos baseado no fator e ângulo de anisotropia, foram realizados no *software* Surfer 7.0. A geração de uma grade de interpolação utilizando os parâmetros de uma análise espacial prévia permitiu a confecção de um mapa de contorno realmente fiel à distribuição espacial das médias granulométricas obtidas nas amostragens de 1966 e 1995.

#### 4.3 Comparação de cartas batimétricas

Para calcular a taxa de sedimentação da Baía de Antonina, fez-se uso de dados históricos contidos na Carta Batimétrica elaborada em 1901, pelo Capitão Francisco A. de S. Mello (*in*: SOARES & LANA, 1994) (Figura 4.8 A), comparando-se esta carta com as informações batimétricas mais recentes, disponíveis na Carta Náutica 1824 (DHN, 1995) (Figura 4.8 B), que compreende levantamentos efetuados no ano de 1979.

O levantamento batimétrico de 1901 foi digitalizado sobre a base cartográfica georreferenciada produzida pelo LOGEO. Embora o contorno da linha de costa da carta batimétrica de 1901 seja discrepante em relação ao de 1995, o ajuste dos pontos foi possível devido a presença de feições notáveis da linha de costa, como a Ponta da Graciosa e a Ponta do Félix, evidenciadas nos contornos de ambas as cartas batimétricas (Figura 4.8 A e B). Os dados dos levantamentos de 1979 foram cedidos pela APPA em arquivos digitais (dxf).

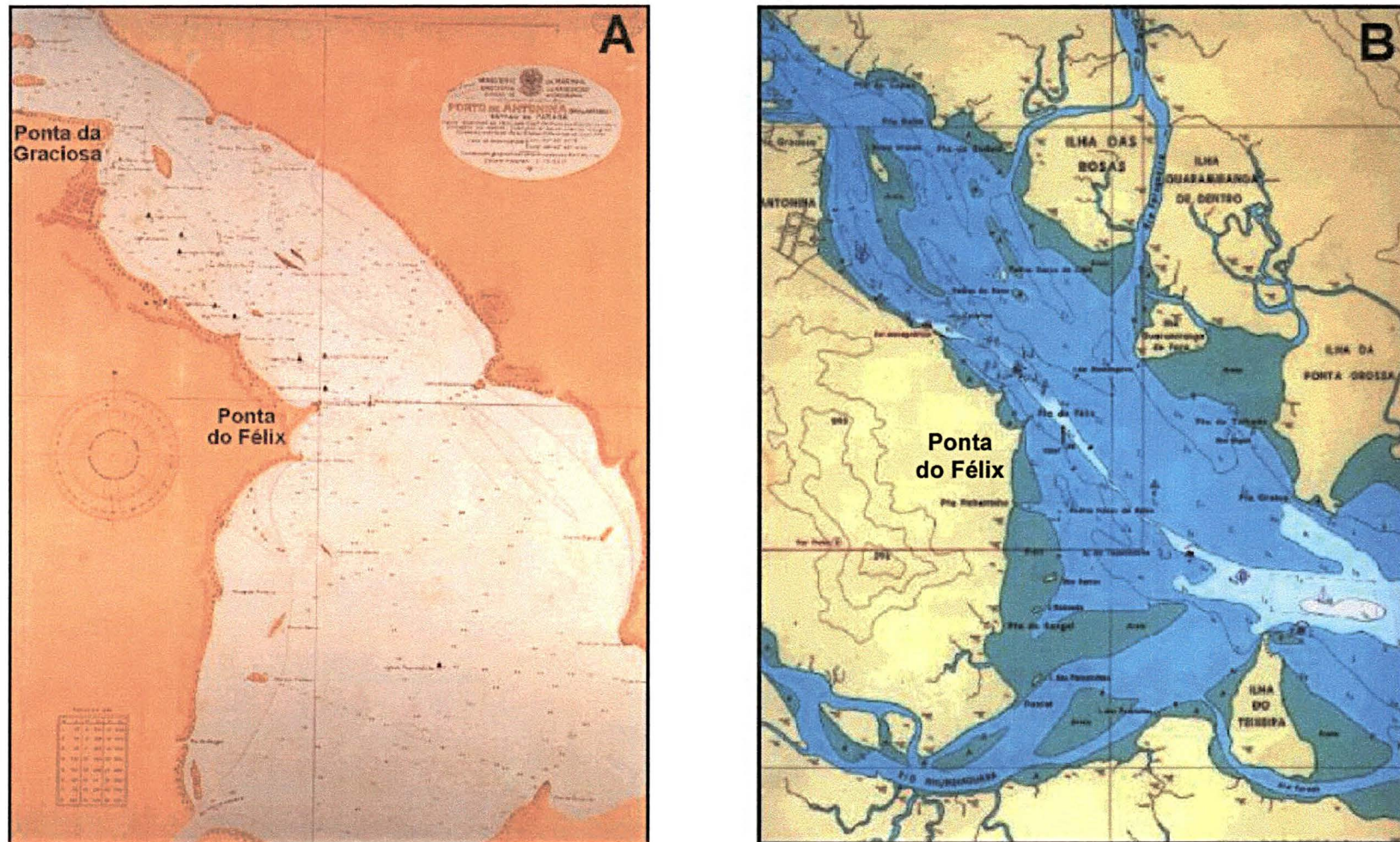


Figura 4.8: Comparação da carta batimétrica elaborada em 1901 pelo Capitão Francisco A. de S. Mello (A) com a carta Náutica 1824 produzida pela DHN, com levantamentos efetuados em 1979.

Os dados foram digitalizados no *software* Auto Cad 2000 em formato dxf, sendo em seguida sobrepostos em uma mesma base cartográfica (Figura 4.9). Através do *software* Surfer 7.0, foram desenvolvidas duas superfícies tridimensionais correspondentes aos dois levantamentos observados. A taxa de sedimentação referente a este período de 78 anos foi obtida calculando-se a diferença entre estas duas superfícies.

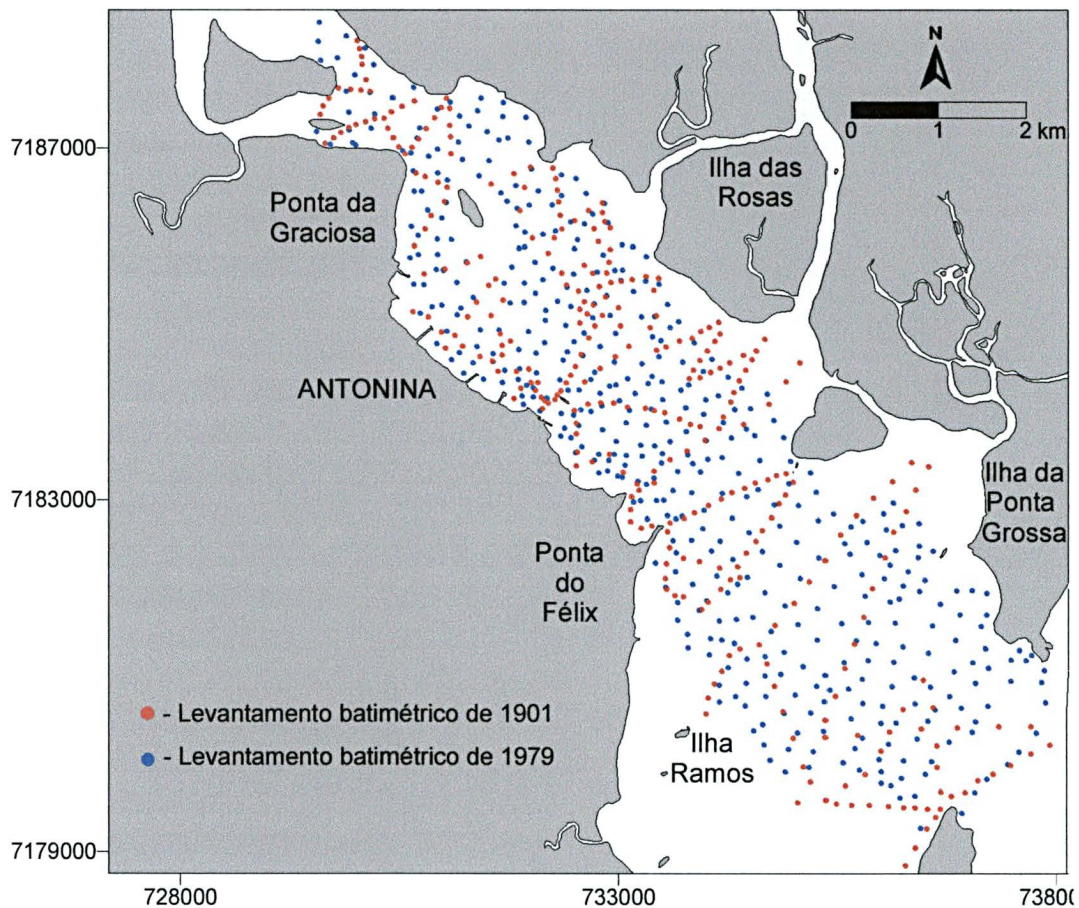


Figura 4.9: Sobreposição dos levantamentos batimétricos de 1901 (em vermelho) e de 1979 (em azul), baseados em Francisco A. S. de Mello e DHN, respectivamente.

Em virtude da escassez de informações sobre o mapa de 1901, esta comparação desprezou o nível de redução normalmente adotado pelas cartas batimétricas da DHN, ficando o resultado final desta comparação com um erro embutido referente a diferença entre o valor do nível de redução utilizado pelo Capitão Francisco A. de S. Mello na carta batimétrica de 1901, e o nível de redução utilizado pela DHN, na carta náutica 1824.

As informações granulométricas dos levantamentos de 1966 e de 1995 bem como as informações batimétricas dos anos de 1901 e de 1979 foram armazenadas em um banco de dados. O fluxograma de figura 4.10 apresenta de forma resumida as etapas realizadas na comparação dos dados de granulometria com os dados de batimetria, desde a obtenção dos arquivos originais, processamento geoestatístico e digitalização dos dados, até a elaboração dos mapas de contorno e a interpretação dos resultados.

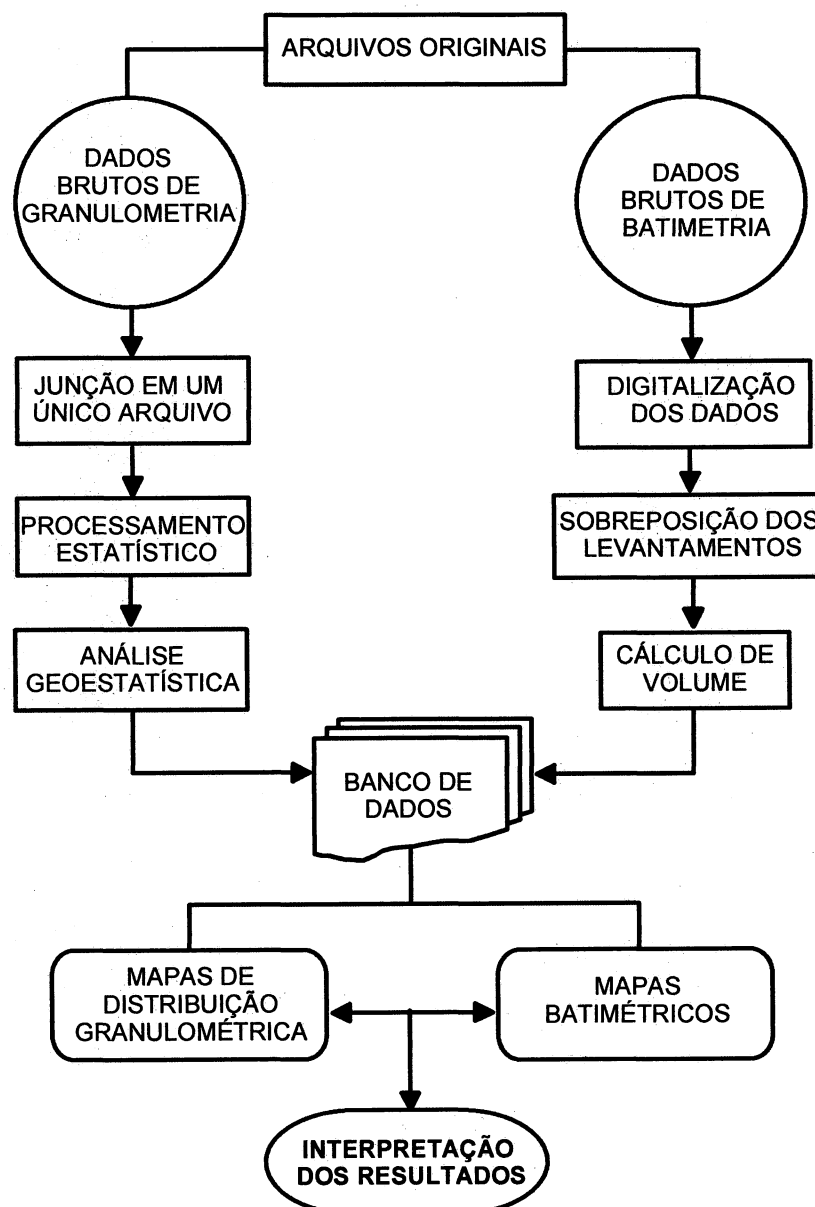


Figura 4.10: Fluxograma apresentando as etapas realizadas na comparação dos dados de granulometria com os levantamentos batimétricos.

#### 4.4 Sondagens rasas submersas

Amostragens rasas em áreas submersas foram efetuadas com o intuito de proporcionar a descrição de um perfil vertical raso, das áreas que apresentaram mudanças mais significativas entre as duas amostragens de sedimentos de fundo analisadas. As correntes de maré na região de Antonina, que atingem até 97 cm/s (LFM, 2002), dificultaram a operação de sondagem, efetuada através de mergulho livre. Para minimizar os efeitos das correntes, os levantamentos foram realizados durante a preamar de um período de maré de quadratura.

Foram utilizados canos de alumínio de 50 cm de comprimento e 3" de diâmetro (73 cm) e um amostrador em caixa (Box Corer), de 20 cm de largura por até 40 cm de profundidade. Conforme a descrição de ARAÚJO (2001), este equipamento consiste em uma caixa na forma de cunha com uma face deslizante. Após ter sido enterrado aberto, a face móvel da caixa encerra os sedimentos deslizando em guias e fechando o amostrador (Figura 4.11).

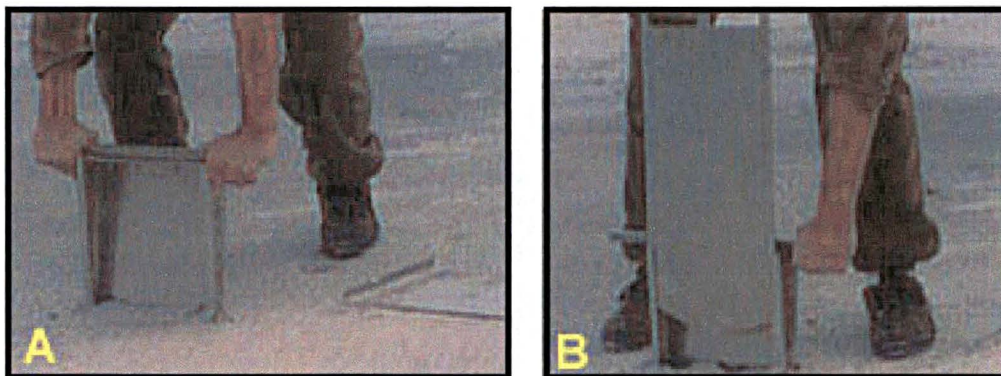


Figura 4.11: Operação de sondagem com amostrador em caixa em duas situações: em “A” posicionando para a penetração sem tampa, e em “B” fechando a tampa para a recuperação da amostra. Fonte: ARAÚJO (2001).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 O mapa de BIGARELLA *et al.* (1978) à luz da geoestatística

Importantes diferenças e semelhanças podem ser observadas ao se comparar o mapa de distribuição das médias granulométricas do levantamento de 1966 apresentado por BIGARELLA *et al.* (1978), com o mapa elaborado com os mesmos dados sob uma análise geoestatística (Figuras 5.1 A e B).

O mapa de BIGARELLA *et al.* (1978) (Figura 5.1 A) foi elaborado manualmente, interpretando-se as isolinhas com base no valor dos pontos vizinhos, ao passo que o mapa desenvolvido sob uma análise geoestatística (Figura 5.1 B), considera além da análise preliminar da distribuição espacial dos valores, o fator e ângulo de anisotropia. A determinação da anisotropia permitiu considerar as direções de maior e menor continuidade espacial dos valores de média granulométrica, sendo as isolinhas, delimitadas também sob a influência destas direções.

A porção interna da Baía de Antonina foi a região que mais apresentou concordância entre os mapas. A distribuição das médias granulométricas neste setor é representada por sedimentos finos (silte e argila), ocupando porções adjacentes às margens, e uma faixa central com sedimentos siltico-arenosos, seguindo o eixo principal da Baía de Antonina. Esta configuração ficou igualmente definida em ambos os mapas, havendo uma concordância no padrão de distribuição granulométrica até a região que antecede o estreitamento entre as Ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa, onde ocorreram as principais alterações na interpretação da continuidade espacial dos sedimentos de fundo.

Segundo BIGARELLA *et al.* (1978), a área entre as ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa é ocupada por frações finas, compostas por silte e argila, sendo esta distribuição interrompida por uma lente de areia média a grossa, alongada na direção NE. A jusante deste ponto predomina a fração areia fina, intercalada por faixas descontínuas e contínuas (de margem a margem) direcionadas para NE, compostas por silte e argila. O mesmo mapa é encerrado em sua porção Leste por uma faixa contínua de areia muito fina, sendo o extremo Norte e a margem Sul preenchidos por areia fina (Figura 5.1 A).

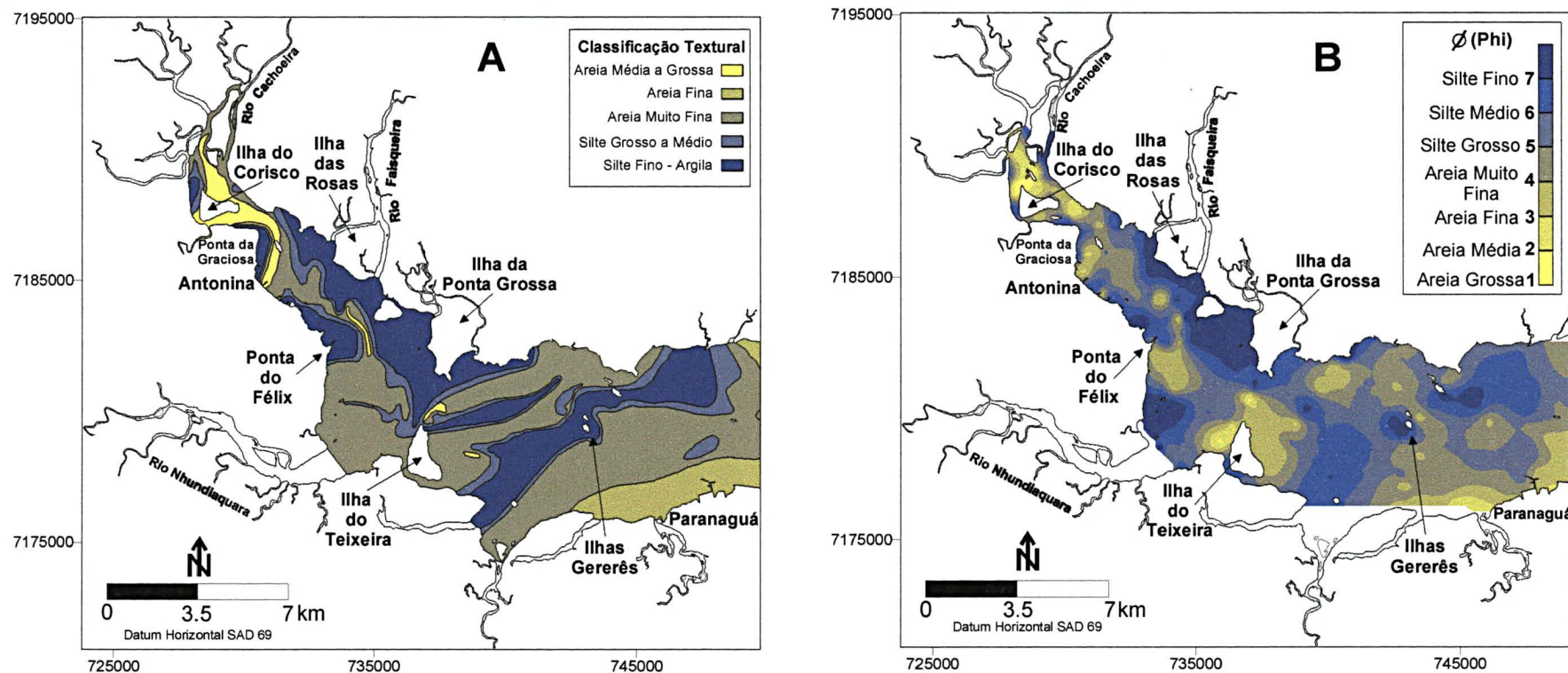


Figura 5.1: Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá (FOLK & WARD, 1957), em "A" segundo BIGARELLA *et al.* (1978), e em "B" segundo análise geoestatística.

No mapa elaborado com o auxílio da geoestatística (Figura 5.1 B), observa-se na região do estreitamento entre as ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa, predomínio da fração areia, com notável continuidade na direção NW-SE. Nesta situação, o setor Leste da área de estudo apresenta alternância entre porções descontínuas de silte, intercalado por faixas e porções de areia. A margem Sul desta área, assim como exposto pelo mapa de BIGARELLA *et al.* (1978) (Figura 5.1 A), apresenta predomínio de areias finas a muito finas, enquanto que a margem Norte é ocupada pela fração silte.

Dentre os fatores observados, destacam-se principalmente as direções e a geometria com que os diferentes métodos de interpretação dispuseram a distribuição das médias granulométricas dentro das Baías de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá. O mapa apresentado por BIGARELLA *et al.* (1978), em grande parte assemelha-se com o produto final do geoprocessamento de um *software* de última geração, embora apresente porções que possam ser reavaliadas, como por exemplo a distribuição espacial dos sedimentos de fundo na região adjacente ao estreitamento das ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa.

Na interpretação de BIGARELLA *et al.* (1978), a distribuição espacial das médias granulométricas na zona de transição entre as baías de Paranaguá e Antonina segue uma tendência preferencial de dispersão direcionada para NE-SW, conforme estão dispostas nesta área uma lente de areia grossa e outra de silte e argila (Figura 5.1 A). Uma nova interpretação sobre o mesmo setor evidencia o oposto, ou seja, uma tendência de distribuição direcionada para NW-SE.

BIGARELLA *et al.* (1978) salientaram que os sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina são transportados e depositados principalmente pelas correntes de maré. Segundo levantamentos efetuados pelo LFM (2000), as correntes de maré na região entre Antonina e a Ponta do Félix apresentam direção N320° na enchente e N130° na vazante, passando a N290° e N110° (enchente e vazante respectivamente) na região do estreitamento entre as Ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa. Na região de Paranaguá a direção é de N240° na enchente e N100° na vazante. A máxima velocidade medida nesta porção do estuário foi de 97 cm/s na maré vazante, verificada próximo as Ilhas do Teixeira e Ponta Grossa, em período de sizígia.

A sobreposição dos vetores de correntes de vazante com os mapas de distribuição granulométrica, evidencia apreciável coerência com o modelo gerado a partir da análise geoestatística, sendo a distribuição dos sedimentos de fundo, neste caso, perfeitamente correlacionável com as direções das correntes de maré em praticamente toda a área (Figura 5.2). Exceção pode ser feita para a porção Leste da área, onde a influência de outros fatores como a penetração da cunha salina e a presença da zona de máxima turbidez também parecem controlar os processos de sedimentação neste setor.

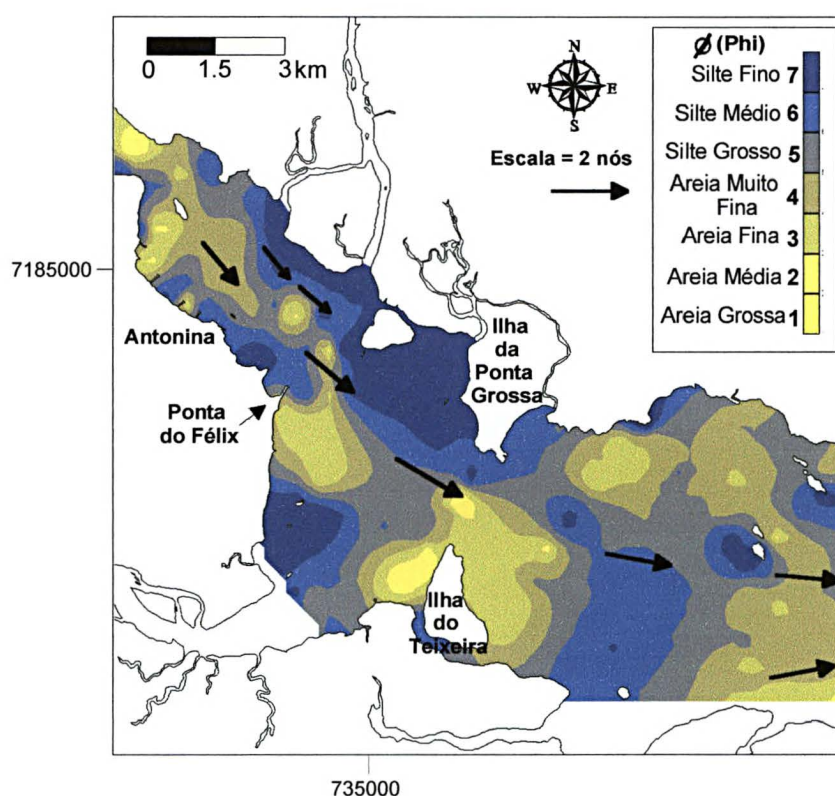


Figura 5.2: Sobreposição dos vetores de correntes de maré vazante (LFM 2000) sobre o modelo de distribuição granulométrica de 1966 gerado a partir da análise geoestatística.

O mapa de distribuição granulométrica elaborado por BIGARELLA *et al.* (1978) também mostra-se coerente com as direções das correntes de maré, principalmente no setor interno da Baía de Antonina. Porém, a região definida entre as Ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa apresenta uma discordância entre a direção das correntes e a distribuição dos sedimentos (Figura 5.3).

Conforme os levantamentos feitos pelo LFM (2000), a porção central da área de estudo apresenta as maiores velocidades de correntes de maré, em torno de 97 cm/s na maré vazante em períodos de sizígia. Desse modo, a

composição granulométrica esperada para este setor seria de sedimentos arenosos orientados segundo um fluxo de canal, conforme observado no mapa gerado a partir da análise geoestatística (Figura 5.2). No entanto observa-se porções de areia, silte e argila orientados na direção NE, perpendicular à direção do fluxo principal de maré desta porção do estuário.

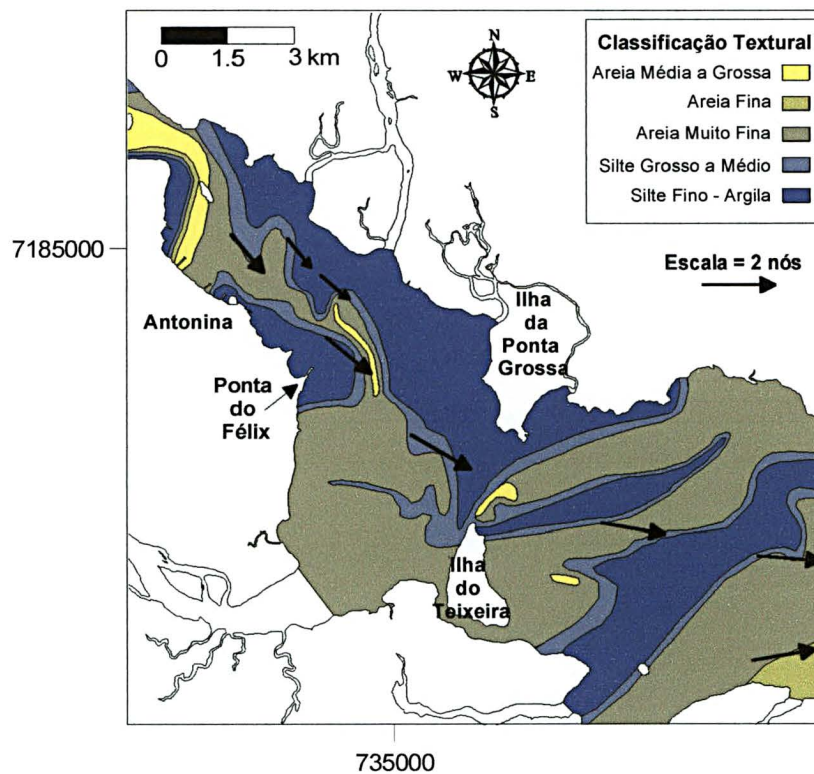


Figura 5.3: Sobreposição dos vetores de correntes de maré vazante (LFM 2000) sobre o mapa de distribuição granulométrica proposto por BIGARELLA *et al.* (1978).

A confecção de um modelo de distribuição granulométrica adequado às características morfológicas do meio físico só foi possível devido a uma análise espacial prévia, utilizando recursos que fazem o melhor uso de toda a informação disponível. Grande mérito deve-se a BIGARELLA *et al.* (1978) pelo resultado apresentado utilizando os recursos disponíveis na época.

## 5.2 Comparação dos mapas de distribuição dos sedimentos de fundo dos anos de 1966 e 1995

Através da comparação de dados granulométricos provenientes de duas campanhas de amostragens realizadas em 1966 (BIGARELLA *et al.*, 1978) e 1995 (PETROBRAS, 1997), elaborou-se a análise comparativa da distribuição dos sedimentos da superfície do fundo da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá. Ao todo, foram comparados 225 pontos amostrados em 1966 com 156 pontos amostrados em 1995.

Os parâmetros estatísticos granulométricos assim como os mapas de contorno evidenciaram diversas mudanças na configuração do fundo da porção estudada do estuário, tendo ocorrido de modo geral, significativo engrossamento do diâmetro médio dos sedimentos (Figura 5.4 A e B).

Na cabeceira do estuário, a região da foz do Rio Cachoeira que em 1966 era composta por silte fino e muito fino (7,2  $\phi$ ), passou para areia grossa em 1995 (0,7  $\phi$ ). Nas proximidades da Ilha do Corisco, que divide esta seção do estuário em dois canais, observa-se em 1966 que a porção centro-Norte é preenchida por areia grossa, passando a areia média no início do canal Norte, tornando-se novamente areia grossa a jusante desta ilha. Na margem sul, ocorrem pequenas porções de silte fino a montante da Ilha do Corisco, na porção central do canal sul e nos arredores da região da Ponta da Graciosa (Figura 5.4 A).

Esta mesma porção do estuário em 1995, não apresentou nenhum ponto com diâmetro médio inferior a 4,6  $\phi$  (silte grosso). O canal Norte e a região da Ponta da Graciosa são ocupados por areia grossa, enquanto o canal Sul é preenchido por areia média e fina (Figura 5.4 B). Um aumento da média granulométrica de 1966 para 1995, foi observado em praticamente toda a porção superior da Baía de Antonina. Uma exceção ocorreu a Norte da Ilha do Corisco, que em 1966 era ocupada por areia grossa passando a areia média em 1995, caracterizando afinamento dos grãos.

Na região da cidade de Antonina, as principais mudanças foram observadas nas áreas marginais da baía, onde a cota batimétrica é menor. Na porção central, onde se concentra o fluxo do canal principal, a variação foi menos significativa.

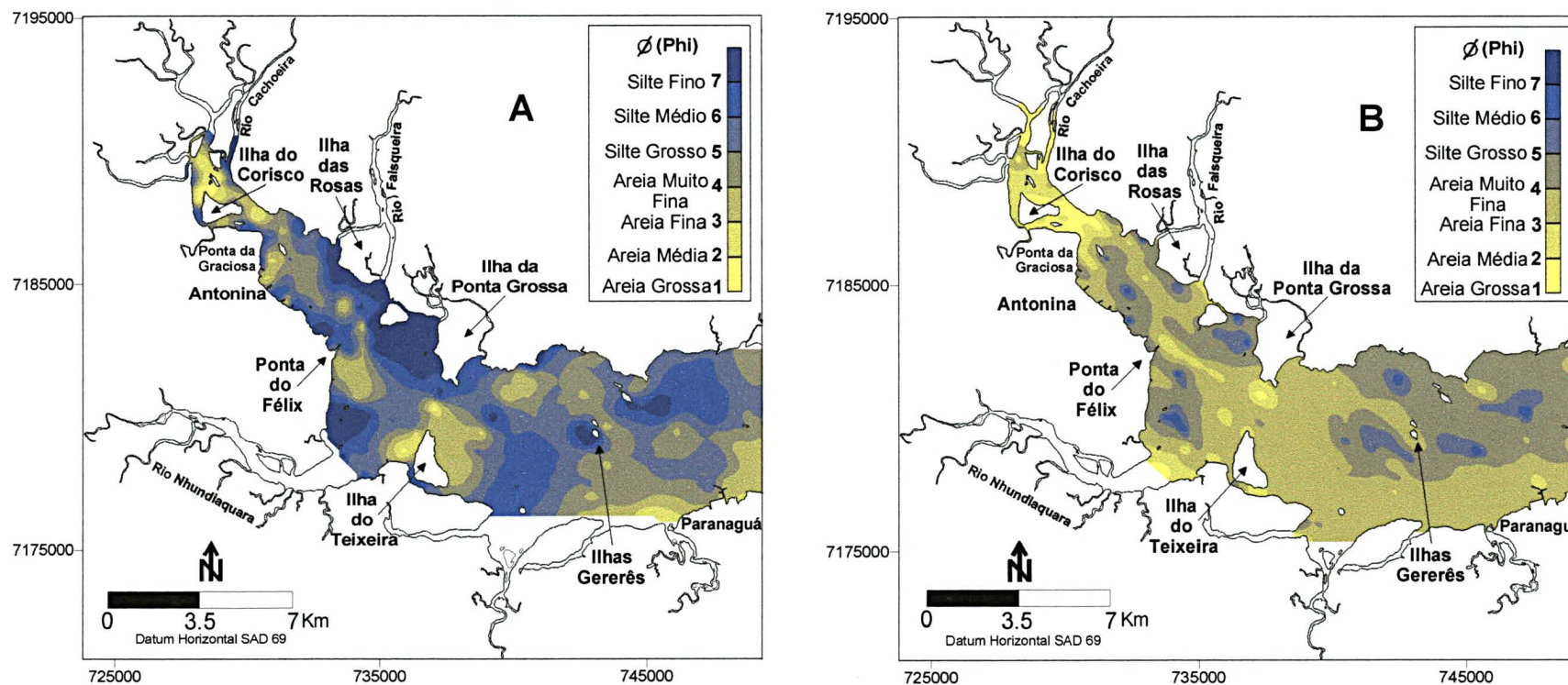


Figura 5.4: Distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e setor ocidental da Baía de Paranaguá em 1966 (A) e 1995 (B).

A amostragem realizada em 1966 encontrou na margem Norte da Baía de Antonina, uma faixa com diâmetro médio composto por silte médio e silte fino, que estende-se desde a Ilha das Rosas até a Ilha da Ponta Grossa (Figura 5.4 A). Nesta mesma amostragem, grande parte da margem sul também é ocupada por silte médio e silte fino, até as proximidades da Ponta do Félix. Ainda na margem Sul, a jusante da Ponta do Félix, ocorre uma porção de areia fina a muito fina, seguida novamente por silte médio e fino, tornando-se areia grossa nas adjacências da Ilha do Teixeira.

Em 1995, as margens Norte e Sul da região de Antonina são basicamente ocupadas por areia fina a muito fina com porções isoladas de silte grosso e médio. Na margem Norte, a extensa área que em 1966 era ocupada por silte médio e fino, em 1995 encontra-se ocupada por areia muito fina com porções de silte grosso ocorrendo próximo a Ilha da Ponta Grossa. Na foz do Rio Faisqueira, observa-se uma porção de areia média a fina que conecta-se na porção central, com uma faixa de areia fina, proveniente da região da Ponta da Graciosa.

A margem Sul é caracterizada por uma faixa contínua de areia fina e muito fina que começa à jusante da Ponta da Graciosa, passa pela Ponta do Félix e encerra-se antes da foz do Rio Nhundiaquara, onde predomina areia grossa e média.

A faixa central da região de Antonina comparada com o setor marginal apresentou pouca variação no período entre as amostragens. Em ambos os mapas (Figura 5.4 A e B) está caracterizada uma porção central alongada na direção NW-SE, ocupada por areia fina com porções de silte grosso e areia média. Grande parte da área do estreitamento definido pelas ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa apresenta-se em 1995 ocupada por areia fina, ocorrendo pequenas porções compostas por areia grossa e areia média próximo à ponta Sul da Ilha da Ponta Grossa e à ponta Norte da Ilha do Teixeira.

A jusante da Ilha do Teixeira e da Ponta Grossa, observa-se que em 1966 a porção centro-Sul é constituída por areia fina, passando gradualmente para silte médio a Leste. Esta mesma área em 1995 apresenta-se completamente ocupada por areia fina, em uma faixa contínua que inicia-se neste setor e estende-se pela margem Sul até a cidade de Paranaguá.

As Ilhas Gererês, localizadas na Baía de Paranaguá, na amostragem de 1966 encontram-se circundadas por silte médio e fino a Oeste, e a Leste por uma faixa que se estende da margem Sul até a margem Norte, composta por areia muito fina com pontos isolados de areia média. A área a jusante deste ponto é ocupada por silte grosso, médio e fino, da porção central a margem Norte. A exemplo do que ocorre em 1966, em 1995 a porção centro Norte deste setor também encontra-se preenchida por uma fração mais fina que a margem Sul, porém desta vez a fração predominante é areia muito fina (Figura 5.4 B).

### **5.2.1 Comparação dos parâmetros estatísticos granulométricos**

Para a comparação dos parâmetros estatísticos granulométricos convencionou-se analisar em separado as amostras da Baía de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá, tendo em vista os diferentes processos que atuam em cada porção do eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá (LESSA *et al.*, 1998). A Baía de Antonina sofre maior influência do aporte hidráulico-sedimentar devido aos inúmeros rios que desaguam na cabeceira do estuário, enquanto a Baía de Paranaguá está sob maior influência da zona de máxima turbidez e dos processos de mistura de água doce com águas marinhas (NOERNBERG, 2001).

Dos 225 pontos amostrados em 1966, 115 estão localizados na Baía de Antonina e 110 no setor ocidental da Baía de Paranaguá. A amostragem de 1995 que coletou 156 amostras concentrou 98 pontos na Baía de Antonina e 64 pontos no setor ocidental da Baía de Paranaguá. Os pontos localizados na zona de transição entre as duas baías foram considerados para a Baía de Antonina e para a Baía de Paranaguá (Figura 5.5), visto que esta zona sofre influência tanto da porção superior quanto da porção média do eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá (LANA *et al.*, 2001).

Os dados brutos dos levantamentos de 1966 e 1995 foram processados no *software* Sysgran 2.4, visando à obtenção dos parâmetros estatísticos granulométricos de FOLK & WARD (1957).

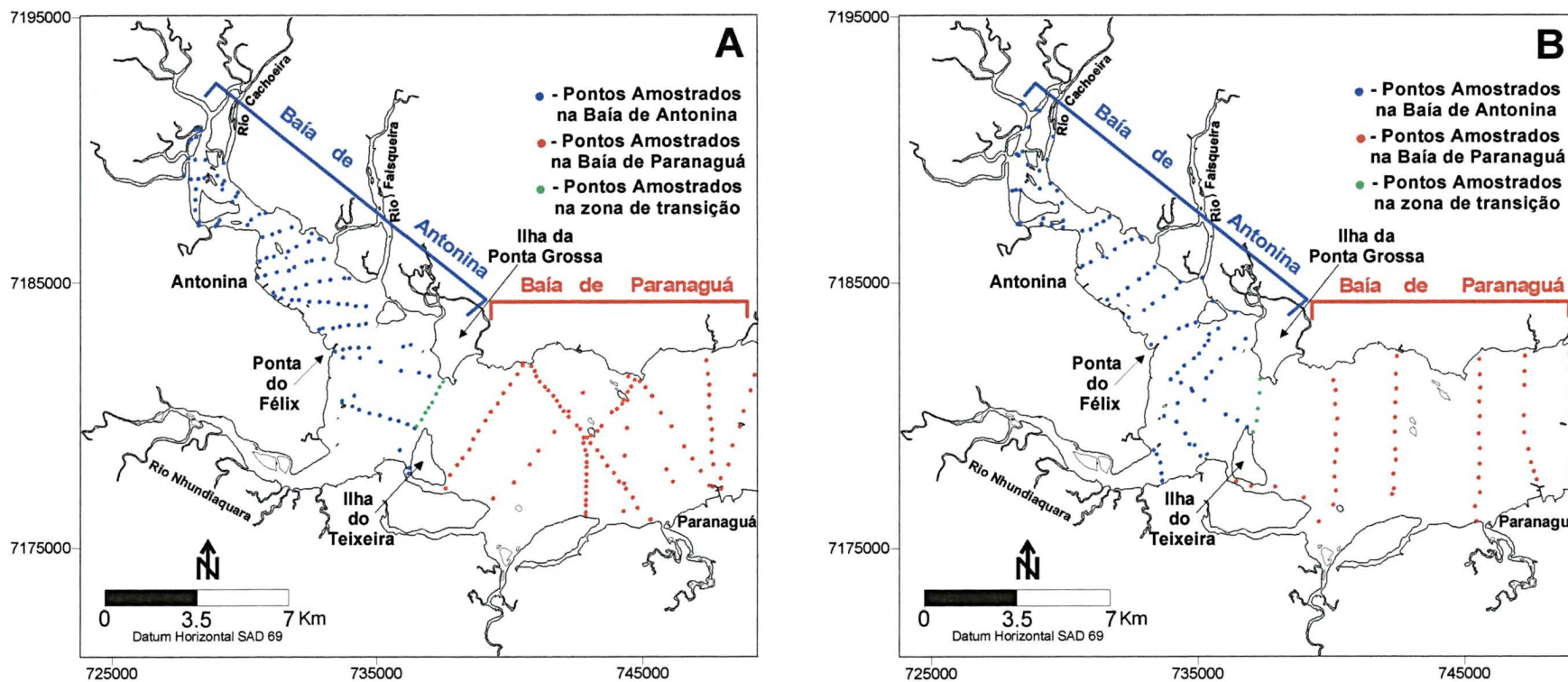


Figura 5.5: Pontos amostrados na Baía de Antonina, porção ocidental da Baía de Paranaguá e na zona de transição entre as duas baías em 1966 (A) e 1995 (B).

### 5.2.1.1 Diâmetro médio

Uma análise comparativa do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da porção estudada do estuário, evidencia de modo geral, um aumento no diâmetro médio dos sedimentos de fundo. A média geral dos pontos amostrados nas baías de Paranaguá e Antonina, demonstra que o diâmetro médio dos grãos passou de silte médio (5,11  $\phi$ ) em 1966, para areia muito fina (3,59  $\phi$ ) em 1995.

O histograma de freqüências revela que em 1966, a classe modal era silte grosso, sendo o silte fino e areia muito fina respectivamente a segunda e terceira classe dominante. Em 1995 ocorre leve predomínio da fração areia fina, com as frações silte grosso, areia muito fina e areia média ocorrendo quase com a mesma freqüência da classe modal (Figura 5.6 A e B).

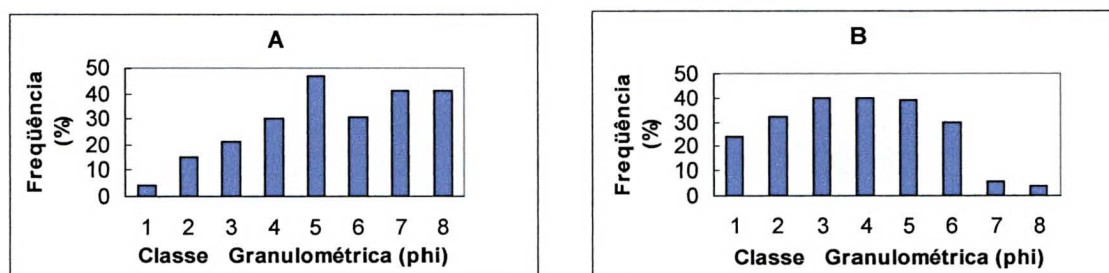


Figura 5.6: Histogramas da distribuição dos diâmetros médios para os pontos amostrados em 1966 (A) e 1995 (B).

Na Baía de Antonia, o diâmetro médio que em 1966 era 5,14  $\phi$  (silte médio), passou para 3,25  $\phi$  (areia muito fina) em 1995. Na região da Ponta da Graciosa a média granulométrica passou de 4,33  $\phi$  (silte grosso) em 1966, para 1,92  $\phi$  (areia média) em 1995. Na margem Norte, a região compreendida entre a Ilha das Rosas e a Ilha da Ponta Grossa em 1966 apresentava um diâmetro médio de 6,73  $\phi$  (silte fino), em 1995 passou para 4,31  $\phi$  (silte grosso). Esta mesma variação também ficou evidenciada na margem Sul, embora em algumas porções como a Sul da Ponta do Félix o diâmetro médio dos sedimentos não tenha apresentado variação neste período.

A porção ocidental da Baía de Paranaguá também ficou caracterizada por aumento do diâmetro médio dos grãos neste período de 29 anos. Enquanto a média granulométrica da primeira amostragem foi 5,09  $\phi$  (silte médio), na segunda amostragem passou para 3,93  $\phi$  (areia muito fina). A margem Sul

apresentou mudança da média granulométrica em toda sua extensão, passando de 4,53  $\phi$  (silte grosso) em 1966, para areia muito fina (3,55  $\phi$ ) em 1995, compondo homogeneamente toda a porção centro-Sul deste setor. A margem Norte apresentava em 1966 média de 5,96  $\phi$  (silte médio) e passou para silte grosso (4,46  $\phi$ ) em 1995.

#### **5.2.1.2 Desvio padrão**

Uma comparação geral do desvio padrão em toda a área estudada evidencia que em 1995 os sedimentos de fundo encontram-se mais bem selecionados em relação a 1966.

Em 1966, grande parte da Baía de Antonina apresentava sedimentos pobremente selecionados com porções de sedimentos moderadamente selecionados localizadas na foz do Rio Cachoeira, ao redor da Ilha do Corisco, na porção Oeste da Ilha das Rosas e contornando toda a Ilha da Ponta Grossa, além de pequenas ocorrências junto à margem Sul (Figura 5.7 A). Sedimentos muito pobremente selecionados foram observados ocupando a faixa central, a zona Sul da Ponta do Félix e na ponta Norte da Ilha do Teixeira.

Este mesmo setor em 1995 encontra-se praticamente todo ocupado por sedimentos moderadamente selecionados, com uma porção bem definida de sedimentos pobremente selecionados, que estende-se pela faixa central desde Antonina até a ponta Sul da Ilha da Ponta Grossa. Porções de sedimentos bem selecionados são observadas principalmente na zona de influência direta dos rios, como o Cachoeira e o Nhundiaquara, embora também haja ocorrências ao redor da Ilha do Corisco (Figura 5.7 B).

A Baía de Paranaguá em 1966 era composta basicamente por sedimentos pobremente selecionados com porções dispersas de sedimentos moderadamente selecionados próximo à margem Norte, ocorrendo ainda uma porção de sedimentos muito pobremente selecionados a Norte das Ilhas Gererês. A margem Sul é ocupada por faixas contínuas de sedimentos moderadamente selecionados. Ocorrência local de sedimentos bem selecionados é observada a Oeste da cidade de Paranaguá.

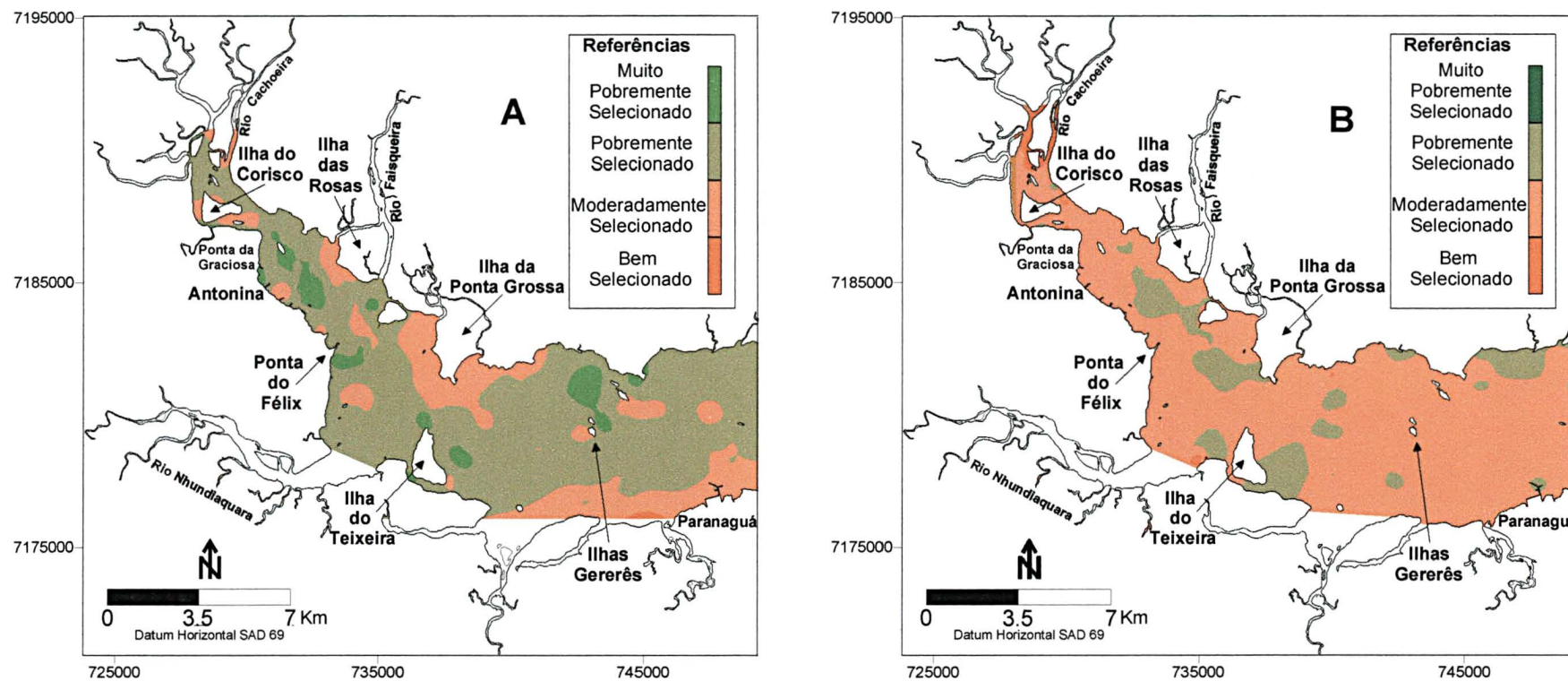


Figura 5.7: Comparação do grau de seleção dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e porção ocidental da Baía de Paranaguá em 1966 (A) e 1995 (B).

A amostragem de 1995 encontrou 75 % da área da porção ocidental da Baía de Paranaguá ocupada por sedimentos moderadamente selecionados, sendo a parte restante composta por pequenas porções de sedimentos pobremente selecionados.

### **5.2.1.3 Assimetria**

O grau de assimetria é o parâmetro que indica a tendência dos grãos de se dispersarem de um ou de outro lado da moda (distribuição granulométrica média). Seus valores podem ser positivos ou negativos, conforme ocorram a esquerda ou a direita da média.

A Baía de Antonina na amostragem de 1966 apresenta equilíbrio entre a tendência negativa e positiva dos pontos amostrados, sendo 50 % com assimetria variando entre negativa e muito negativa, e 47 % com assimetria positiva e muito positiva. Em 1995, 51 % dos pontos amostrados neste setor apresentam uma tendência para assimetria positiva, enquanto 30 % variam entre negativa e muito negativa. O restante dos pontos apresenta curva aproximadamente simétrica.

Na porção ocidental da Baía de Paranaguá, tanto em 1966 como em 1995, ocorre um largo predomínio da assimetria positiva e muito positiva, com mais de 60 % dos pontos em ambas as amostragens. Em 1966, 31 % dos pontos apresentaram assimetria variando entre negativa e muito negativa, enquanto em 1995 apenas 25 % dos pontos apresentaram esta variação.

### **5.2.1.4 Curtose**

A curtose mede o grau de achatamento da distribuição, indicando se a curva é mais aguda ou mais achatada do que aquela da distribuição normal.

Em 1966, 58 % das amostradas localizadas na Baía de Antonina são platicúrticas a muito platicúrticas, 32 % são leptocúrticas a muito leptocúrticas e 12 % mesocúrticas. O mesmo setor do Complexo Estuarino de Paranaguá apresentou em 1995 42 % das amostras como leptocúrticas a muito leptocúrticas, 32 % platicúrticas a muito platicúrticas e 22 % mesocúrticas.

Na porção ocidental da Baía de Paranaguá, 60 % das amostras de 1966 são platicúrticas a muito platicúrticas, 30 % são leptocúrticas a muito leptocúrticas e 10 % são mesocúrticas. Em 1995 a predominância passa a ser das amostras com curva leptocúrtica a muito leptocúrtica, com 56 % dos pontos amostrados. O restante das amostras é composta por 24 % de platicúrticas a muito platicúrticas e 20 % de mesocúrticas.

### **5.3 Evolução batimétrica da Baía de Antonina**

A digitalização dos dados brutos dos levantamentos batimétricos de 1901 e de 1979 proporcionou a confecção de mapas de contorno das isóbatas batimétricas referentes aos anos dos respectivos levantamentos (Figura 5.8).

Em 1901, a região a montante da Ponta da Graciosa apresentava profundidades de até 8 m (Figura 5.8 A), enquanto que em 1979 o local mais profundo deste setor da Baía de Antonina não passou de 4 m (Figura 5.8 B). Na margem Sul, na região da Ponta do Félix, a cota batimétrica passou de -2 m em 1901, para -0,5 m em 1979, caracterizando uma larga planície de maré que se estende a jusante da Ponta do Félix. A porção adjacente a margem Norte é caracterizada pelo desenvolvimento de uma extensa área rasa (até 0,5 m de profundidade) compreendida entre a Ilha das Rosas e a Ilha da Ponta Grossa. (Figura 5.8 B)

O setor Sul da Baía de Antonina apresentava em 1901 uma região profunda, distribuída continuamente até as adjacências das ilhas do Teixeira e da Ponta Grossa (Figura 5.8 A). Em 1979, observa-se que os setores mais profundos encontram-se concentrados em dois canais, um principal e um secundário. O canal principal localiza-se mais próximo da margem Sul, é mais extenso e profundo que o canal secundário (Figura 5.8 B).

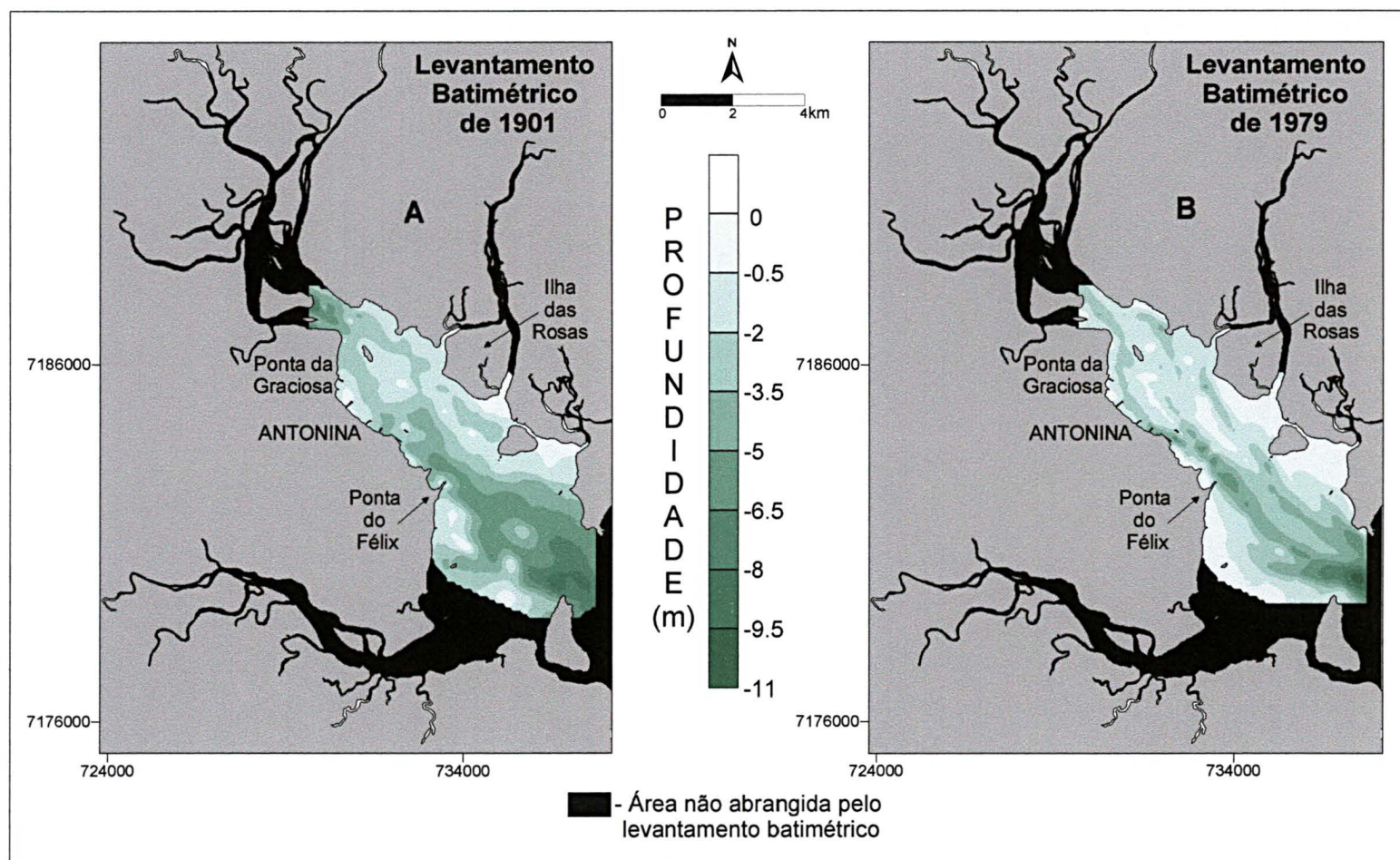


Figura 5.8: Comparação dos levantamentos batimétricos efetuados na Baía de Antonina nos anos de 1901 (A) e 1979 (B).

Para facilitar a visualização das mudanças ocorridas neste intervalo de 78 anos, foram confeccionados cinco perfis transversais ao eixo principal da Baía de Antonina (Figura 5.9).

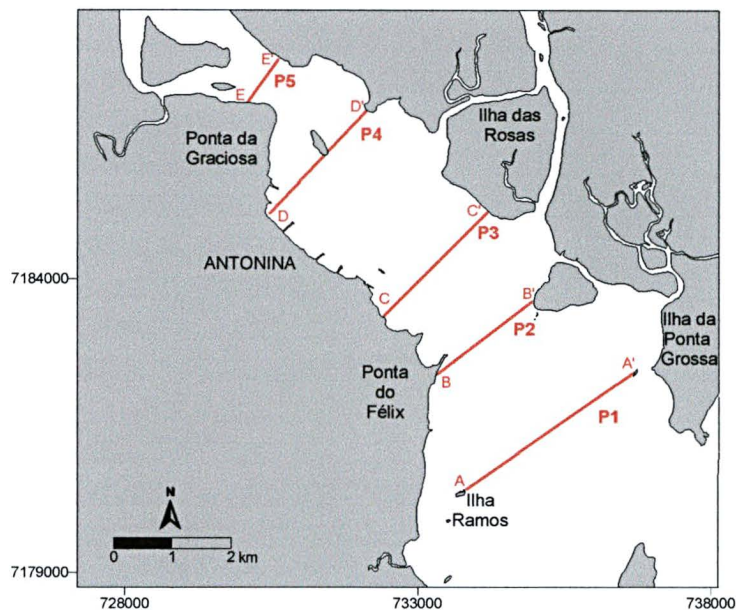


Figura 5.9: Localização dos perfis batimétricos confeccionados na Baía de Antonina para comparação dos levantamentos de 1901 e 1979.

No perfil P1 (Figura 5.10), constata-se que houve assoreamento em quase toda a seção, exceto nas proximidades da margem Norte, onde formou-se um pequeno canal de 1,5 m de profundidade.

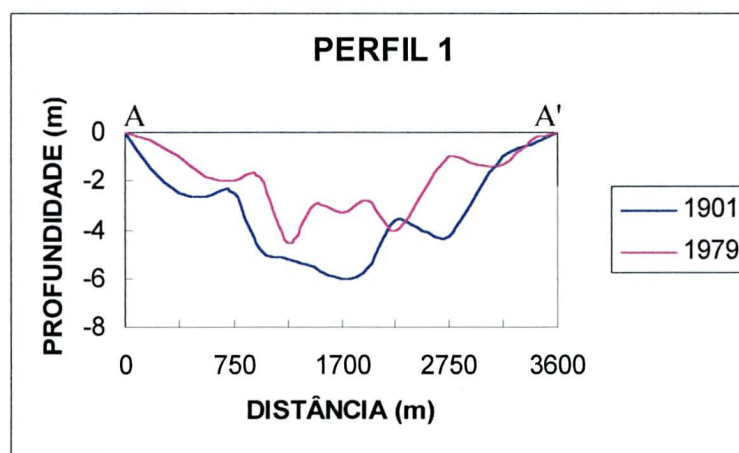


Figura 5.10: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 no Perfil P1.

Na margem Sul do perfil P2 (Figura 5.11), ocorreu aprofundamento de um canal que já existia em 1901. Por este perfil estar situado em região de freqüente atividade portuária, este fato pode estar relacionado a dragagens do

canal que acessa o Porto de Antonina. Na porção centro-Leste do perfil, ocorreu intenso assoreamento neste período de 78 anos.

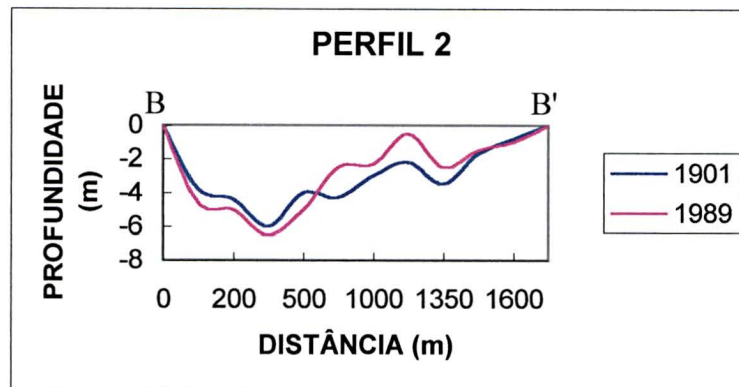


Figura 5.11: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 do Perfil P2.

O perfil P3 apresentou grande variação em quase toda a seção. Os canais observados em 1901 sofreram assoreamento e migraram em direção à margem Sul. Na porção central verificou-se grande assoreamento e nas proximidades da margem Norte o perfil manteve-se praticamente estável, conforme mostra a figura 5.12.

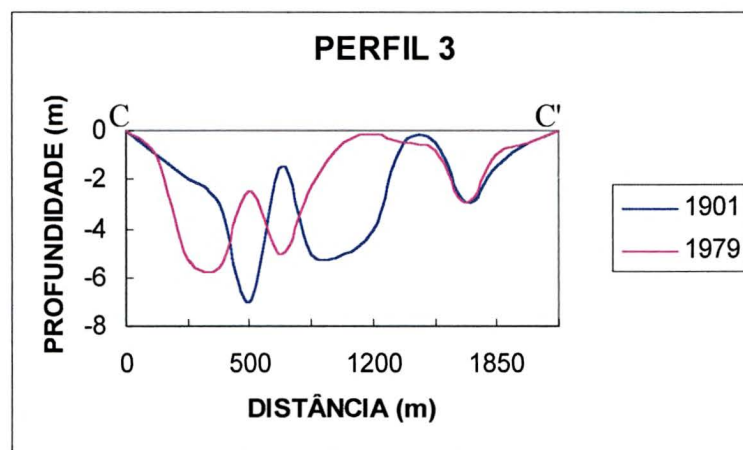


Figura 5.12: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 do Perfil P3.

No perfil P4 constatou-se assoreamento na porção central e no canal localizado nas proximidades da margem Sul. Na margem Norte ficou evidenciado um afunilamento e aprofundamento do canal existente em 1901 (Figura 5.13)

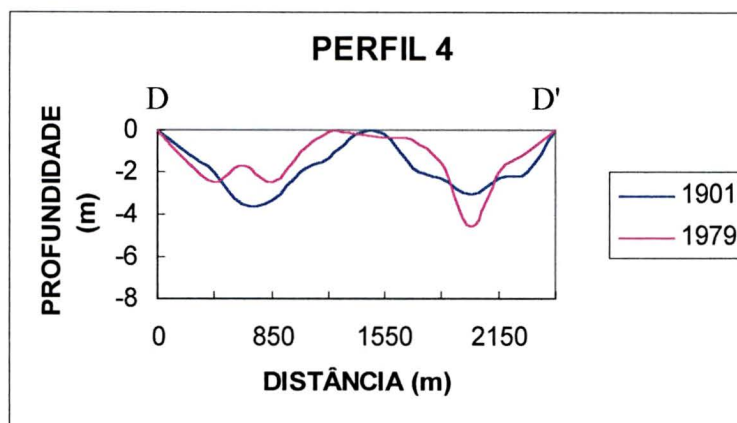


Figura 5.13: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 do Perfil P4.

O perfil P5 (Figura 5.14), localizado na cabeceira da Baía de Antonina, foi o que evidenciou a maior taxa de deposição neste período de 78 anos. Grandes assoreamentos foram verificados nas proximidades das margens Norte e Sul, que em 1901 apresentavam profundidades de até 6 m, em 1979 a profundidade máxima não passou de 4 m.

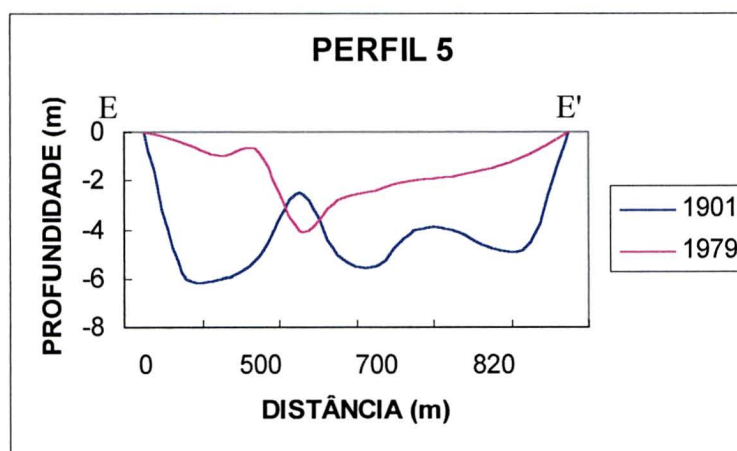


Figura 5.14: Representação gráfica da batimetria da Baía de Antonina nos anos de 1901 e 1979 do Perfil P5.

Com base nos mapas de contorno das cotas batimétricas de 1901 e de 1979, e também nos perfis batimétricos transversais ao eixo principal da Baía de Antonina, fica evidenciada tendência geral de assoreamento para quase toda a área abrangida pelos levantamentos batimétricos.

Estimar o volume exato de sedimento depositado neste período de 78 anos, seria no mínimo uma pretensão. Para se chegar a um valor aproximado empregou-se o método utilizado por LAMOUR (2000), que calculou o volume

depositado em um setor do canal de acesso ao Porto de Paranaguá, com base na média aritmética dos métodos de Simpson, 3/8 de Simpson e Trapezoidal.

O volume depositado entre 1901 e 1979, na área abrangida pelos levantamentos batimétricos (cerca de 25 km<sup>2</sup>), ficou em torno de  $60 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, ou 769.230 m<sup>3</sup> por ano (desprezando-se a diferença entre o nível de redução dos levantamentos). Comparativamente, o volume de material dragado em 1999 no canal de acesso aos Terminais Portuários da Ponta do Félix (Figura 5.15), que apresenta uma área de 1,8 km<sup>2</sup>, foi de cerca de  $5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, para aprofundamento à cota -8 m.

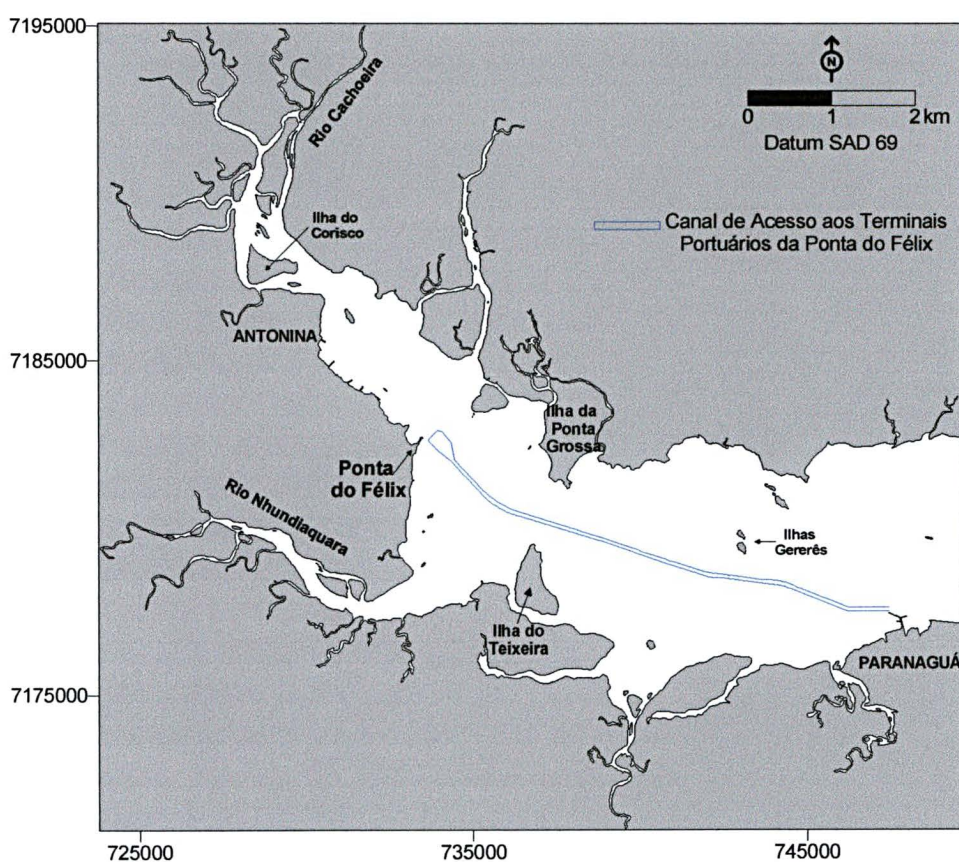


Figura 5.15: Localização do canal de acesso aos Terminais Portuários da Ponta do Félix.

O volume de material dragado na operação de aprofundamento do canal de acesso aos Terminais Portuários da Ponta do Félix corresponde a aproximadamente 8,3 % do material depositado na Baía de Antonina no intervalo de 78 anos.

### 5.4.1 Sondagens rasas

A região da Ponta da Graciosa reuniu as condições ideais para os levantamentos dos perfis rasos submersos. Esta área situada na cabeceira do estuário, além de ter sofrido grande variação sedimentológica e batimétrica, apresenta profundidade média de 2 m, facilitando a operação de sondagem que é efetuada através de mergulho livre. Foram determinados dois pontos a serem amostrados, denominados C1 e C2 (Figura 5.16), sendo que neste último (C2) foi obtido além do *corer*, um cano de sondagem de 0,5 m.

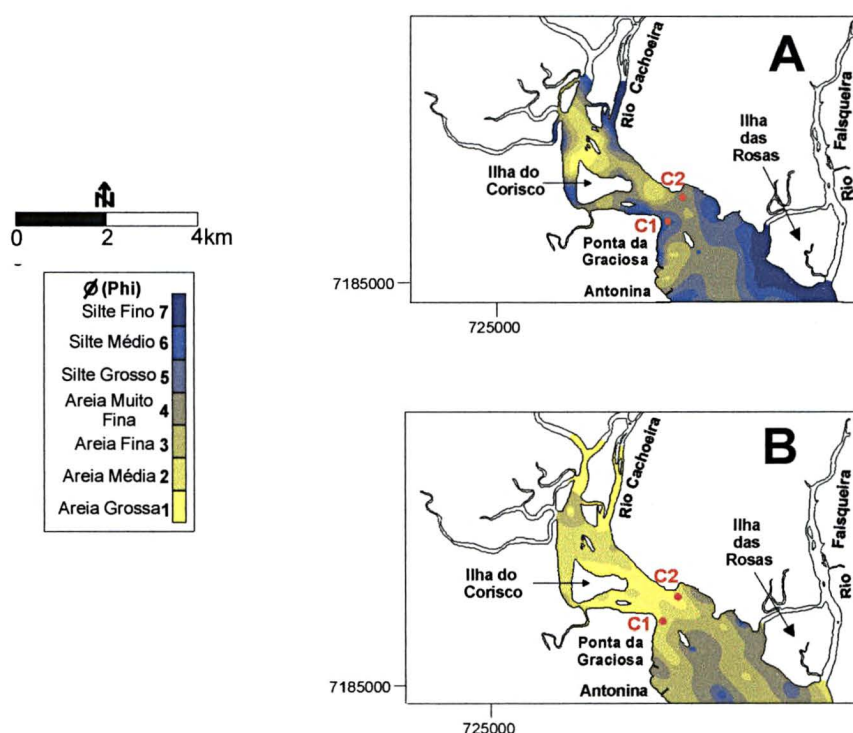


Figura 5.16: Localização dos pontos determinados para sondagens rasas com amostrador em caixa e cano de alumínio. Notar a mudança do diâmetro médio dos sedimentos de fundo do ano de 1966 (A) para 1995 (B).

Ponto C1 – O perfil raso obtido com amostrador em caixa no ponto C1, revelou uma camada superior que varia de 11 cm a 18 cm de espessura, composta por areia média (1,36  $\phi$ ) pobremente selecionada. Esta camada apresenta-se em contato gradacional com uma camada inferior, composta por silte fino (6,53  $\phi$ ) moderadamente selecionado. A espessura da camada inferior varia de 8 cm a 18 cm (Figura 5.17).

Ponto C2 – No perfil raso C2, foi possível identificar três camadas de composição diferenciada, indicadas na figura 5.17 como A, B e C, além de pequenas faixas de areia e silte com concentração de matéria orgânica. A camada superior (C) apresenta cerca de 12 cm de espessura. É composta por areia grossa (0,19  $\phi$ ) pobremente selecionada, com 17 % de grânulos. A camada intermediária (B) apresenta cerca de 9 cm de espessura sendo composta por areia muito fina (3,9  $\phi$ ), com concentração de matéria orgânica na base. Uma terceira camada (A) com 10 cm de espessura, composta por areia muito fina (3,5  $\phi$ ) ocupa a base do *corer* (Figura 5.17).

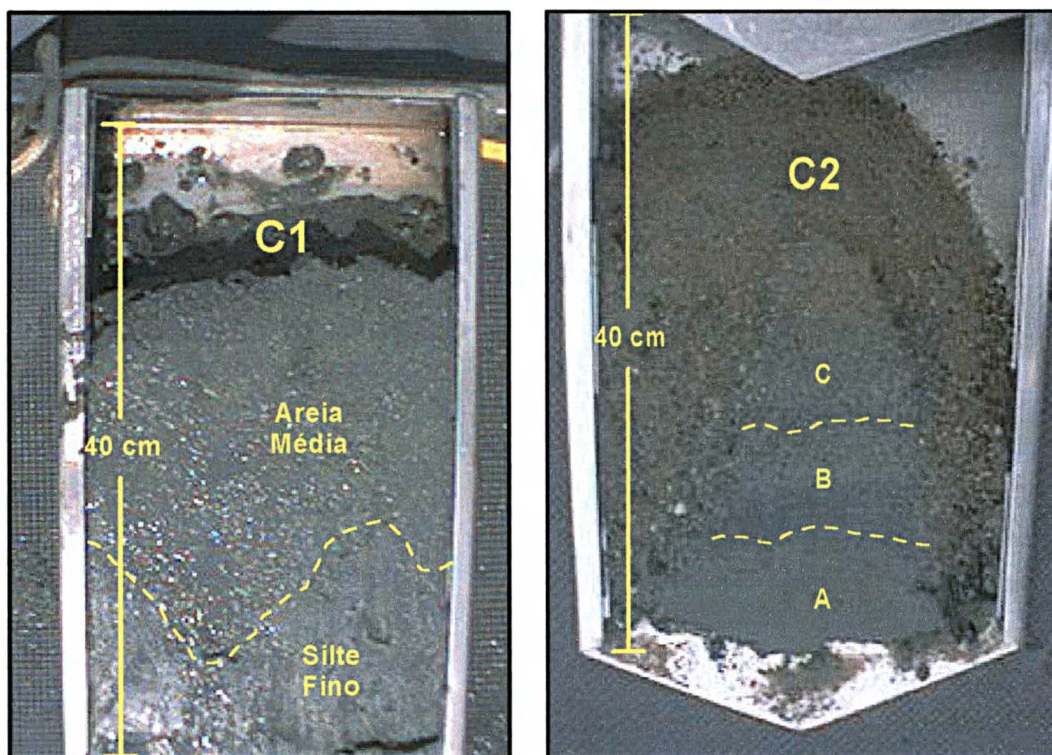


Figura 5.17: Perfis estratigráficos rasos (pontos C1 e C2) obtidos com amostrador em caixa na Baía de Antonina (para localização ver figura 5.15).

No ponto C2, um pouco mais próximo da margem norte, na cota -1,5 m (Figura 5.18), foi obtido um testemunho de sondagem até a profundidade de 0,5 m.

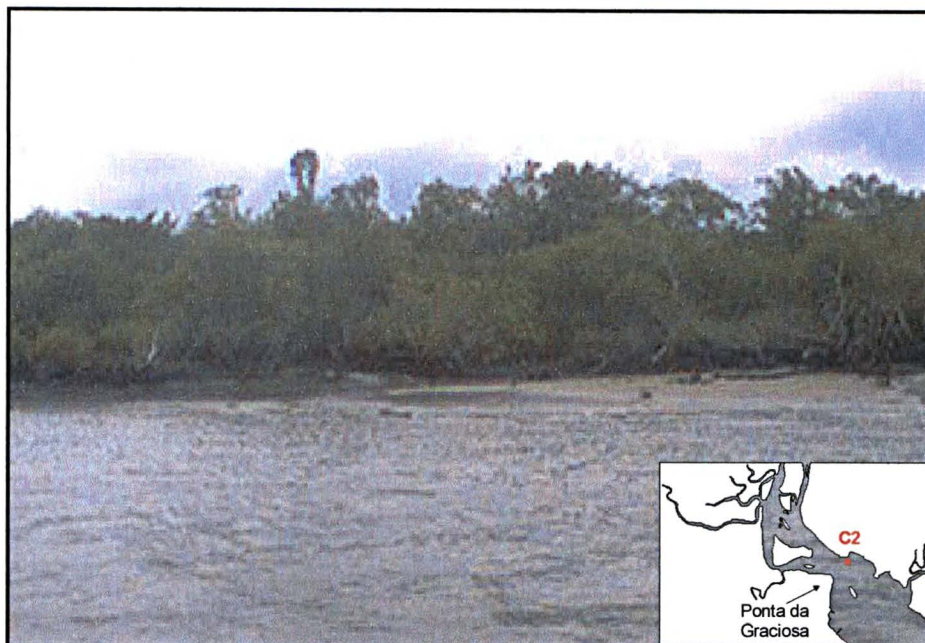


Figura 5.18: Proximidades da Ponta da Graciosa, onde foi obtido o cano de sondagem a  $-0,5$  m.

O testemunho de sondagem de  $0,5$  m obtido no ponto C2, revelou quatro diferentes camadas, denominadas A, B, C e D conforme mostra a figura 5.19. A camada D (topo) vai até a profundidade  $-10$  cm. É composta por areia grossa a média, pobremente selecionada, com 8 % de grânulos, 89 % de areia e 3 % de silte.

A camada C está compreendida entre as cotas  $-10$  cm e  $-35$  cm. É composta por areia média a fina com bolas de argila e porções de matéria orgânica. Entre as cotas  $-35$  cm e  $-45$  cm encontra-se uma camada de coloração escura (B), composta por areia fina a muito fina ( $3,98 \varnothing$ ), pobremente selecionada, com bolas de argila e rica em matéria orgânica. Na base do cano de sondagem encontra-se a camada (A) composta por areia muito fina ( $3,86 \varnothing$ ), muito pobremente selecionada com 64 % de areia, 28 % de silte, 4 % de argila e 3 % de cascalho (Figura 5.19).

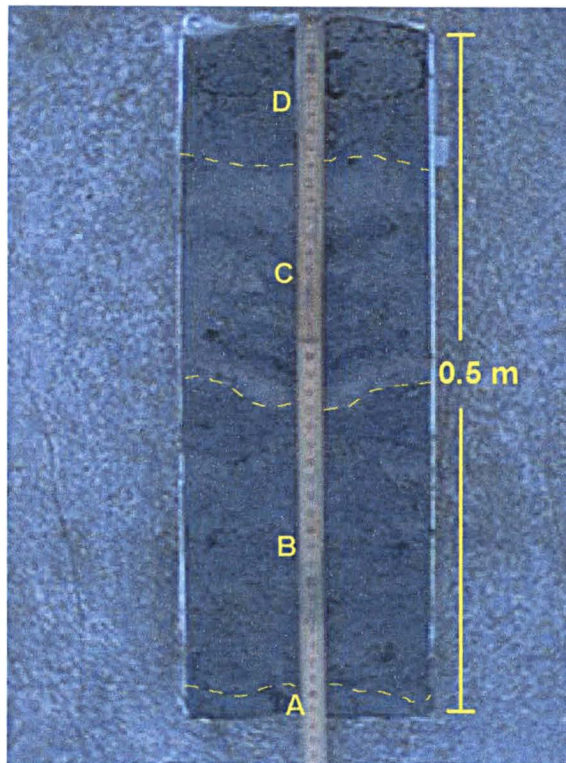


Figura 5.19: Testemunho de sondagem do ponto C2 com a identificação das quatro camadas observadas, A, B, C e D, ocorrendo um aumento da média granulométrica da base do cano (camada A) para o topo (camada D).

## **6. DISCUSSÃO**

Esse capítulo aborda de maneira crítica os resultados obtidos, discutindo diferentes hipóteses para as mudanças observadas tanto na distribuição dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina, como também nas variações batimétricas. Entre os fatores que podem ter induzido as mudanças observadas na área estudada, encontram-se: a) o método de análise granulométrica empregado nas amostragens de 1966 e de 1995; b) ação antrópica exercida pela interligação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Cachoeira, pelos desmatamentos na Serra do Mar e pelas atividades de dragagens e despejo de material dragado, e ainda, uma terceira causa (c) referente aos fatores naturais que atuam em um ambiente estuarino semi-confinado em fase de colmatação, como é o caso do Complexo Estuarino de Paranaguá.

### **6.1 Métodos de análise granulométrica e de amostragem**

Importantes diferenças podem ser observadas nos métodos de análise granulométrica empregados nas amostras de 1966 e de 1995. Embora ambas tenham sido submetidas a um procedimento laboratorial similar, envolvendo peneiramento em intervalos de  $\phi$  (phi), e pipetagem em provetas para a determinação do teor de finos, os procedimentos não seguem exatamente a mesma metodologia, podendo o resultado final da comparação entre os parâmetros estatísticos de 1966 e 1995 apresentar mudanças ocasionadas por esta diferença metodológica.

Uma diferença fundamental entre as análises é que nas amostras de 1966 não foram eliminados os teores de carbonato de cálcio e de matéria orgânica antes de proceder à análise granulométrica, como ocorreu nas amostras de 1995.

As análises de laboratório evidenciaram que a matéria orgânica encontra-se preferencialmente junto às frações mais finas. Deste modo, o maior teor de finos (silte e argila) do levantamento de 1966 (58,48%) poderia ser atribuído à inclusão dos teores de matéria orgânica na fração fina. Contudo a somatória dos teores de finos e matéria orgânica do levantamento de 1995

(45,55 %) é inferior ao teor de finos do levantamento de 1966 (Tabela 6.1). Além disso, no levantamento de 1995 observaram-se maiores teores de areia (63,27 %) e cascalho (2,29 %) em relação a 1966 (40,98 % e 0,58 %, respectivamente), que não poderiam ser atribuídos a esta diferença metodológica, já que os resultados para essas frações foram obtidos utilizando o mesmo método, por peneiramento simples em *rot up*.

Tabela 6.1: Média granulométrica e percentagem das frações de cascalho, areia, silte, argila e dos teores de CaCO<sub>3</sub> e matéria orgânica (M.O.) das amostras obtidas nas baías de Antonina e Paranaguá em 1966 e 1995.

Ano	Nº de Pontos		Média (∅)		Cascalho (%)		Areia (%)		Silte (%)		Argila (%)		CaCO <sub>3</sub> (%)		M.O. (%)	
	1966	1995	1966	1995	1966	1995	1966	1995	1966	1995	1966	1995	1966	1995	1966	1995
Antonina	115	98	5,14	3,25	0,61	3,44	36,86	66,43	37,03	32,78	25,50	4,63	-	6,40	-	6,89
Paranaguá	110	64	5,09	3,93	0,55	1,14	45,10	60,11	32,78	33,10	21,57	5,66	-	7,86	-	8,06
Toda a área	225	157	5,11	3,59	0,58	2,29	40,98	63,27	34,95	32,94	23,53	5,14	-	7,13	-	7,47

Outro fator que pode ter contribuído para as variações do diâmetro médio observadas são as diferentes malhas de amostragem utilizadas nos levantamentos de 1966 e de 1995, o que ocasionou a obtenção da maioria das amostras em locais distintos, prejudicando a acurácia da comparação. Foi observado em campo que em algumas porções da Baía de Antonina ocorre rápida variação lateral dos ambientes, sendo que um deslocamento de 5 a 10 m entre os pontos amostrados pode ser suficiente para provocar variações significativas no diâmetro médio dos grãos, como por exemplo entre um canal (mais arenoso) e um baixio (mais argiloso). Contudo, este tipo de variação por ser aleatória não explicaria todas as mudanças observadas.

Para minimizar os efeitos da distorção dos resultados da comparação de amostragens realizadas em datas distintas, em um próximo levantamento recomenda-se o uso da mesma malha de amostragem previamente utilizada. No caso de haver a necessidade da implementação de uma nova malha amostral, esta deverá ser planejada de maneira regular na medida do possível, seguindo o mesmo espaçamento entre os pontos, promovendo um recobrimento uniforme da área a ser levantada, garantindo maior acurácia na interpolação das amostras e, conseqüentemente, na interpretação dos resultados.

## 6.2 A evolução batimétrica da Baía de Antonina e as mudanças na distribuição dos sedimentos de fundo

Embora a metodologia utilizada para a análise comparativa das batimetrias de 1901 e de 1979 apresente problemas relacionados à diferença do nível de redução utilizado pelos levantamentos, que em geral varia de 0,5 m a 1 m (APPA 2002)\*, a variação batimétrica observada em alguns pontos da Baía de Antonina chega a ser 5 vezes superior a este valor, como no caso da região da Ponta da Graciosa, que em 1901 apresentava até 6 m de profundidade, passando o mesmo setor para 1 m de profundidade em 1979 (Figura 5.14).

Esta região, localizada na cabeceira da Baía de Antonina, está sob influência direta do aporte hidráulico-sedimentar dos rios, sendo o Rio Cachoeira, conforme caracterizou MANTOVANELLI (1999), o maior fornecedor de água doce e material particulado em suspensão deste setor do Complexo Estuarino de Paranaguá.

BIGARELLA *et al.* (1978) publicaram dados de vazão do Rio Cachoeira referente a média de 20 anos de medições. A média da vazão obtida por BIGARELLA *et al.* (1978) foi 21,13 m<sup>3</sup>/s, porém este valor corresponde a levantamentos efetuados antes da inauguração da usina hidroelétrica Governador Parigot de Souza em janeiro de 1971, quando a água da bacia hidrográfica do Rio Capivari foi adicionada ao Rio Cachoeira através de um canal artificial. Nos levantamentos de MANTOVANELLI (1999) o aporte médio de água doce do Rio Cachoeira foi de 46,46 m<sup>3</sup>/s durante os meses de verão e 16,45 m<sup>3</sup>/s durante os meses de inverno, sendo a média geral da vazão nos meses de verão e inverno (31,45 m<sup>3</sup>/s) superior em 10,32 m<sup>3</sup>/s ao valor previamente observado por BIGARELLA *et al.* (1978).

A região da foz do Rio Cachoeira apresentou grande variação sedimentológica e batimétrica no período entre os levantamentos comparados. Além do assoreamento verificado na região da Ponta da Graciosa (Figura 5.14), os perfis rasos obtidos com amostrador em caixa revelaram sempre granocrescência da base para o topo, sendo a composição da camada da base (silte fino e grosso) semelhante à amostra obtida neste setor em 1966, e a camada do topo (areia média a grossa) concordante com a amostragem de 1995 (Figuras 5.18 e 5.19). Devido a relação direta entre a vazão e a

\* - Comunicação pessoal com o Comandante José Roberto da Silva Santos, assessor do superintendente da APPA, em maio de 2002

capacidade de carga de transporte do rio (SANTOS *et al.*, 2001), ao aporte unidirecional de sedimento fluvial no sentido rio-estuário observado por NOERNBERG (2001) na região de Antonina, e aos resultados das comparações batimétricas e sedimentológicas, fica evidenciado não apenas um aumento do aporte sedimentar como também uma mudança na composição do material que chega à cabeceira da Baía de Antonina.

BIGARELLA *et al.* (1974) já alertava que o desmatamento da Serra do Mar, que emoldura grande parte do estuário, promoveu o aumento da erosão nas bacias de drenagem que desaguam principalmente na Baía de Antonina. Levantamentos efetuados pelo INPE (1998), mostram que da área total associada aos domínios da Mata Atlântica no Estado do Paraná em 1960, apenas 8,9 % restaram em 1995, tendo sido as maiores reduções ocorridas na década de 80, quando também teve início a criação das áreas de proteção ambiental (APA) na Serra do Mar. Em virtude da grande área da Mata Atlântica desmatada no período entre os levantamentos, o desmatamento pode também ter tido uma considerável contribuição nas mudanças sedimentológicas e batimétricas observadas na área de estudo, promovendo aumento das áreas fontes de material passível de transporte, ocasionando aumento do aporte sedimentar e do diâmetro médio dos sedimentos de fundo conforme foi verificado.

Uma análise mais abrangente sobre toda a área estudada mostra que a relação entre as áreas que denotam assoreamento e as áreas que apresentam aumento no diâmetro médio dos grãos é direta em praticamente toda a área estudada. Uma situação adversa a esta mudança foi observada por SOARES *et al.* (1997), na margem da baía oposta ao Porto de Paranaguá, onde em 1995 ocorre uma área com sedimentos finos não observada em 1966. Informações fornecidas pela APPA (1997) elucidaram que a área serviu como sítio de despejo de material dragado da bacia de evolução do porto, fato que explicaria a anomalia observada.

Nos demais setores abrangidos pelos levantamentos batimétricos comparados, observa-se que as áreas situadas entre 0 e 1 m de profundidade, em geral representadas por baixios e planícies de maré, progradaram lateral e longitudinalmente ao eixo principal da Baía de Antonina. Obstáculos naturais que interferem na dinâmica das correntes de maré como a Ilha Baixa Grande e

a Ponta do Félix, parecem controlar a sedimentação, ocasionando o surgimento de ambientes de menor energia denominados “cones de sombra”, onde predominam os processos de sedimentação e avanço das feições de fundo.

A comparação entre as áreas que apresentaram erosão e sedimentação no período entre 1901 e 1979 evidencia que nas margens Norte e Sul da Baía de Antonina ocorrem áreas com elevada taxa de sedimentação próximo a áreas que sofreram erosão. Esta disposição sugere o avanço de feições de fundo sobre canais (Figura 6.1) bem como migração lateral destes canais, conforme observado na comparação dos levantamentos batimétricos (Figura 5.8), e nos perfis batimétricos transversais ao eixo principal da Baía de Antonina (Figuras 5.10 a 5.14).

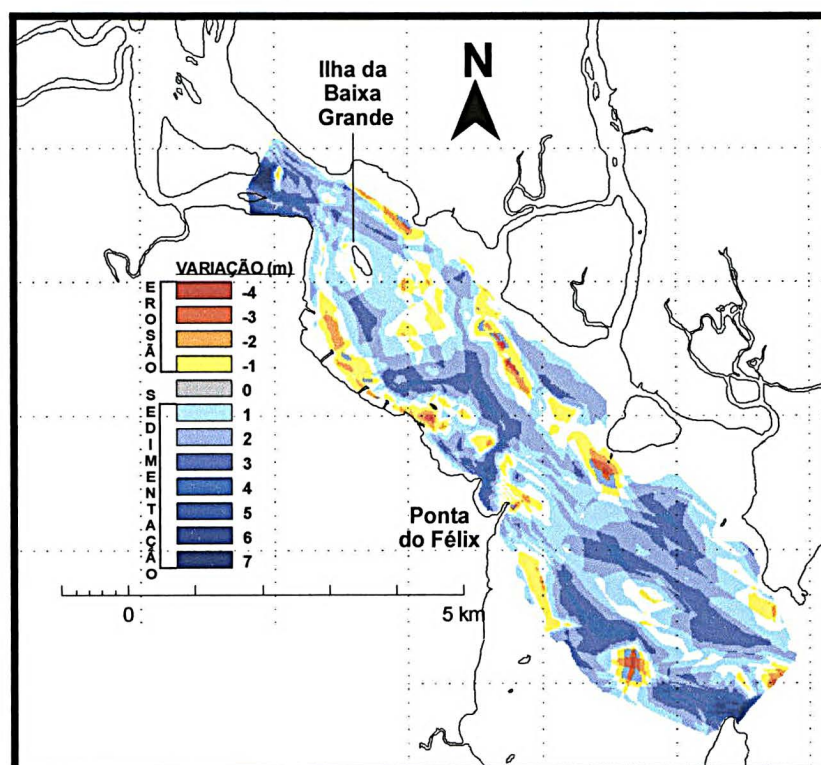


Figura 6.1: Comparação das áreas que apresentaram erosão e sedimentação entre 1901 e 1979 na Baía de Antonina.

Segundo datações  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  efetuadas por SOUZA *et al.* (2001), em sedimentos das planícies de maré da região de Paranaguá, a taxa de sedimentação é de 1,22 cm/ano, sendo considerada alta quando comparada a outros ambientes estuarinos (SAITO *et al.*, 2001). Extrapolando este valor para

78 anos (tempo entre os levantamentos batimétricos comparados) teriam sido depositados aproximadamente 95 cm de sedimentos nas planícies de maré durante este período, fato que explicaria o notável desenvolvimento destas feições nas margens da Baía de Antonina.

Uma nova taxa de sedimentação para a Baía de Antonina foi calculada sobre os levantamentos batimétricos de 1901 e de 1979, considerando também a curva de tendência do nível relativo do mar (NRM) proposta por FRANCO *et al.* (2001), que analisaram o comportamento do NRM nas estações maregráficas de Charleston (EUA), Santos (SP) e Cananéia (SP). As observações dos valores anuais do NRM evidenciaram para os três casos estudados, uma tendência de subida durante o período observado, tendo sido proposto para a região de Cananéia (SP) uma taxa de variação de 38 cm por século. Embora esteja conectado ao Complexo Estuarino de Paranaguá por meio de um canal artificial (canal do Varadouro), o estuário de Cananéia constitui um sistema estuarino independente. Porém, a proximidade com a área de estudo permitiu a extrapolação da taxa de subida do NRM para a Baía de Antonina.

Considerando que houve deposição uniforme em toda a área abrangida pelos levantamentos batimétricos (cerca de 25 km<sup>2</sup>) e sabendo que o valor aproximado do volume total depositado foi  $60 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, dividiu-se o volume depositado pela área abrangida pelos levantamentos batimétricos. O resultado dessa divisão (2,4 m) corresponde à espessura do pacote sedimentar depositado no período entre os levantamentos batimétricos comparados. Esse valor foi subtraído da taxa de elevação do NRM equivalente a 78 anos (29,64 cm), obtendo-se então um novo valor de 2,1 m, já corrigido com a variação positiva do NRM. Este último valor foi dividido por 78 (tempo decorrido entre os levantamentos batimétricos) resultando em 2,6 cm/ano, correspondente à taxa aproximada de deposição para a Baía de Antonina. Este valor é muito superior ao encontrado por SOUZA *et al.* (2001), porém considera toda a diversidade de ambientes de sedimentação que ocorrem na Baía de Antonina, como baixios, canais de maré, deltas intraestuarinos e planícies de maré.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Grandes mudanças na composição granulométrica e na distribuição dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e na porção ocidental da Baía de Paranaguá ocorreram de 1966 para 1995. Praticamente toda a área estudada é caracterizada por engrossamento do diâmetro médio e melhoria do grau de seleção dos sedimentos de fundo no período entre os levantamentos comparados. Na Baía de Antonina, a média granulométrica passou de 5,14  $\phi$  (silte médio) em 1966 para 3,25  $\phi$  (areia muito fina) em 1995. Na porção ocidental da Baía de Paranaguá, o diâmetro médio dos sedimentos de fundo que em 1966 era de 5,09  $\phi$  (silte médio) passou para 3,93  $\phi$  (areia muito fina) em 1995. As mudanças mais significativas foram observadas na região da Ponta da Graciosa, nas margens da Baía de Antonina e na margem Sul da porção ocidental da Baía de Paranaguá.

Tais mudanças podem ter sido influenciadas por diferenças no método de análise granulométrica a que foram submetidas as amostras de 1966 e de 1995, e também por diferenças na malha de amostragem utilizada nos levantamentos. No entanto, além das diferenças metodológicas outros fatores também podem ser associadas às mudanças observadas:

a) o aumento da vazão do Rio Cachoeira, principal fornecedor de água doce e material particulado em suspensão do setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá, causado pela interligação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Cachoeira, pode ter ocasionado um aumento da capacidade de carga de transporte do Rio Cachoeira, elevando aporte de material para a porção superior da Baía de Antonina;

b) os elevados índices de desmatamentos da Mata Atlântica ocorridos no período entre os levantamentos podem ter promovido aumento das áreas fontes de material passível de transporte, ocasionando aumento do aporte sedimentar bem como mudanças na composição do material proveniente dos rios que deságuam na Baía de Antonina;

c) atividades de dragagens e despejo promoveram remobilização dos sedimentos de fundo e conseqüente modificação parcial ou total da distribuição destes sedimentos nas áreas de influência da dragagem e do despejo do material dragado.

A aplicação de técnicas geoestatísticas mostrou-se uma ferramenta valiosa para a representação espacial da distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Baía de Antonina e da porção ocidental da Baía de Paranaguá. A análise prévia da correlação espacial dos valores de média granulométrica obtidos nas amostragens de 1966 e de 1995 permitiu a geração de uma grade de interpolação fazendo o melhor uso de toda a informação disponível. Este estudo certamente dará motivo para diversas questões a respeito da reprodução da realidade e da acurácia com que foram gerados os mapas de distribuição granulométrica, utilizando técnicas geoestatísticas. Porém, fica explícita a validade e a necessidade da utilização de um suporte técnico robusto para melhor representação dos fenômenos naturais.

A comparação das cartas batimétricas de 1901 e de 1979 evidenciou assoreamento em grande parte da área abrangida pelos levantamentos. A região da Ponta da Graciosa localizada na porção superior da Baía de Antonina foi o local que apresentou variação mais significativa entre os levantamentos, cerca de 5 m. As planícies de maré, localizadas próximo das margens Norte e Sul, progradaram lateral e longitudinalmente ao eixo principal da Baía de Antonina. Uma taxa de sedimentação de 2,6 cm/ano foi calculada considerando uma deposição uniforme em toda a área abrangida pelos levantamentos batimétricos. Este valor engloba toda a diversidade de ambientes de sedimentação que ocorrem na Baía de Antonina, como canais de maré, planícies de maré, baixios e deltas intraestuarinos.

Por estar situada na cabeceira do estuário, sob influência direta do aporte hidráulico-sedimentar dos rios, a Baía de Antonina é considerada por natureza uma área de captação de sedimentos, estando sujeita a sofrer assoreamento ocasionado pela progradação do delta de cabeceira em direção ao interior do estuário. Entretanto, a influência antrópica exercida pela interligação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Cachoeira, pelos desmatamentos nas bacias de drenagem dos rios que deságuam na Baía de Antonina e pelas atividades de dragagens e despejo de material dragado, parece ter tido aqui um papel fundamental para a aceleração do processo de colmatação da porção superior do setor E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, R.J. (1992). **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. São Paulo. 334 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ANGULO, R.J. ; ARAÚJO A.D. (1996). Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Bol. Parana. Geocienc.**, Curitiba, n. 44, p. 07-17.

ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; ARAÚJO, A.D.; PESSEDA, L.C.R.; ODRESKI, L.L.R.; LAMOUR, M.R.; CARRILHO, J.C; NADAL, C.A. (1999). Fácies sedimentares de uma barreira regressiva holocênica na planície costeira de Praia de Leste – Estado do Paraná. In: Congresso da ABEQUA, 7. Porto Seguro – BA. O Quaternário e o Meio Ambiente. CONGRESSO DA ABEQUA, 7., Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro. 3p.

APPA/CEM (1997). **Relatório consolidado do convênio APPA/CEM**. Curitiba. Inédito.

ARAÚJO, A.D. (2001). **Dinâmica sedimentar e evolução paleogeográfica do Saco do Limoeiro e sua relação com o canal de acesso ao Porto de Paranaguá**. Curitiba. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

BIGARELLA, J.J. (1946). Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, n. 4, p. 11-75.

----- (1974). Segurança ambiental uma questão de consciência... e muitas vezes de segurança nacional. **Curso da ADESG**. Curitiba, Ponta grossa.

BIGARELLA, J.J.; ALESSI, A.H.; BECKER, R.D. & DUARTE, G.M. (1970). Natureza dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina. **Revista IBPT**, [S.L.], v.15, p. 30-33 + mapas.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; MATOS, D.J.; WERNER, A. (1978). **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento, Governo do Paraná. 248p.

CAMARGO, C.G.C. (2001). **Análise de superfícies por geoestatística**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/análise/cap3-superfícies.pdf>> Acesso em abril.

CAMARGO, M.G. (1999). **SYSGRAM para windows: sistema de análises granulométricas**. Pontal do Sul. 2 disquetes, 5 ¼.

CLARK, J. (1979). **Practical geostatistics**. Essex, Applied Science, 129 p.

DEFNER, P. ; DELHOMME, J.P. (1975). Optimum interpolation by Kriging. In: DAVIS, J. C.; McCULLAGH, M. J. (Ed.) **Display and analysis of spatial data**. New York: John Wiley, p. 96-114.

DEUTSCH, C.V.; JOURNAL, A.V. (1992). **GSLIB: Geostatistical software library and user's guide**. New York: Oxford University Press, 339 p.

DHN. (1995). Carta náutica 1824. **Da Barra de Paranaguá a Antonina**. Rio de Janeiro. 1 mapa. Escala 1:50.000.

ENERGIA Brasil (2002). Disponível em <[http://www.energiabrasil.gov.br/uhe\\_lista.asp](http://www.energiabrasil.gov.br/uhe_lista.asp) >. Acesso em 20 de março de 2002.

FIGUEIRA, E.G. (1999). **Modelagem geoestatística da Mina Saivá, Rio Branco do Sul - Pr.** Curitiba. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **J. Sediment. Petrol.**, Tulsa, v.27. p.3-26.

FRANCO, A.S.; KJERFVE, B.; NEVES, C.F. (2001). The analyse of extremely long tidal series. In: SEMINÁRIO SOBRE ONDAS, MARÉS E ENGENHARIA OCEÂNICA, OMAR, 4., Arraial do Cabo, RJ. **Anais...** Arraial do Cabo, RJ: Marinha do Brasil, - IEAPM.

INPE/FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA (1998). **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990 - 1995**. Disponível em <<http://www.sosmatatlantica.org.br/atlas2001>> São Paulo. p. 47.

GOLDEN SOFTWARE INC. (1999). **User's Guide**. Colorado, USA. 619 p.

GUERRA, P.A.G. (1988). **Geoestatística operacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 145 p.

HANSEN, D.V.; RATTARAY JÚNIOR, M. (1965). Gravitational circulation in straits and estuaries. **J. Mar. Res.**, New Haven, v. 23, p: 104 - 122.

IBGE (1992). **Folhas Mi-2843-4; Mi-2844-3; Mi-2844-4; Mi-2858-2; Mi-2859-1**. Rio de Janeiro. Escala 1:50.000.

IPARDES. (1989). **Zoneamento do litoral paranaense**. Curitiba. 175 p.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. (1989). **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 560 p.

KISIN, S. (1999). **An evaluation of the seismic and core data in Paranaguá Bay, Paraná State, Brazil**. Inédito.

KJERFVE, B. (1990). **Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems**. UNESCO/UNDF Regional Project "Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific" (RAS/79/002 e RAS/86/120), 79 p.

KNOPPERS, B.A.; BRANDINI, F.P.; THAMM, C.A. (1987). Ecological studies in the bay of Paranguá. II. Some physical and chemical characteristics. **Nerítica**, Curitiba, v.2, p. 1-36.

KRIGE, D.G. (1951). **A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand**. South African: Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society, 139 p.

LAMOUR, M.R. (2000). **Dinâmica sedimentar de Canal da Galheta, via de acesso ao porto de Paranaguá - PR**. Curitiba. 100. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. (2001). The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. **Ecological Studies**. v. 144, p. 131–145.

LESSA G.C.; ANGULO R.J. (1996). A 3D evolutionay model of the Paranaguá coastal plain. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. **Anais...** Salvador. p. 251-255.

LESSA G.C.; MEYERS S.R.; MARONE E. (1998). Holocene stratigraphy in the Paranaguá Bay estuary, southern Brazil. **J. Sediment. Res.**, [S.L.], v. 68. N. 6. p. 1060–1076.

LESSA, G.C.; ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.; ARAÚJO, A.D. (2000). Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Mar. Geol.**, [S.L.], v. 165, n.1-4, p. 87-108.

LFM (2000). **Cartas de correntes de maré da Baía de Paranaguá**. Relatório do convênio APPA/CEM. Inédito.

MAAK, R. (1968). **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: BADEP: UFPR: IBPT, 350 p.

MANTOVANELLI, A. (1999). **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. Curitiba. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

MARONE, E.; CAMARGO, R. (1994). Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. **Nerítica**, Curitiba, v. 8, p. 73-85.

MARONE, E.; JAMIYANAA, D. (1997). Tidal characteristics and a variable boundary numerical model for the M2 tide for the estuarine complex of the Bay of Paranaguá, PR, Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v. 11, n. 1-2, p. 95-107.

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C.; PRATA JUNIOR, V.P. (1997). **Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá**. Pontal do Sul: UFPR. v.2. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM.

MIRANDA, L.B. (1996). **Cinemática e dinâmica de estuários**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP (IO827), v. 1, 360 p.

NOERNBERG, M.A.; LAUTERT, L.F.C.; ARAÚJO, A.D.; ODRESKI, L.L. (1997). Base de dados digital do litoral paranaense em sistema de informação geográfica. **Nerítica**, Curitiba, v. 11, p. 191 - 195.

NOERNBERG, M.A. (2001). **Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil. um estudo a partir de dados in situ e LandSat TM**. Curitiba. 180 f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

OLEA, R.A. (1991). **Geostatistical glossary and multilingual dictionary**. Oxford: Inst. Assoc. Math. Geology, n. 3.

PETROBRAS. (1997). **Estudos ambientais em áreas oceânicas e costeiras no sul do Brasil**. 1 CD - ROM.

PROGEO. (1993). **Relatório de sondagens geológicas do canal de acesso e bacia de evolução do Porto de Antonina - PR**. Belo Horizonte, Inédito.

RIBEIRO JÚNIOR, P.J. (1985). **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. Piracicaba. 99 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo.

SANTOS, I.; DIETER, H.F.; SUGAI, M.R.V.B; BUBA, H.; KISHI, T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F.C. (2001). **Hidrometria aplicada**. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba. 372 p.

SAITO, R.T.; FIGUEIRA, R.C.L.; TESSLER M.G.; CUNHA, I.I.L. (2001).  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  geochronologies in the Cananeia-Iguape estuary and in the southern continental shelf of São Paulo State, Brazil. **J. Radioanalytical Nuclear Chemistry**. [S.L.], 249 p.

SOARES, C.R. (1990). **Natureza dos sedimentos de fundo das baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba - Complexo Estuarino de Paranaguá (PR)**. São Paulo, 187 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências, Universidade Estadual Paulista.

SOARES, C.R.; LANA, P.C. (1994). **Baía de Paranaguá: mapas & histórias**. Curitiba, Ed. da UFPR, 98 p.

SOARES, C.R.; ANGULO, R.J.; LESSA, G.C. (1997). Roteiro da excursão ao litoral do Estado do Paraná: morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o quaternário e problemas de erosão costeira. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA) E REUNIÃO SOBRE O QUATERNÁRIO DA AMÉRICA DO SUL, 6, Curitiba. **Anais...**, Curitiba. 125 p.

SOARES, C.R.; BARCELOS, J.H. (1995). Considerações sobre os sedimentos de fundo das baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba, Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). **Bol. Parana. Geocienc.**, Curitiba, n.43, p. 41 - 60.

SOARES, C.R.; LESSA; NETO, G.A.; RISENBERG, C.E.; SILVA, C.B. (1996). Caracterização da distribuição dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina, Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador. **Anais...**, Salvador. p. 390–393.

SOUZA, M.C.; ANGULO, R.J.; TESSLER M.G.; FIGUEIRA, R.C.L. (2001). Taxas de sedimentação no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná, estimadas a partir do método de datação por espectrometria gama ( $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ): resultados preliminares. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 8. Mariluz, Imbé – RS. **Anais...**, Mariluz, Imbé - RS. 3 p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A. E. G. (1985). Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Rev. Bras. Geocienc.**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 273-286.

UFPR. (2002) Centro de Estudos do Mar - UFPR. Laboratório de Física Marinha. Disponível em <<http://www.cem.ufpr.br/fisica>> Acesso em 02 mar.

## **ANEXO I**

**PARANAGUÁ - 1966**

PT	Longitude	Latitude	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1	7179432	749781	7.03	7.71	1.81	-0.54	0.91	0	10.3	44.2	45.5
2	7179818	749849	4.90	3.84	2.28	0.56	0.76	0	56	27.5	16.5
3	7.180.072	749924	4.70	3.64	2.32	0.57	0.88	0	62.35	22.09	15.56
4	7180470	749992	3.69	3.36	1.67	0.47	2.04	0	76.4	15.1	8.5
5	7182431	749445	3.73	2.67	2.17	0.69	2.33	0	79.8	7.2	13
6	7181527	749166	4.47	3.45	2.25	0.60	1.18	0	69.5	16.4	14.1
7	7180942	749025	5.08	4.05	2.42	0.49	0.55	0	49.5	23	27.5
8	7180160	748759	4.64	3.71	2.24	0.54	0.88	0	59.5	26.5	14
9	7179575	748617	5.12	4.33	2.12	0.65	0.69	0	50	31.6	18.4
10	7178871	748342	3.41	3.22	1.95	0.22	2.40	2.8	76.2	12.5	8.5
11	7178153	748198	4.53	3.67	2.08	0.56	1.14	0	64.5	23.6	11.9
12	7177249	747920	3.17	2.79	1.50	0.64	2.09	0	82	10.5	7.5
13	7182070	747355	6.09	6.28	2.20	-0.15	0.65	0	23	46	31
14	7181559	747416	6.05	6.23	2.17	-0.13	0.61	0	25	46.5	28.5
15	7181159	747469	6.07	6.13	2.02	-0.42	0.60	0	23	51	26
16	7180771	747462	6.70	6.94	1.80	-0.23	0.73	0	9	54.8	36.2
17	7180317	747454	6.62	6.44	1.57	0.55	0.86	0	6.2	69.8	24
18	7179862	747516	6.86	6.95	1.54	-0.15	0.80	0	4.5	66.5	29
19	7179473	747569	4.84	3.74	2.23	0.60	0.98	0	61	23.5	15.5
20	7179085	747562	4.86	3.84	2.30	0.54	0.90	0	55.66	28.01	16.32
21	7178620	747553	5.79	6.06	1.85	-0.15	0.66	0	24.78	65.91	9.302
22	7178164	747615	6.20	6.71	1.74	-0.38	0.82	0	15.04	75.85	9.106
23	7177322	747599	4.66	3.47	2.38	0.62	1.24	0	71.14	12.41	16.45
24	7177390	747520	5.57	4.70	1.58	0.73	0.83	0	0	86	14
25	7177638	747897	3.66	3.10	1.74	0.59	1.81	0	77.9	15.7	6.4
26	7177918	747148	4.78	3.75	2.40	0.52	0.76	0	58	25.1	16.9
27	7178378	746834	5.44	5.00	2.32	0.21	0.59	0	39	37	24
28	7178838	746521	4.55	3.68	1.99	0.59	1.43	0	65	23.9	11.1
29	7177516	746104	4.72	3.61	2.36	0.58	1.07	0	64.1	19.7	16.2
30	7177975	745851	5.43	4.80	2.36	0.28	0.58	0	42	30	28
31	7180150	745700	3.57	2.52	2.74	0.49	1.39	0	74.7	12.8	12.5
32	7180286	745511	7.20	7.52	1.48	-0.36	0.84	0	3.6	56.4	40
33	7180812	745259	7.14	7.72	1.62	-0.50	0.83	0	3.5	51.5	45
34	7181272	744936	5.19	4.55	2.40	0.31	0.58	0	44	32.8	23.2
35	7181474	744808	4.58	3.68	2.92	0.31	0.63	0	54.2	22.8	23
36	7176408	744263	3.47	3.41	1.39	0.34	2.54	0	81.5	11.6	6.9
37	7177449	744282	4.15	3.56	2.17	0.36	2.01	0.39	70.11	19.7	9.8
38	7178491	744301	5.03	3.93	2.19	0.60	0.75	0	53	30	17
39	7179531	744391	5.03	3.90	2.23	0.59	0.74	0	54	28	18
40	7180573	744410	7.36	7.66	1.29	-0.33	0.72	0	1.4	54.6	44
41	7181481	744426	5.36	4.96	2.54	0.16	0.56	0.6	38.9	27.5	33
42	7175933	745361	1.63	1.58	0.78	0.12	1.17	0	99.95	0.04	0.01
43	7176531	744788	2.86	2.70	1.33	0.52	2.61	0	90.2	4.3	5.5
44	7176922	744604	4.33	3.43	2.12	0.60	1.87	0	74	12.8	13.2
45	7177249	744349	4.91	3.84	2.39	0.54	0.66	0	55	24.1	20.9
46	7177519	744092	4.07	3.11	2.09	0.67	1.94	0	77.7	9.1	13.2
47	7177844	743897	4.46	3.68	2.09	0.53	1.18	0	61.5	26.2	12.3
48	7178115	743650	3.90	2.55	2.55	0.67	2.36	0	78.7	6.7	14.6
49	7178440	743455	3.82	2.58	2.66	0.59	0.95	0	72.5	14.5	13
50	7178698	743269	5.70	5.78	2.27	-0.61	0.65	0	30.3	48.48	21.21

**PARANAGUÁ - 1966**

PT	Longitude	Latitude	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
51	7178969	743012	6.59	7.04	2.03	-0.35	0.79	0.00	15.05	46.77	38.18
52	7179171	742885	7.43	8.07	1.51	-0.62	0.88	0.00	3.00	43.50	53.50
53	7176179	742831	3.11	3.04	1.32	0.41	2.02	0.00	84.92	9.55	5.53
54	7176367	742834	2.93	2.75	1.31	0.55	2.33	0.00	87.90	6.80	5.30
55	7176633	742839	4.85	3.69	2.27	0.61	0.99	0.00	64.20	19.40	16.40
56	7176822	742842	4.41	3.54	2.13	0.57	1.46	0.00	69.00	17.80	13.20
57	7177088	742847	2.85	2.69	1.01	0.52	2.11	0.00	90.50	6.40	3.10
58	7177342	742852	4.95	3.85	2.25	0.58	0.83	0.00	56.00	27.20	16.80
59	7177542	742855	4.53	4.03	1.71	0.39	0.93	0.00	49.45	47.80	2.75
60	7177797	742860	4.53	3.37	2.34	0.63	1.34	0.00	70.80	13.70	15.50
61	7178063	742865	4.41	3.26	2.33	0.64	1.20	0.00	67.00	18.10	14.90
62	7178251	742868	4.26	2.92	2.66	0.60	0.86	0.00	64.60	19.40	16.00
63	7178517	742873	4.31	3.60	2.75	0.31	0.62	0.00	54.10	32.90	13.00
64	7178706	742816	4.70	3.48	2.50	0.60	0.55	0.00	59.00	18.80	22.20
65	7178974	742751	7.18	7.67	1.60	-0.47	0.82	0.00	5.50	52.00	42.50
66	7179173	742754	7.02	7.31	1.55	-0.28	0.72	0.00	0.00	61.00	39.00
67	7181343	744685	3.54	2.77	3.73	0.22	0.57	8.50	46.70	22.80	22.00
68	7181091	744550	4.44	3.90	2.84	0.21	0.69	0.00	51.50	33.50	15.00
69	7180894	744415	4.77	3.96	2.25	0.46	0.65	0.00	50.91	36.64	12.45
70	7180697	744281	7.22	7.49	1.41	-0.31	0.80	0.00	1.10	58.90	40.00
71	7180443	744206	6.69	7.21	1.78	-0.25	0.66	0.00	7.00	58.00	35.00
72	7180247	744011	6.40	6.50	1.61	-0.69	0.72	0.00	4.85	76.65	18.50
73	7180129	743818	6.56	6.77	1.98	-0.24	0.80	0.00	9.89	57.14	32.97
74	7179615	743426	2.56	2.02	3.69	0.25	0.61	27.00	41.00	20.50	11.50
75	7179418	743282	6.25	6.43	2.05	-0.14	0.71	0.00	18.20	51.10	30.70
76	7179289	743088	7.21	7.43	1.38	-0.27	0.77	0.00	0.35	60.15	39.50
77	7182007	740471	7.38	7.63	1.28	-0.31	0.76	0.00	2.30	54.10	43.60
78	7181868	740791	7.58	7.73	1.05	-0.25	0.81	0.00	0.15	57.15	42.70
79	7181678	740918	3.46	2.85	1.76	0.65	1.68	0.00	76.00	16.20	7.80
80	7181477	740975	4.44	3.04	2.73	0.59	0.58	0.00	61.00	16.00	23.00
81	7181275	741102	4.35	3.39	2.84	0.40	0.64	0.00	58.00	23.80	18.20
82	7181083	741300	3.46	2.69	2.33	0.52	1.08	0.00	69.50	20.50	10.00
83	7180948	741428	6.64	7.07	1.92	-0.33	0.72	0.00	12.80	51.20	36.00
84	7180745	741616	4.82	3.92	2.57	0.41	0.62	0.00	51.00	27.00	22.00
85	7180555	741743	4.65	3.80	2.55	0.39	0.70	0.00	52.50	31.70	15.80
86	7180353	741870	5.50	5.56	2.53	-0.34	0.53	0.00	38.60	31.90	29.50
87	7180162	741997	5.24	4.89	2.51	0.17	0.53	0.00	42.30	31.70	26.00
88	7179959	742185	5.53	5.38	2.45	0.59	0.54	0.00	40.00	29.00	31.00
90	7179632	742501	7.41	7.88	1.49	-0.53	0.95	0.00	16.00	42.00	42.00
91	7179497	742629	7.00	7.15	1.41	-0.19	0.80	0.00	5.10	46.90	48.00
92	7176514	738371	6.66	6.96	1.82	-0.25	0.68	0.00	1.20	70.80	28.00
93	7177208	739862	6.83	7.55	1.96	-0.52	0.78	0.00	8.60	56.40	35.00
94	7177907	740458	6.21	6.52	2.18	-0.23	0.68	0.00	13.10	43.90	43.00
95	7178683	741055	6.83	7.11	1.61	-0.18	0.73	0.00	20.50	47.50	32.00
96	7179381	741651	5.03	3.96	2.27	0.55	0.74	0.00	3.50	63.50	33.00
97	7180159	742189	4.13	3.31	2.15	0.56	1.28	0.00	51.50	29.50	19.00
98	7180858	742724	3.83	3.67	3.62	0.19	1.07	0.00	68.00	19.60	12.40
99	7177373	737461	4.71	3.76	1.99	0.63	1.50	10.30	48.20	25.00	16.50
100	7177767	737729	3.01	2.65	1.91	0.46	1.95	0.00	62.50	24.00	13.50

PARANAGUÁ - 1966											
PT	Longitude	Latitude	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
101	7178150	737998	3.60	2.83	3.10	0.30	1.19	0.70	81.20	7.80	10.30
102	7178402	738193	2.84	1.60	3.59	0.42	0.74	1.80	69.70	14.30	14.20
103	7178729	738461	5.36	4.59	2.25	0.37	0.65	8.79	58.04	18.50	14.67
104	7179115	738598	4.22	2.69	2.70	0.67	1.38	0.00	39.24	38.43	22.33
105	7179433	738795	2.46	2.17	2.04	0.39	2.01	0.00	74.00	8.20	17.80
106	7179816	739064	7.07	7.27	1.49	-0.28	0.98	0.00	83.20	8.70	8.10
107	7180145	739261	7.08	7.44	1.62	-0.37	0.80	0.00	5.24	64.52	30.24
115	7180122	736795	4.83	4.67	2.93	0.25	0.64	2.30	51.70	23.00	23.00
116	7180308	736929	1.26	1.22	1.66	0.36	2.46	0.00	46.00	33.00	21.00
117	7180505	737064	1.98	1.83	1.78	0.37	1.93	0.00	92.60	2.80	4.60
118	7180824	737200	7.49	8.03	1.50	-0.60	1.04	0.00	88.30	7.15	4.55
135	7180232	734322	7.14	7.67	1.65	-0.48	0.80	0.00	38.00	39.00	23.00
136	7180358	734073	6.77	7.07	1.78	-0.28	0.74	0.00	4.90	61.10	34.00
137	7180498	733683	6.85	7.13	1.68	-0.26	0.71	0.00	5.90	49.10	45.00
138	7180565	733684	6.88	6.89	1.54	-0.81	0.70	0.00	9.10	53.90	37.00

**ANTONINA 1966**

PT	Longitude	Latitude	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
108	7180461	739528	5.58	6.29	2.71	-0.34	0.60	0.00	5.80	52.70	41.50
109	7180846	739736	2.45	2.18	1.90	0.43	2.15	0.00	32.00	43.50	24.50
110	7181173	739993	4.25	3.21	2.89	0.41	0.61	0.00	84.00	8.60	7.40
111	7181557	740262	2.80	2.64	1.48	0.45	2.64	0.00	57.50	24.70	17.80
112	7181941	740470	6.35	6.53	1.58	-0.21	1.13	0.00	89.20	4.00	6.80
113	7179607	736464	5.40	6.10	2.91	-0.33	0.60	0.00	8.20	80.30	11.50
114	7179858	736660	4.09	3.30	3.33	0.24	0.60	0.00	37.86	36.16	25.97
119	7181088	737336	6.79	6.82	1.22	-0.90	1.15	0.00	6.00	42.50	51.50
120	7181274	737470	6.87	7.03	1.45	-0.19	0.92	0.00	2.99	83.01	14.00
121	7177450	736879	5.91	5.71	2.10	0.10	0.56	0.00	3.50	73.50	23.00
122	7177328	736877	5.45	5.00	2.47	0.15	0.64	0.00	27.00	43.00	30.00
123	7177196	736804	5.33	5.00	2.61	1.00	0.61	0.00	34.00	38.00	28.00
124	7177855	735910	7.00	7.35	1.62	-0.34	0.74	0.28	37.92	32.00	29.80
125	7177922	735841	6.13	7.54	2.97	-0.68	1.02	0.00	4.80	56.20	39.00
126	7177991	735721	6.96	7.14	1.57	-0.23	0.78	1.30	22.80	31.90	44.00
127	7178709	735855	1.29	0.82	2.69	0.41	1.46	0.00	4.90	60.10	35.00
129	7179531	736392	3.48	2.52	2.82	0.40	0.73	12.00	72.80	5.70	9.50
130	7179679	736134	5.95	5.98	2.19	-0.53	0.60	0.00	2.10	46.70	51.20
131	7179807	735814	5.15	4.75	2.73	0.97	0.71	0.83	66.67	26.08	6.42
132	7179879	735493	6.09	6.58	2.35	-0.29	0.62	0.00	27.00	45.00	28.00
133	7180019	735103	5.31	4.67	2.32	0.31	0.63	0.81	40.19	35.00	24.00
134	7180092	734712	6.85	7.16	1.66	-0.28	0.72	0.00	26.50	38.50	35.00
139	7180756	734140	2.92	2.71	1.32	0.59	2.63	0.00	5.30	57.70	37.00
140	7180869	734665	3.96	3.14	2.13	0.57	1.19	0.00	2.70	61.30	36.00
141	7180994	735120	3.87	3.35	3.56	0.16	0.55	0.00	87.00	7.40	5.60
142	7181119	735575	3.18	2.55	2.61	0.38	1.07	0.00	68.40	20.10	11.50
143	7181244	736030	7.53	7.75	1.15	-0.32	0.82	2.13	53.94	19.47	24.47
144	7181358	736495	7.30	7.81	1.67	-0.55	1.09	0.00	69.50	20.85	9.65
145	7181483	736950	6.61	6.57	1.12	-0.79	1.43	0.00	0.84	55.16	44.00
146	7181622	736560	7.35	7.43	1.18	-0.17	0.86	0.00	9.00	44.60	46.40
147	7181700	735908	6.58	7.50	2.20	-0.55	0.65	0.00	4.20	86.80	9.00
148	7182035	735139	6.22	7.20	2.46	-0.50	0.60	0.00	0.90	65.30	33.80
149	7182182	734356	3.68	2.47	3.08	0.47	0.95	0.00	21.00	36.00	43.00
150	7182193	733713	3.66	2.50	3.39	0.39	0.65	0.00	26.00	32.00	42.00
151	7182328	733001	3.88	2.94	2.90	0.39	0.79	0.00	70.10	14.50	15.40
152	7182670	736257	7.29	7.42	1.25	-0.25	1.11	0.68	63.12	16.70	19.50
153	7182608	735994	7.12	7.11	1.44	-0.95	0.79	0.49	60.01	26.10	13.40
154	7182564	734695	6.77	6.86	1.70	-0.13	0.67	0.00	2.10	70.40	27.50
155	7182571	734303	3.36	2.13	3.36	0.43	0.88	0.00	3.10	50.90	46.00
156	7182515	733718	6.77	7.00	1.72	-0.23	0.75	0.00	5.50	52.70	41.80
157	7182454	733395	6.78	6.89	1.66	-0.15	0.72	3.80	68.20	12.50	15.50
158	7183475	734580	7.64	8.07	1.59	-0.62	1.47	0.00	7.25	58.75	34.00
159	7183413	734318	1.72	1.66	1.25	0.22	1.49	0.00	5.50	58.70	35.80
160	7183420	733925	6.59	6.68	1.68	-0.12	0.80	0.00	7.20	38.80	54.00
161	7183359	733602	5.76	6.71	2.81	-0.44	0.56	0.00	93.50	3.80	2.70
162	7183297	733339	6.56	7.57	2.32	-0.60	0.79	0.00	7.50	67.50	25.00
163	7183304	732947	7.71	8.13	1.21	-0.56	0.96	0.00	37.10	26.90	36.00

**ANTONINA 1966**

PT	Longitude	Latitude	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
164	7183251	732815	7.56	7.92	1.30	-0.48	0.97	0.00	19.60	35.40	45.00
165	7184511	731086	7.53	7.80	1.19	-0.36	0.78	0.00	2.80	39.90	57.30
166	7184439	731407	1.58	1.15	2.10	0.51	2.38	0.00	1.20	50.60	48.20
167	7184366	731798	7.30	7.70	1.65	-0.49	1.20	0.00	0.30	53.20	46.50
168	7184361	732060	5.92	7.20	2.83	-0.59	0.60	0.00	85.00	9.60	5.40
169	7184299	732451	5.32	5.61	2.84	-0.14	0.54	0.00	8.00	49.00	43.00
170	7184292	732833	3.67	2.55	3.44	0.36	0.66	0.00	31.00	35.00	34.00
171	7184286	733165	7.01	7.66	1.91	-0.55	1.08	0.00	43.00	24.00	33.00
172	7184213	733547	1.76	1.83	1.93	0.18	2.18	4.06	61.94	14.20	19.80
173	7184208	733879	3.71	2.64	2.53	0.58	1.00	0.00	10.60	45.00	44.40
174	7184135	734199	7.70	8.06	1.11	-0.48	0.87	2.05	87.55	4.70	5.70
175	7184129	734592	5.80	6.83	2.40	-0.58	0.81	0.00	70.00	17.80	12.20
176	7184644	731089	7.20	7.15	1.21	-0.17	0.77	0.00	0.10	46.90	53.00
177	7184770	731483	6.78	6.71	1.19	-0.45	1.42	0.00	26.50	64.00	9.50
178	7184818	731937	4.12	2.90	3.00	0.47	0.64	0.00	0.20	66.80	33.00
179	7184944	732332	3.99	2.58	3.06	0.53	0.63	0.00	4.90	83.90	11.20
180	7185068	732847	5.77	6.70	2.80	-0.44	0.58	0.00	60.60	19.40	20.00
181	7185127	733240	7.26	7.46	1.30	-0.24	0.75	0.00	66.20	12.80	21.00
182	7185185	733765	7.10	7.32	1.78	-0.37	1.27	0.00	31.50	32.70	35.80
183	7185182	733956	7.66	8.09	1.36	-0.58	1.16	0.00	2.40	58.40	39.20
184	7185177	730383	2.95	1.14	3.86	0.54	0.50	0.30	7.70	56.80	35.20
185	7185303	730778	2.40	1.80	2.47	0.45	1.43	0.00	4.60	40.40	55.00
186	7185417	731233	4.77	4.00	2.73	0.30	0.63	9.80	50.20	11.00	29.00
187	7185476	731687	4.76	4.00	2.83	0.27	0.58	0.00	80.80	10.90	8.30
188	7185605	731890	4.99	4.35	2.65	0.25	0.62	0.00	50.00	28.00	22.00
189	7185797	732346	3.98	2.88	3.02	0.42	0.73	0.00	50.00	25.00	25.00
190	7185849	732538	4.14	2.89	2.63	0.58	1.17	0.00	46.50	30.00	23.50
191	7185908	732992	7.08	7.25	1.06	-0.27	1.18	0.00	63.00	21.00	16.00
192	7185764	730393	6.87	7.85	2.31	-0.69	1.28	0.00	70.50	14.50	15.00
193	7185881	730657	1.95	1.77	1.88	0.33	1.60	0.00	0.85	85.65	13.50
194	7186007	731112	3.30	2.05	3.09	0.51	0.79	0.00	15.70	36.80	47.50
195	7186133	731507	4.50	3.97	3.05	0.18	0.59	0.00	87.90	8.55	3.55
196	7186380	731964	5.69	6.83	2.43	-0.65	1.16	0.47	65.73	20.50	13.30
197	7186571	732420	5.77	6.37	2.70	-0.32	0.59	0.00	50.30	26.70	23.00
198	7186763	732876	6.54	6.63	1.77	-0.10	0.67	0.00	23.00	71.50	5.50
199	7187103	731785	7.24	7.42	1.33	-0.36	1.76	0.00	36.50	27.50	36.00
200	7186955	732688	4.71	3.82	2.69	0.36	0.64	0.00	6.50	62.80	30.70
201	7186852	730935	2.74	1.52	2.90	0.56	1.06	0.00	8.60	70.40	21.00
202	7186738	730470	5.93	7.26	2.95	-0.63	0.70	0.00	53.00	26.80	20.20
203	7186677	730147	6.31	6.71	2.04	-0.26	0.64	0.95	74.05	17.20	7.80
204	7187774	730820	3.78	2.69	2.95	0.44	0.85	1.80	28.20	37.00	33.00
205	7187579	730555	1.92	1.50	2.06	0.51	1.95	0.00	20.10	50.90	29.00
206	7187385	730230	1.99	2.21	1.59	0.26	1.48	0.95	65.05	19.00	15.00
207	7187199	730096	7.17	7.54	1.57	-0.41	0.91	0.00	85.00	9.50	5.50
208	7187340	728991	4.91	4.46	2.79	0.98	0.81	0.00	90.60	5.80	3.60
209	7187537	729125	2.88	1.99	2.19	0.65	1.18	0.00	5.90	52.90	41.20
210	7187733	729320	2.73	2.60	1.22	0.55	3.72	1.23	43.57	38.20	17.00
211	7188051	729517	6.17	6.81	2.34	-0.36	0.59	0.25	74.50	18.21	7.04
212	7188248	729651	2.17	1.43	2.31	0.58	1.37	0.00	89.50	5.50	5.00
213	7188501	729786	4.40	3.63	2.98	0.27	0.62	0.00	28.00	36.20	35.80
214	7187679	728604	7.05	7.35	1.57	-0.32	0.76	0.24	79.76	14.20	5.80

**ANTONINA 1966**

<b>PT</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>	<b>% Cascalho</b>	<b>% Areia</b>	<b>% Silte</b>	<b>% Argila</b>
215	7187548	728471	5.75	7.15	2.96	-0.58	0.50	0.65	53.35	26.50	19.50
216	7187417	728338	2.56	0.68	3.86	0.57	0.63	0.00	4.10	56.90	39.00
217	7187170	727881	6.88	7.17	1.21	-0.52	1.38	0.00	33.00	28.00	39.00
218	7188015	727704	1.97	1.96	2.05	0.13	1.38	16.00	47.00	21.00	16.00
219	7188151	727575	1.56	1.00	2.21	0.55	2.19	0.00	6.40	88.60	5.00
220	7188832	729208	5.55	5.55	2.52	-0.41	0.60	3.30	82.70	10.95	3.05
221	7188711	729145	4.55	3.85	2.52	0.33	0.98	2.40	83.00	9.20	5.40
222	7188512	729142	2.45	1.93	2.51	0.39	1.13	0.00	36.50	35.70	27.80
223	7188926	727589	7.34	7.68	1.39	-0.40	0.84	0.00	53.00	31.50	15.50
224	7188922	727850	6.14	7.58	2.94	-0.68	0.73	0.00	76.00	17.60	6.40
225	7188915	728233	3.25	2.32	2.82	0.45	0.82	0.00	0.85	55.15	44.00

**PARANAGUÁ - 1995**

PT	LONG	LAT	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% CaCO3	% MAT. ORG.
1	749088	7182335	4.31	3.58	2.02	0.49	0.76	0.00	64.26	30.20	5.54	2.55	6.07
2	749163	7181873	2.18	2.25	0.73	-0.03	1.01	0.00	96.50	2.00	1.50	4.22	2.02
3	749157	7181565	3.95	3.76	1.57	0.23	0.69	0.00	53.41	42.09	4.51	5.29	6.55
4	749207	7181195	4.78	3.79	2.44	0.50	0.70	0.00	53.26	28.15	18.60	6.60	7.23
5	749225	7180732	4.67	5.04	1.59	-0.16	1.09	0.00	40.34	53.14	6.52	7.06	7.86
6	749264	7179808	3.74	2.91	1.89	0.51	0.73	0.00	66.44	31.05	2.50	7.26	5.19
7	749229	7179409	4.33	3.80	1.75	0.39	0.70	0.00	57.02	41.47	1.52	0.27	7.89
8	749248	7178946	3.50	3.50	0.75	0.18	2.19	0.16	88.24	8.06	3.53	9.33	14.70
9	749297	7178606	3.71	3.32	1.64	0.28	0.80	0.35	65.03	31.11	3.51	4.79	5.79
10	749628	7178293	4.15	3.56	1.68	0.48	1.47	0.00	71.36	26.13	2.51	0.65	4.88
11	749842	7177827	4.04	3.73	1.61	0.40	1.16	0.11	61.19	33.17	5.53	7.39	4.76
12	750168	7177358	5.19	5.37	1.44	-0.03	1.44	0.00	19.47	73.03	7.50	9.57	19.22
13	747241	7182246	3.92	3.44	1.99	0.38	1.18	0.00	69.32	25.15	5.53	15.79	14.83
14	747230	7181662	4.83	3.85	2.71	0.40	0.54	0.00	52.42	17.30	30.28	9.93	6.07
15	747220	7181138	4.99	5.30	1.44	-0.11	1.49	0.00	21.49	64.01	14.50	1.60	13.51
16	747199	7180000	5.83	6.21	1.68	-0.42	1.27	0.00	14.02	82.41	3.56	7.07	14.28
17	747216	7179353	3.81	3.33	1.67	0.49	1.72	0.00	76.35	21.14	2.52	4.69	7.01
18	747372	7178735	4.01	3.47	1.74	0.53	2.80	0.00	79.90	13.57	6.53	5.54	3.74
19	747475	7178240	3.95	3.61	1.43	0.33	0.71	0.00	64.26	32.49	3.25	5.58	7.31
20	747580	7177900	2.82	2.68	1.15	0.28	1.41	0.00	86.97	10.02	3.01	4.02	1.16
21	747686	7177590	2.52	2.37	2.26	0.24	1.46	1.59	76.26	13.78	8.37	5.99	1.15
22	745422	7176030	2.39	2.47	1.25	-0.18	1.82	10.59	83.90	4.01	1.50	9.27	1.23
23	745376	7176585	3.19	2.87	1.59	0.51	1.99	0.00	82.44	11.04	6.52	13.35	12.54
24	745554	7177106	2.84	2.70	1.19	0.52	2.51	0.00	92.45	3.02	4.53	5.20	3.29
25	745508	7177661	3.57	3.21	1.64	0.51	1.96	0.00	79.44	13.04	7.52	8.45	4.95
26	745545	7178183	3.23	2.59	1.82	0.48	1.04	0.00	74.45	24.05	1.50	9.91	6.93
27	745556	7178768	5.87	6.22	1.28	-0.25	1.11	0.00	5.99	86.13	7.88	6.46	15.53
28	745511	7179323	4.31	4.34	1.27	-0.08	0.69	0.00	47.19	51.28	1.54	9.25	10.49
29	745550	7179969	4.59	5.19	1.64	-0.32	1.02	0.00	29.07	66.34	4.59	2.95	13.49
30	745533	7180523	5.29	5.41	1.15	-0.02	2.58	0.00	7.97	81.11	10.92	10.41	21.80
31	745570	7181046	1.72	1.68	2.31	0.22	1.54	4.79	83.68	6.02	5.52	11.67	5.88
32	745552	7181539	4.66	5.19	1.70	-0.23	1.23	0.00	28.75	61.65	9.60	5.61	12.99
33	745534	7182124	4.72	4.52	2.02	0.17	0.68	0.00	45.32	49.16	5.52	5.03	10.86
34	742434	7182242	3.88	5.15	2.31	-0.67	0.66	1.11	40.32	55.06	3.50	17.16	12.15
35	742394	7181566	6.12	6.31	1.10	-0.13	1.43	0.00	0.57	88.38	11.05	23.83	23.47
36	742412	7181011	5.83	6.21	1.34	-0.31	1.28	0.00	11.37	82.12	6.51	17.21	13.76
37	742374	7180489	3.40	2.76	1.58	0.54	1.04	0.00	73.42	24.07	2.51	5.99	22.92
38	742364	7179935	2.97	2.62	1.53	0.57	3.23	0.00	83.43	11.04	5.52	10.12	8.30
39	742354	7179381	4.42	4.73	1.68	-0.08	0.98	0.00	44.09	50.37	5.54	9.98	12.64
40	742370	7178733	5.62	6.20	1.62	-0.44	1.02	0.00	17.70	76.67	5.62	12.36	12.64
41	742390	7178333	2.63	2.50	1.33	0.35	2.27	0.00	86.71	9.84	3.45	5.71	6.69
42	742297	7177811	4.50	3.63	2.11	0.56	1.13	0.00	65.33	24.12	10.55	7.50	7.18
43	742316	7177257	2.34	1.93	2.26	0.24	0.97	3.40	75.06	21.04	0.50	8.56	4.58
44	742255	7177043	3.33	2.84	1.41	0.49	1.29	0.18	78.82	18.44	2.56	11.52	3.96
45	740070	7176651	3.48	3.02	1.36	0.44	1.18	0.00	78.53	20.97	0.50	4.62	6.02

**PARANAGUÁ - 1995**

PT	LONG	LAT	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% CaCO3	% MAT. ORG.
46	740163	7177173	3.15	3.24	1.31	0.12	2.06	0.00	87.67	7.89	4.44	8.46	5.37
47	740116	7177697	3.92	3.25	2.11	0.48	1.27	0.19	70.25	19.04	10.52	7.97	7.27
48	740126	7178251	4.11	3.83	1.66	0.35	1.09	0.00	56.12	38.33	5.55	5.26	10.55
49	740190	7178712	3.36	2.79	1.48	0.57	1.45	0.00	80.61	16.77	2.62	6.02	5.10
50	740144	7179298	4.74	5.39	2.24	-0.29	0.77	0.17	32.12	60.18	7.52	8.54	12.99
51	740211	7179881	5.05	5.76	1.80	-0.49	0.61	0.83	33.10	63.58	2.48	4.27	15.57
52	740138	7180436	3.40	2.84	2.09	0.41	0.71	0.30	58.06	37.13	4.52	7.66	6.96
53	740147	7180960	3.43	2.77	2.36	0.41	0.79	0.04	61.36	33.08	5.51	7.96	8.49
54	740069	7181331	2.51	2.51	0.90	0.25	2.69	0.00	92.46	5.03	2.52	3.33	2.46
55	729070	7188542	2.01	1.65	1.95	0.39	1.42	1.11	83.33	13.05	2.51	7.37	0.74
56	734339	7181247	5.56	6.11	1.58	-0.37	1.05	0.00	19.76	73.51	6.73	4.28	19.32
57	739527	7176014	4.23	3.64	1.99	0.46	0.74	0.00	59.34	33.13	7.53	4.36	5.71
58	738956	7176917	3.60	3.34	1.83	0.33	2.38	1.24	79.91	10.19	8.66	11.19	4.51
59	737874	7177337	2.98	3.00	2.71	0.06	0.85	6.14	51.27	37.07	5.51	13.85	7.35
60	736980	7177352	2.21	1.72	2.27	0.28	0.92	8.89	69.58	21.04	0.50	6.09	1.37
61	736454	7177639	4.71	5.30	1.78	-0.41	2.52	0.72	17.04	76.63	5.62	13.85	13.25
62	735924	7166565	4.45	4.25	2.05	0.17	0.71	1.00	46.50	47.00	5.50	11.87	8.62

**ANTONINA-1995**

PT	LONG	LAT	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% CACO3	% MO
64	7181501	737390	2.68	2.36	2.45	0.21	1.11	2.04	73.42	22.07	2.51	34.75	14.8
65	7180857	737294	0.70	0.59	1.22	0.35	2.16	0.24	94.50	3.00	2.50	5.65	5.43
66	7180273	737228	3.85	2.97	1.86	0.60	0.71	0.00	63.20	33.27	3.53	5.27	6.29
67	7179811	737192	4.61	4.58	1.89	0.07	0.71	0.42	42.99	52.47	4.54	8.81	12.1
68	7179383	737044	2.96	2.73	1.33	0.17	0.85	0.22	73.28	25.21	1.51	9.99	7.93
69	7179996	733702	5.74	6.13	1.52	-0.36	1.19	0.00	10.76	82.69	6.56	0.98	15.3
70	7180480	734214	5.27	5.53	1.63	-0.10	0.83	0.51	27.54	65.68	6.78	8.84	8.4
71	7180931	734780	4.53	4.64	1.59	0.05	1.09	0.00	42.25	51.22	6.53	3.78	11.3
72	7181415	735292	4.44	4.98	1.87	-0.21	1.00	0.12	37.25	52.21	10.54	8.01	9.38
73	7181658	735492	2.39	1.79	2.74	0.37	0.87	2.28	69.37	25.11	5.52	2.4	4.52
74	7182145	735836	4.20	4.46	2.36	-0.03	0.74	0.00	47.22	43.23	9.55	7.39	7.92
75	7182536	736346	5.45	5.51	1.43	-0.04	2.02	0.00	11.97	80.48	7.55	3.35	12.6
76	7182898	736772	5.82	6.01	1.27	-0.16	1.32	0.00	7.70	85.66	6.64	4.73	14.8
77	7183495	734940	4.42	5.05	1.90	-0.29	0.92	0.18	36.93	56.52	6.56	3.05	3.85
78	7183281	734263	5.88	6.22	1.31	-0.31	1.35	0.00	7.73	85.57	6.70	1.71	13.6
79	7182951	733754	1.36	1.38	1.11	0.20	1.69	0.35	93.35	6.14	0.51	5.89	1.09
80	7182683	733218	5.77	5.77	1.29	0.01	1.59	0.00	8.26	83.03	8.71	6.34	16.5
81	7183713	732398	5.89	6.22	1.56	-0.39	1.87	0.19	9.50	83.00	7.50	7.55	10.5
82	7183981	732961	4.55	5.23	2.36	-0.27	0.74	0.25	36.19	55.27	8.54	5.41	8.31
83	7184491	733696	2.74	1.76	2.63	0.43	0.98	0.96	76.00	21.45	2.55	2.26	5.8
84	7185034	734321	5.72	6.11	1.64	-0.38	1.54	0.00	13.02	79.26	7.72	6.12	15.4
85	7178552	735326	1.97	1.35	2.41	0.49	1.50	1.73	81.48	12.52	6.01	6.35	2.5
86	7178494	735073	7.46	7.46	0.62	-0.33	2.11	0.00	47.34	46.14	6.52	12.58	10.9
87	7178898	734856	5.06	3.98	2.26	0.55	0.62	0.00	50.65	30.00	19.35	1.27	10.5
88	7178933	734662	1.39	1.32	1.64	0.18	1.29	2.96	89.59	10.10	0.51	6.94	2.64
89	7179336	734501	5.97	6.26	1.21	-0.26	1.45	0.00	5.79	86.81	7.40	12.34	15
90	7181377	733950	3.27	2.99	2.04	0.13	0.65	1.35	54.40	42.09	3.51	10.35	5.49
91	7181619	734206	6.13	6.88	1.97	-0.59	0.87	0.00	18.26	76.16	5.59	8.96	14.7
92	7181892	734462	5.12	5.72	1.76	-0.39	0.72	0.00	31.29	64.19	4.51	6.42	10.7
93	7182163	734830	1.40	1.25	2.09	0.32	1.64	1.73	86.48	10.02	3.51	6.6	6.81
94	7182343	735028	4.88	5.39	2.10	-0.22	0.77	0.00	33.66	56.57	9.77	7.27	8.11
95	7182648	735230	4.93	5.43	1.73	-0.37	0.64	0.00	31.37	65.12	3.51	21.79	11.5
96	7182830	735373	4.32	4.60	2.09	-0.19	0.60	0.39	43.37	55.12	1.50	14.74	8.78
97	7183076	735405	5.17	6.04	2.08	-0.46	1.08	0.00	24.38	67.11	8.51	12.47	10.4
98	7183285	735744	5.46	6.18	1.55	-0.66	0.90	2.51	20.32	77.18	2.51	18.4	10.8
99	7179772	734173	5.35	5.76	1.62	-0.31	1.02	0.00	20.61	74.78	4.61	7.95	9.92
100	7183836	736357	6.08	6.21	1.01	-0.09	1.36	0.00	1.75	91.57	6.69	6.84	16
101	7184346	735476	2.20	2.30	2.03	0.10	2.34	3.56	88.36	6.07	5.57	5.28	1.81
102	7185205	735135	1.45	1.40	1.91	0.26	2.44	2.43	87.80	8.49	3.71	4.87	5.35
103	7177565	733632	5.16	5.26	1.88	-0.04	0.82	0.00	33.18	60.28	6.53	1.68	13.7
104	7177843	733608	0.61	0.62	1.14	0.07	0.88	5.38	98.48	1.01	0.51	2.44	0.85
105	7178244	733560	1.07	1.08	1.11	0.10	1.31	0.52	95.50	2.00	2.50	1.01	1.51
106	7178554	733426	3.04	2.60	1.98	0.23	0.67	0.38	69.40	28.10	2.51	10.92	7.04
107	7178710	733317	2.58	2.45	1.32	0.25	2.09	1.83	85.38	12.10	2.52	2.51	3.85
108	7179572	736825	1.98	1.97	1.01	0.10	1.26	0.14	94.30	5.18	0.52	4.94	1.44
109	7179824	736466	3.92	3.64	1.78	0.37	0.96	0.44	58.28	35.18	6.53	5.12	8.52
110	7180048	736022	1.97	2.07	1.85	0.15	2.00	1.35	89.50	6.00	4.50	7.27	5.49

**ANTONINA-1995**

PT	LONG	LAT	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	% CaCO3	% MO
112	7181025	734726	4.89	5.10	1.78	-0.06	0.95	0.00	54.59	38.78	6.63	12.77	10.45
113	7187357	729945	2.02	1.80	1.31	0.24	1.24	0.00	38.04	55.42	6.55	5.31	2.91
114	7188004	729899	0.58	0.65	0.95	-0.06	0.77	0.94	88.62	11.38	0.00	3.46	0.52
115	7188298	729787	1.23	1.30	0.93	-0.06	1.12	6.69	100.00	0.00	0.00	2.39	2.04
116	7188583	729653	4.50	4.87	2.32	-0.14	0.78	0.56	97.50	2.50	0.00	4.84	8.19
117	7186975	730665	1.35	1.33	1.30	0.08	1.24	0.12	40.41	52.08	7.51	3.56	1.06
118	7187032	730973	3.43	3.25	2.39	0.16	0.83	1.87	95.00	4.00	1.00	2.85	4.96
119	7187213	731200	0.80	0.71	0.84	0.11	1.10	1.05	54.71	39.82	5.48	2.89	1.03
120	7187332	731454	2.15	2.24	1.38	0.13	2.01	1.89	96.73	2.62	0.65	6.06	4.19
121	7187482	731680	5.66	6.03	1.38	-0.52	1.03	0.00	89.32	9.15	1.53	8.22	14.91
122	7186781	732954	6.60	7.07	1.46	-0.37	0.74	0.00	12.46	84.04	3.50	8.31	14.08
123	7186636	732504	2.08	1.65	2.08	0.27	1.18	0.00	1.27	85.47	13.26	7.03	4.31
124	7186547	732279	3.09	2.61	1.95	0.36	1.44	5.60	80.34	17.14	2.52	3.53	3.89
125	7186277	731883	5.26	6.02	2.07	-0.47	1.01	1.63	75.30	22.18	2.52	5.14	3.86
126	7186008	731431	5.82	6.23	1.20	-0.58	1.10	0.00	25.41	69.08	5.51	11.52	11.11
127	7185800	730980	1.05	1.09	1.00	-0.04	1.06	0.33	10.32	86.21	3.46	2.89	0.76
128	7185652	730670	5.84	6.15	1.23	-0.20	1.06	1.93	98.27	0.00	1.73	8.11	37.40
129	7184373	731598	0.62	0.47	1.66	0.43	0.98	0.00	4.73	87.87	7.41	7.91	1.98
130	7184551	732021	4.53	4.52	2.02	0.07	0.73	17.06	86.45	6.03	0.50	6.44	8.62
131	7184822	732361	6.51	7.11	1.51	-0.54	0.82	0.00	46.37	48.12	5.51	8.09	14.00
132	7185153	732786	3.13	2.81	2.52	0.23	0.87	0.00	8.39	85.03	6.58	13.96	6.31
133	7185364	733097	2.38	2.10	1.67	0.34	1.41	1.05	59.46	34.04	6.51	9.35	3.52
134	7185605	733352	5.26	6.04	2.03	-0.48	1.15	0.13	83.98	16.02	0.00	3.87	6.88
135	7184791	734177	5.80	6.14	1.38	-0.23	1.05	0.37	23.41	69.18	7.41	10.57	9.81
136	7184221	733273	4.16	2.89	2.50	0.63	0.80	0.00	7.43	82.96	9.61	4.88	6.01
137	7187110	729940	0.41	0.45	0.86	-0.04	1.12	0.00	62.83	23.79	13.38	5.74	2.88
138	7187211	729522	0.35	0.43	1.31	0.20	3.27	4.42	100.00	0.00	0.00	6.40	0.70
139	7187248	729131	1.81	2.01	2.37	0.11	1.24	3.47	94.50	1.00	4.50	13.00	8.25
140	7187431	729191	2.94	2.65	1.40	0.63	3.49	7.25	85.03	10.32	4.65	2.75	2.36
141	7187196	728276	1.40	1.43	1.42	0.16	2.19	0.00	81.53	8.98	6.49	2.60	0.87
142	7187274	728349	4.67	5.26	1.39	-0.66	1.44	1.17	94.47	2.01	3.52	9.32	5.94
143	7188467	728034	2.61	2.42	1.63	0.42	2.38	0.00	20.23	79.26	0.51	2.74	2.97
144	7188496	728174	1.14	1.20	1.40	0.16	1.91	0.00	84.47	11.02	4.51	4.81	3.24
145	7188493	728341	1.02	1.04	1.53	0.21	1.79	1.64	92.30	5.14	2.57	3.33	1.55
146	7189805	728197	2.12	2.18	1.50	0.14	1.98	2.31	92.51	4.00	3.50	4.77	3.77
147	7189943	728474	0.49	0.49	0.82	0.01	1.29	1.06	89.47	7.02	3.51	3.35	0.72
148	7190846	728612	0.78	0.72	0.80	0.01	0.95	2.05	99.49	0.51	0.00	1.49	0.95
149	7191507	729075	-0.17	-0.45	0.55	0.98	0.56	1.01	100.00	0.00	0.00	1.12	0.67
150	7191507	728958	0.11	0.22	0.77	0.10	0.70	24.11	89.47	0.00	0.50	1.42	0.84
151	7191740	728470	2.46	1.65	2.87	0.43	0.99	11.40	97.00	0.99	0.49	5.67	4.52
152	7191684	728371	-0.47	-0.95	0.18	4.92	1.92	3.51	73.65	18.60	7.75	1.08	0.59
153	7189891	728323	0.24	0.23	0.87	0.16	0.71	47.79	88.64	0.00	1.49	1.23	1.21
154	7189459	728595	1.40	1.44	0.65	-0.04	1.45	8.19	100.00	0.00	0.00	2.56	0.84
155	7189269	729187	0.84	1.02	1.15	-0.11	0.96	0.28	97.98	1.52	0.51	1.30	1.17
156	7189654	729295	0.75	0.75	0.89	-0.10	0.97	5.75	97.42	1.03	1.55	2.82	0.76