

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOLOGIA SEDIMENTAR

Alexandre Luiz Souza Borba

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS, MORFODINÂMICOS E DA  
VULNERABILIDADE DAS PRAIAS DA PIEDADE, CANDEIAS E BARRA  
DAS JANGADAS - MUNICÍPIO DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Recife-PE-1999

ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA

Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco, 1994

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS, MORFODINÂMICOS E DA  
VULNERABILIDADE DAS PRAIAS DA PIEDADE, CANDEIAS E BARRA  
DAS JANGADAS - MUNICÍPIO DO JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE**

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, para obter o grau de Mestre em Geociências, Área de Concentração em Geologia Sedimentar, defendida e aprovada em 23 de fevereiro de 1999.

RECIFE – PE  
1999

**B726e**

**Borba, Alexandre Luiz Souza.**

Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e da vulnerabilidade das praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas – Municípios do Jaboatão dos Guararapes / Alexandre Luiz Souza Borba. - Recife: O Autor, 1999.

xvii, 130 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 1999.

Inclui bibliografia e Anexo.

1. Geociências. 2. Geologia Sedimentar. 3. Praias - Sedimentos. 4. Geologia Ambiental. I. Título.

**UFPE**

**551**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2008-018**

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS, MORFODINÂMICOS E DA VULNERABILIDADE DAS  
PRAIAS DA PIEDADE, CANDEIAS E BARRA DAS JANGADAS - MUNICÍPIO DO  
JABOATÃO DOS GUARARAPES-PE**

ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA

Aprovado:



Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Orientador) 23/02/1999



Prof. Dr. George Salander Sá Freire 23/02/1999



Prof. Dr. Mano Ferreira de Lima Filho 23/02/1999

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Aguinaldo e Maria José, à minha esposa  
Eliane e às minhas filhas Beatriz e Heloísa

A natureza leva milhares e milhares de anos para formar uma praia. O Homem necessita de muito menos do que isto para destruí-la.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta Dissertação foi elaborada com o apoio direto ou indireto de várias pessoas e instituições, sem as quais seria impossível conseguir concluí-la. Sendo assim, desejamos prestar os nossos sinceros agradecimentos.

Aos professores que integram a Pós-Graduação em Geociências, e à secretária Walmisa pela presteza e eficiência.

Ao Coordenador do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM), Prof. Valdir do Amaral Vaz Manso, pela orientação e cessão do espaço físico do mesmo.

Ao Prof. Mário Ferreira de Lima Filho, pelos esclarecimentos geológicos indispensáveis.

Ao Prof. Paulo da Nóbrega Coutinho, pelas sugestões e críticas.

Ao Prof. Alexandre Tadeu de Oliveira Lima, pelo auxílio indispensável nos trabalhos topográficos.

Ao amigo Marcos Henrique de Abreu Martins, pela revisão ortográfica do texto final, pelo incentivo e pelas sugestões.

À amiga Mariza Brandão Chávez, pela confecção dos mapas, pelo grande auxílio nos trabalhos computacionais e pelas sugestões.

Ao amigo Harlan Nycolas de Aguiar, pela ajuda nos trabalhos de computação e pelas críticas enriquecedoras.

Ao amigo Breno Galvão pela revisão ortográfica do texto.

Ao amigo Robson Xavier Duarte, pela ajuda nos trabalhos de campo e fotográficos.

Às estudantes Fabiana Campelo e Gabriela Borba Schneider, pela ajuda nas análises granulométricas.

Aos amigos que conquistamos ao longo de todas as jornadas que realizamos meu muito obrigado.

À minha família, em especial aos meus pais Aguinaldo e Maria José, à minha esposa Eliane e às minhas filhas Beatriz e Helóisa, pelo incentivo, amor e carinho transmitidos.

## RESUMO

O litoral do município do Jaboatão dos Guararapes, formado pelas prais da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas, localizado na faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, é caracterizado por depósitos sedimentares de origens distintas, ou seja, continentais, marinhos e/ou transicionais, representados pela Formação Barreiras, Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos, Flechas Arenosas, Planície Flúvio-Lagunar, Baixios de Maré, Recifes de Arenito de Praia, de Corais e de Algas, e os Depósitos de Praia Atual.

Através do monitoramento das características sedimentológicas, morfodinâmica e hidrodinâmicas e o estudo da vulnerabilidade da área de estudo, pôde-se constata a influência da intensa ocupação demográfica sobre o ambiente praial.

A análise dos perfis de praia mostrou que, em geral, o setor de pós-praia manteve-se em equilíbrio, com exceção dos perfis em que o mesmo foi totalmente ocupado impermeabilizado; o estirâncio apresentou-se com bastante variação dos estágios deposicionais e erosionais; enquanto que a antepraia praticamente não se modificou.

Os sedimentos apresentaram-se variando desde areia muito fina a areia média, compostos essencialmente por quartzo e componentes bióticos.

As características hidrodinâmicas indicaram que as ondas possuem uma altura média de 0,20 (perfil 6) a 0,90 m (perfil 1), com período médio de 6,4 (perfil 1) a 11,0 (perfil 6), enquanto que a corrente de deriva variou de 0,05 (perfil 5) a 0,31 m/s (perfil 1), com direção predominantemente de Sul para Norte, proporcionando um volume de sedimento transportado longitudinalmente da ordem de 56,11 a 2.345,79 m<sup>3</sup>/ dia. Concomitantemente, a largura média das praias variou de 11,70 a 63,0 m, com uma declividade média do estirâncio entre 3 e 7°, representando os aspectos morfodinâmico

De acordo com as características da linha de costa, da sedimentologia, das feições morfodinâmicas e hidrodinâmicas, além das intervenções antrópicas, a área foi subdividida em 7 células de vulnerabilidade ou de riscos costeiros, resultando nos graus baixo (células 1, 3 e 4), médio (células 2, 3 e 7) e alto (células 5, 6 e 7).

Palavras-chave: Geociências; Geologia Sedimentar; Praias - Sedimentos; Geologia Ambiental.



## **ABSTRACT**

The coast of the Jaboatão dos Guararapes district, which is comprised by the beaches Piedade, Candeias and Barra das Jangadas and located in the southern coast of Pernambuco state, is characterized by sedimentary deposits of distinct origins. They are respectively continental, marine and/or transitional sediments named as Barreiras Formation, Holocene and Pleistocene Marine Terraces, Sandy Arrows, Fluvial-Lagoon Plains, Tide Lowlands, Beach Rock Reefs, Algae Corals and Recent Beach Rocks.

This area is heavily populated and this aspect has induced changes in the beach environment, as this work has showed through a monitoring of the sedimentological, morphodynamic parameters, and the study of the area vulnerability.

The analysis of the beach profiles showed that the beach sector in general was kept in equilibrium, except the profiles in which the same is completely occupied and plastified; the foreshore showed a wide range in the depositional and erosional stages, while the fore beach did show only minor changes.

The sediments show a granulometric composition ranging from very fine grained sands to intermediate grained sands, and constituted by quartz and biotic components.

The hydrodynamic parameters show that the waves have a medium height ranging from 0.20 m (profile 6) to 0.90 m (profile 1), and an average period ranging from 6.4 (profile 1) to 11.0 (profile 6), while the drift current ranges from 0.05 m/s (profile 5) to 0.31 m/s (profile 1) with a trend from south to north. This current allows a sediment volume transportation ranging from 56.11 to 2345.79 cubic meters/day. The beach average width ranges from 11.70 m to 63.00 m, and an average declivity of the foreshore in the range 3 and 7 degrees, showing the morphodynamic aspects.

The study area has been divided into 5 cells of coastal risks or vulnerability, based on the characteristics of coast line, sedimentology, morphodynamic and hydrodynamic aspects and on the aspects of the anthropic interventions. The cells are low grade (Cells 1, 3 and 4), medium grade (Cells 2, 3 and 7) and high grade (Cells 5, 6 and 7).

Key-words: Geosciences; Sedimentary geology; Beaches - sediments; Environmental geology.

## SUMÁRIO

### AGRADECIMENTOS

### RESUMO

### ABSTRACT

### LISTA DE FIGURAS

viii

### LISTA DE FOTOGRAFIAS

xiii

### LISTA DE TABELAS

xv

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1

## CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

5

2.1 - Levantamentos Bibliográfico, Cartográfico e de Geoposicionamento

5

2.2 - Amostragem Sedimentológica

6

2.3 - Análise Granulométrica dos Sedimentos

7

2.3.1 - Parâmetros Estatísticos Granulométricos

7

2.3.2 - Estudos Morfoscópico e Composicional

8

2.4 - Levantamento Morfodinâmico

8

2.5 - Levantamento Hidrodinâmico

9

2.6 - Levantamento da Linha de Costa

9

2.7 - Levantamento Batimétrico da Plataforma Interna Loca

9

## CAPÍTULO 3 - GENERALIDADES SOBRE A ÁREA

11

3.1 – Clima

11

3.2 – Hidrografia

11

3.3 – Vegetação

11

3.4 – Solos

12

3.5 – Condições Oceanográficas

12

3.5.1 - Regime de Ondas e Atuação dos Ventos

12

3.5.2 - Correntes Litorâneas e o Transporte de Sedimentos

13

3.5.3 - Regime de Marés

14

3.5.4 - Salinidade e Temperatura

15

3.6 - Geologia e Geomorfologia da Costa

15

3.6.1 - Flutuações do Nível do Mar e a Sedimentação Quaternária

17

3.6.2 - Sedimentação Quaternária Costeira

18

3.6.3 - Aspectos Geológico-Geomorfológicos Locais

18

3.6.3.1 - Formação Barreiras

18

3.6.3.2 - Terraços Marinhos

19

3.6.3.3 - Flechas Arenosas	20
3.6.3.4 - Planície Flúvio-Lagunar	20
3.6.3.5 - Baixios de Maré	21
3.6.3.6 - Recifes de Arenito de Praia, de Corais e Algas	21
3.6.3.7 - Depósitos de Praia Atual	22
<b>CAPÍTULO 4 - AMBIENTE PRAIAL</b>	<b>25</b>
4.1 - A Origem e o Balanço do Material Sedimentar	27
4.2 - Variações Sazonais no Perfil Praial	29
4.3 - Análise dos Perfis de Praia	30
4.4 - Análise Granulométrica e a Aplicação dos Parâmetros Estatísticos Granulométricos	40
4.4.1 - Interpretações dos Parâmetros Estatísticos Granulométricos	47
4.4.1.1 - Descrição Sedimentológica dos Pontos de Coletas	49
4.4.2 - Morfoscopia e Composição dos Sedimentos	79
4.5 - Características Hidrodinâmicas e Morfodinâmicas Locais	86
4.6 - Classificação Morfodinâmica das Praias	94
4.7 - Transporte Longitudinal de Sedimentos na Área Estudada	96
4.8 - Plataforma Continental Interna Local	102
<b>CAPÍTULO 5 - VULNERABILIDADE DA ZONA COSTEIRA ESTUDADA</b>	<b>105</b>
5.1 - Vulnerabilidade das Praias	106
<b>CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>125</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO – MAPA SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE PRAIAL E DA VULNERABILIDADE DAS PRAIAS DA PIEDADE, CANDEIAS E BARRA DAS JANGADAS - PE</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área estudada.	2
Figura 2 - Mapa indicativo dos setores do litoral pernambucano sob o aspecto fisiográfico. (Fonte: COUTINHO <i>et al.</i> , 1994).	3
Figura 3 - Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos e dos perfis de praia.	6
Figura 4 - Mapa de localização e subdivisão da Bacia Pernambuco. (Fonte: LIMA FILHO, 1998).	16
Figura 5 - Mapa geológico-geomorfológico do Município do Jaboatão dos Guararapes.	23
Figura 6 - Perfil generalizado de uma praia, apresentando suas divisões e os principais elementos morfológicos (Fonte: DUARTE, 1997).	26
Figura 7 - Ganhos ou perdas de areia por parte das praias. Quando os ganhos excedem as perdas, a praia tende à progradação; o processo inverso ocasionará rebaixamento, aplainamento e posterior recuo da praia (BIRD, 1985).	28
Figura 8 - Variações sazonais do perfil de praia. (A) Situação de verão, caracterizada pelo engordamento do estirâncio e pós-praia pelas ondas de bom tempo, com aparecimento de uma berma (1). (B) Situação de inverno, caracterizada pela perda de material do estirâncio e da pós-praia pelas ondas mais fortes (ressacas) e acumulação do material em forma de uma berma submersa na antepraia. (Fonte: MANSO <i>et al.</i> , 1995).	30
Figura 9 - Equilíbrio dos estágios de praia em relação ao parâmetro $\Omega$ de Dean (BCL = banco e calha longitudinal; BPC = banco e praia de cúspides; BT = bancos transversais; TBM = terraço de baixa-mar). (Fonte: MANSO <i>et al.</i> , 1995).	31
Figura 10a - Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade - perfil P1junho a novembro de 1996;.	32
Figura 10b - Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade perfil P1 dezembro de 1996 a abril de 1997	33
Figura 11 - Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P1.	
Figura 12a - Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade - perfil P2 julho a dezembro de 1996	34
Figura 12b - Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade - perfil P2 janeiro a abril de 1997.	34
Figura 13 - Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P2.	35
Figura 14a – Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade - perfil P3 junho a novembro de 1996	36
Figura 14b – Conjunto de perfis realizados na praia da Piedade - perfil P3 dezembro de 1996 a abril de 1997.	36
Figura 15 - Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P3.	37
Figura 16 - Conjunto de perfis realizados na praia das Candeias - perfil P4 (julho de 1996 a fevereiro de 1997).	37

Figura 17 – Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P4.	38
Figura 18a - Conjunto de perfis realizados na praia das Candeias - perfil P5 junho a novembro de 1996	39
Figura 18b - Conjunto de perfis realizados na praia das Candeias - perfil P5 dezembro de 1996 a abril de 1997.	39
Figura 19 – Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P5.	40
Figura 20a - Conjunto de perfis realizados na praia da Barra das Jangadas - perfil P6 maio a outubro de 1996	41
Figura 20b - Conjunto de perfis realizados na praia da Barra das Jangadas - perfil P6 novembro de 1996 a abril de 1997.	41
Figura 21 – Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P6.	42
Figura 22 - Curvas de frequência simples, representando o comportamento dos graus de curtose e assimetria. As curvas A (mesocúrtica e simétrica) e B (leptocúrtica e simétrica) são mais selecionadas que a curva C (platicúrtica e simétrica); a curva D e E possuem assimetria negativa; e a curva F, assimetria positiva. (Fonte: SUGUIO, 1973).	46
Figura 23 - Relação entre a dinâmica de transporte de sedimentos e as populações definidas por pontos de truncamento em uma distribuição granulométrica. (Fonte: PONZI, 1995).	47
Figura 24 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de pós-praia.	59
Figura 25 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1, no setor de pós-praia.	60
Figura 26 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de praia.	60
Figura 27 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1, no setor de praia.	61
Figura 28 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de antepraia.	61
Figura 29 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1, no setor de antepraia.	62
Figura 30 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de pós-praia.	63
Figura 31 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2, no setor de pós-praia.	63
Figura 32 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de praia.	64
Figura 33 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2, no setor de praia.	64
Figura 34 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de antepraia.	65
Figura 35 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2, no setor de antepraia.	62
Figura 36 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P3, no setor de praia.	66

Figura 37 – Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P3, no setor de praia.	67
Figura 38 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P3, no setor de antepraia.	67
Figura 39 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P3, no setor de antepraia.	68
Figura 40 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P4, no setor de praia.	69
Figura 41 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P4, no setor de praia.	69
Figura 42 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P4, no setor de antepraia.	70
Figura 43 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P4, no setor de antepraia.	70
Figura 44 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P5, no setor de pós-praia.	71
Figura 45 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P5, no setor de pós-praia.	72
Figura 46 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P5, no setor de praia.	72
Figura 47 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P5, no setor de praia.	73
Figura 48 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P5, no setor de antepraia.	74
Figura 49 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P5, no setor de antepraia.	74
Figura 50 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de pós-praia.	75
Figura 51 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6, no setor de pós-praia.	75
Figura 52 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de praia.	76
Figura 53 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6, no setor de praia.	76
Figura 54 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no banco arenoso.	77
Figura 55 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6, no banco arenoso.	78
Figura 56 - Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de antepraia.	78
Figura 57 - Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6, no setor de antepraia.	79
Figura 58 - Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor de pós-praia, nos períodos de verão e inverno.	83

Figura 59 - Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor de praia, nos períodos de verão e inverno.	85
Figura 60 - Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor de antepraia, nos períodos de verão e inverno.	87
Figura 61 - Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do banco arenoso na praia da Barra das Jangadas, nos períodos de verão e inverno.	88
Figura 62 - Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre linhas de recifes: contínua (cima), com tendência de sedimentação na porção central; e descontínua (baixo), com retirada de sedimentos.	89
Figura 63 - Representação gráfica da altura média das ondas nas estações de coleta.	89
Figura 64 - Representação gráfica dos períodos médios das ondas nas estações de coleta.	91
Figura 65 - Gráfico da correlação linear da declividade média versus o tamanho médio dos grãos do estirâncio nas estações de coleta (P1 a P6).	91
Figura 66 - Variação de volume máximo estimado de areia transportada ao longo das estações de coleta.	101
Figura 67 – Mapa batimétrico de parte da plataforma continental interna da área estudada.(Fonte: COUTINHO <i>et al.</i> , 1997).	103





## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 – Imagem de satélite (SPOT – Pancromática) de 21/04/1996. mostrando toda a área estudada, com os seus limites norte e sul e as 7 células de vulnerabilidade.	107
Foto 2 – Trecho de praia retilíneo (Célula 1), caracterizado pela presença de uma pós-praia preservada, fixada por vegetação e apresentando, ainda, pequenas acumulações eólicas.	108
Foto 3 – Setor de pós-praia, à frente da Igreja de N. Sra. da Piedade, ocupado por enrocamento (final da Célula 2).	108
Foto 4 – Descontinuidade da primeira linha de recifes, ao longo da Célula 3, provocando um embaçamento na linha de costa (em primeiro plano).	109
Foto 5 – Vista parcial da Célula 3, onde se vê uma pós-praia preservada, ocupada apenas por coqueiros e pequenas acumulações de sedimentos eólicos fixadas por vegetação e um recuo das edificações em relação à escarpa de berma.	110
Foto 6 – Final da Célula 3, na praia da Piedade, marcado pelo encontro da linha de recifes com o continente.	111
Foto 7 – Exemplo de uma construção de concreto ocupando indiscriminadamente todo o setor de pós-praia e parte do estirâncio, junto ao balneário do SESC, no limite entre as Células 4 e 5.	111
Foto 8 – Descontinuidade nos recifes à frente da primeira grande concavidade da linha de costa na praia das Candeias, correspondendo à Célula 5.	112
Foto 9 – Enrocamento destruído pela ação direta das ondas de preamar.	113
Foto 10 – Exemplo de obra mal sucedida, na Célula 5 (praia das Candeias), no qual um “seawall” associado a rampas de acesso, ocupando a pós-praia e parte do estirâncio, apresenta destruição parcial, agravada pela retirada de areia de sua base, necessitando de pequenos enrocamentos para sua proteção.	114
Foto 11 - Mesmo local da foto anterior, mostrando a ultrapassagem das ondas na preamar.	114
Foto 12 – Outro trecho da Célula 5, com incidência frontal das ondas e arrebentação direta no “seawall”. Em primeiro plano, vê-se a retirada de sedimentos sob a rampa devido à percolação das águas.	115
Foto 13 – Linha de recifes em formação, na Célula 5, próximo ao limite com a Célula 6 (praia das Candeias).	115
Foto 14 – Vista parcial da Célula 6 (praia das Candeias), mostrando a pós-praia ocupada por edifícios com seus muros e rampas de contenção.	116
Foto 15 – Vestígios da base da antiga Igreja Nossa Senhora das Candeias, evidenciando o recuo da linha de costa na Célula 6.	116
Foto 16 – Muro de troncos de coqueiros na pós-praia, respeitando um recuo em relação à escarpa de berma, permitindo uma estabilidade no ambiente praial (perfil P5 – praia das Candeias).	117
Foto 17 – Posicionamento inadequado de uma construção, ocupando a pós-praia e parte do estirâncio superior (restaurante Candelária - praia das Candeias).	118

Foto 18 – Detalhe do enrocamento à frente da construção da foto anterior, que avança sobre o estirâncio superior.	118
Foto 19 – Detalhe de enrocamentos associados a gabiões, na praia das Candeias a sul do restaurante Candelária, demonstrando a ineficiência deste tipo de obra.	119
Foto 20 – Detalhe de uma pequena praia, a norte do perfil P6, praia da Barra das Jangadas, onde se vê o setor de pós-praia fixado por vegetação.	119
Foto 21 – Detalhe do banco arenoso no setor de antepraia do perfil P6 (praia da Barra das Jangadas).	120
Foto 22 – Vista aérea do mesmo local da foto anterior, mostrando o desenvolvimento dos bancos arenosos justapostos aos recifes algálicos.	120
Foto 23 – Vista aérea da Célula 7, podendo-se observar o estuário da Barra das Jangadas e, em primeiro plano, próximo ao perfil P6 (A), o impacto provocado pela construção inadequada de um restaurante avançando sobre o estirâncio, reduzindo o aporte de sedimentos a sul do mesmo e conseqüente recuo da linha de costa (B).	121
Foto 24 – Detalhe da foto anterior, onde se vê o avanço da construção sobre o setor praial e o enrocamento instalado para sua proteção.	122
Foto 25 – Vista aérea do final da Célula 7, destacando-se, em primeiro plano, uma sedimentação na praia do Paiva; o guia corrente construído na margem esquerda do estuário da Barra das Jangadas (centro); e a Lagoa Olho d'Água (ao fundo).	122
Foto 26 – Detalhe da praia formada a norte do guia corrente, na Célula 7, decorrente da implantação do mesmo, sendo caracterizada pelo desenvolvimento dos três setores do ambiente praial.	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correlação entre a morfologia, processos litorâneos e as estruturas sedimentares no ambiente praial. Fonte: MANSO et al., 1995.....	27
Tabela 2 – Escalas granulométricas comparativas de Wentworth, Atterberg e Bogomolov. (Fonte: Ponzi, 1995. Modificado).....	42
Tabela 3 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Agosto/1996.....	50
Tabela 4 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Setembro/1996.....	51
Tabela 5 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Outubro/1996.....	52
Tabela 6 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Novembro/1996.....	53
Tabela 7 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Dezembro/1996.....	54
Tabela 8 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Janeiro/1997.....	55
Tabela 9 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Fevereiro/1997.....	56
Tabela 10 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Março/1997.....	57
Tabela 11 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia, referentes ao mês de Abril/1997.....	58
Tabela 12 – Resultados, em percentagem, das análises morfooscópicas e composicional no período de verão.....	81
Tabela 13 – Resultados, em percentagem, das análises morfooscópicas e composicional no período de inverno.....	82
Tabela 14 – Parâmetros hidrodinâmicos e as respectivas características morfodinâmicas das estações de coleta.....	90
Tabela 15 – Classificação das praias estudadas, segundo o parâmetro de Dean, para os períodos de verão (V) e inverno (I).....	97
Tabela 16 – Estimativa dos cálculos de volume de areia transportado e velocidade média da corrente longitudinal nas estações de coleta.....	100



## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

As áreas costeiras constituem 1,6 % da superfície das terras emersas, estando ocupadas por cerca de 70 % da população mundial, sendo estas áreas as mais afetadas pelo homem (UNESCO, 1993), apresentando grande fragilidade e vulnerabilidade frente as intervenções antrópicas, decorrentes da complexidade de ambientes resultantes da interação terra-mar. O crescimento populacional nestas áreas, aliado à ausência de uma legislação objetiva, que controle a construção de edificações e obras de engenharia sem estudos prévios próximas ao mar, favorece a ocorrência de diversos casos em que o setor de pós-praia e até mesmo parte do setor de praia ou estirâncio encontram-se total ou parcialmente ocupados, provocando o desequilíbrio do ambiente praial, com a eliminação da fonte de reposição de areias transportadas pela deriva litorânea, além de prejudicar a balneabilidade das praias.

A costa do Estado de Pernambuco, possuindo cerca de 187 Km de extensão, apresenta um caráter transgressivo jovem, com predominância de estuários, devido principalmente ao aporte de sedimentos fluviais. A presença de mangues nos estuários é acentuada, como reflexo de uma costa com influência de marés. Outra característica marcante é a ausência quase que total de dunas ao longo da planície costeira, refletindo a falta de condições favoráveis à acumulação desses depósitos.

As praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas, litoral sul do Estado de Pernambuco, compreendem parte da faixa costeira que perfaz um total de aproximadamente 5,5 Km de extensão (Figura 1). Este trecho vem passando por sérios riscos de erosão marinha, em que o setor de pós-praia, em alguns pontos, encontra-se totalmente impermeabilizado pela ocupação de grandes edifícios, com seus muros de contenção, e muretas construídas pela Prefeitura Municipal sem nenhum estudo prévio. Segundo COUTINHO *et al.* (1994), estas praias encontram-se no Setor Médio do litoral pernambucano, que compreende a porção entre Olinda e o Cabo de Santo Agostinho (Figura 2).

No período de junho de 1996 a abril de 1997, foi realizado um projeto de monitoramento das condições morfodinâmicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM), da Universidade Federal de Pernambuco, por solicitação da Prefeitura Municipal do Jaboatão dos Guararapes - PE, do

qual o autor fez parte, para estudar as causas da erosão marinha nas praias da Piedade e Candeias e no Estuário da Barra das Jangadas.

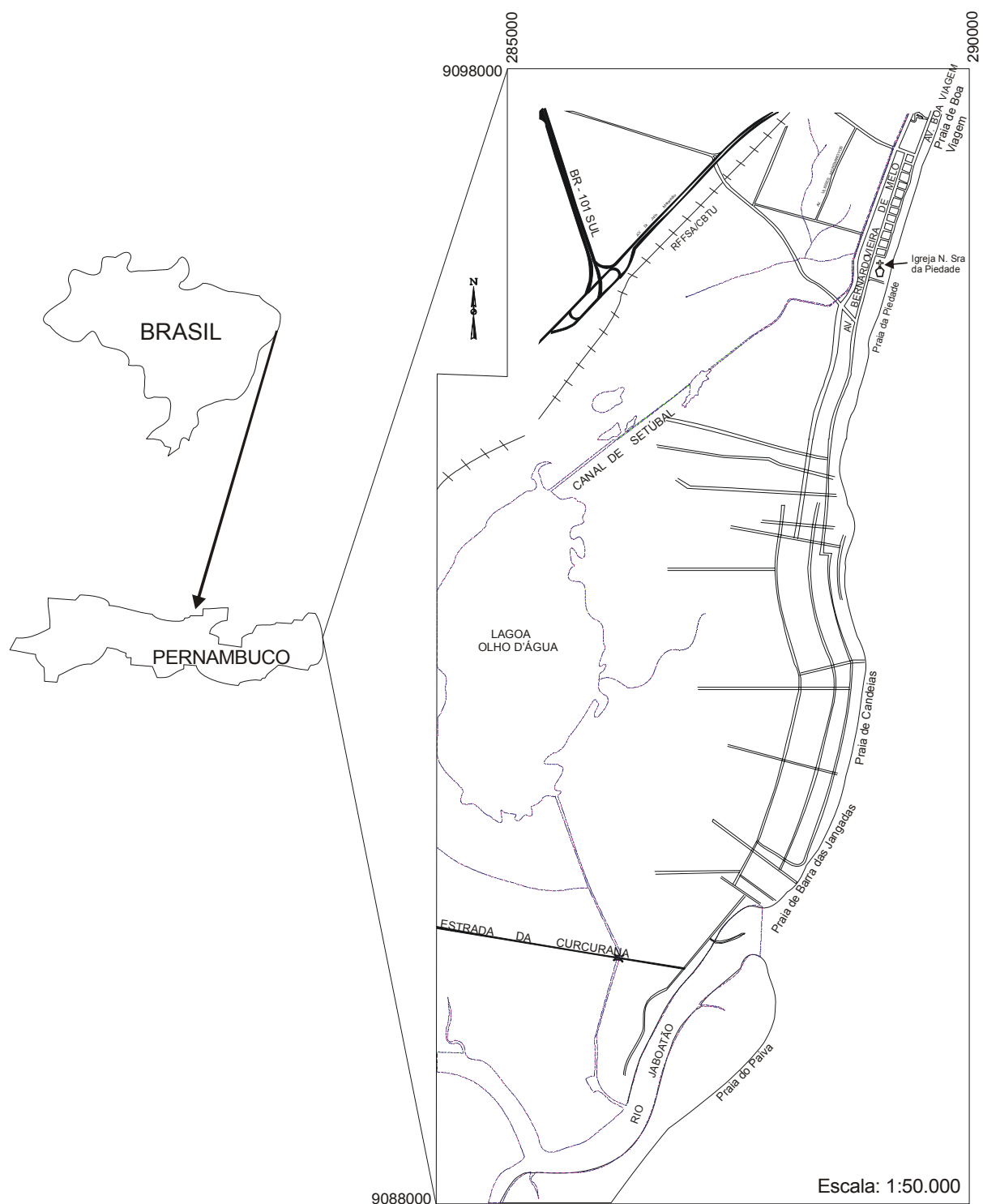


Figura 1 - Mapa de localização da área estudada.

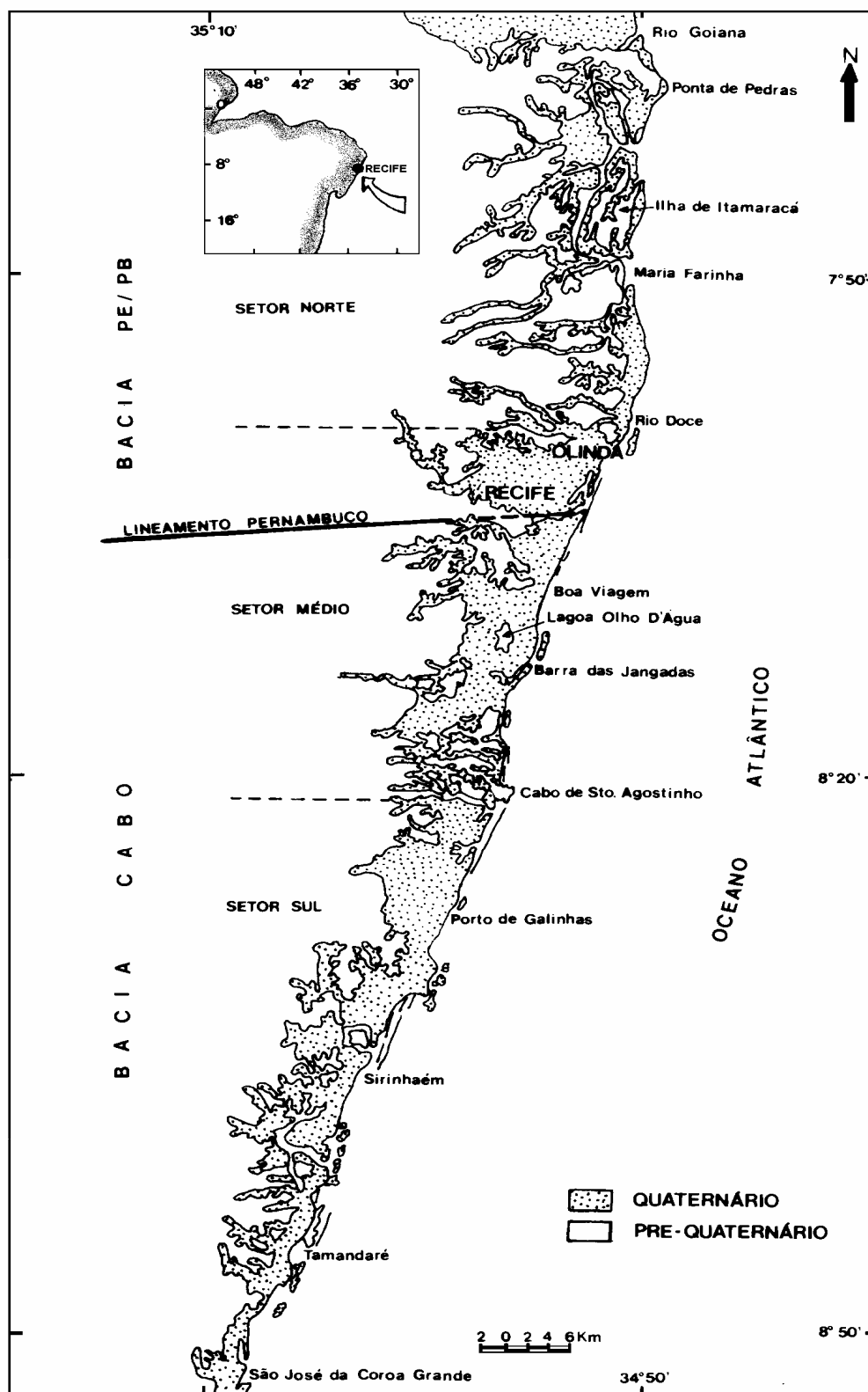


Figura 2 - Mapa indicativo dos setores do litoral pernambucano sob o aspecto fisiográfico. (Fonte: Coutinho *et al.*, 1994).

No presente trabalho, os resultados adquiridos neste projeto foram retrabalhados pelo autor, de forma isolada ou associados a novos dados, servindo de base para a confecção desta dissertação.

Foram realizados os levantamentos sedimentológicos, morfodinâmicos, hidrodinâmicos, da linha de costa, batimétricos e da vulnerabilidade, com o objetivo de conhecer a evolução da linha de costa, a morfologia das praias, a textura dos sedimentos, os parâmetros hidrodinâmicos atuantes, a morfologia do fundo e a vulnerabilidade das praias.



## **CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA**

Inicialmente, foram realizados os levantamentos bibliográficos, cartográficos e de fotografias aéreas, bem como de imagens satelitais. Em seguida, iniciaram-se os trabalhos de campo concomitante com os estudos de laboratório. Neste trabalho, renumeramos as Estações de Coletas, que correspondem aos perfis praias, de COUTINHO *et al.* (1997). Enquanto estes autores utilizaram o caminhamento no sentido S-N, optamos pelo sentido inverso. Finalmente, realizou-se a interpretação dos dados obtidos. A seguir, serão detalhadas as etapas de cada um dos levantamentos executados.

### **2.1 - Levantamentos Bibliográfico, Cartográfico e de Geoposicionamento**

Na área litorânea do Estado de Pernambuco em epígrafe, poucos foram os trabalhos publicados que tratam dos estudos referentes aos processos costeiros, podendo ser destacados: OTTMAN *et al.*, 1959; OKUDA & NÓBREGA, 1960; MEDEIROS, 1996, e COUTINHO *et al.*, 1997. Este último enfoca, principalmente, a evolução da linha de costa das praias da Piedade e Candeias, bem como das margens do estuário da Barra das Jangadas, além dos processos sedimentares, hidrodinâmicos, morfodinâmicos, batimétricos, de erosão e da vulnerabilidade do município do Jaboatão dos Guararapes.

O levantamento cartográfico teve como objetivo principal proporcionar a confecção de uma base cartográfica, através da junção de mapas vetoriais na escala de 1:1.000, restituídas de fotografias aéreas de 1983; ortofocartas da FIDEM na escala de 1:2.000, referentes ao ano de 1974; imagens satelitais (LANDSAT-TM); e a Folha Planialtimétrica Ponte dos Carvalhos, da SUDENE (SC.25-V- A-III-1-SO), escala 1:25.000, do ano de 1972.

O levantamento geodésico foi realizado para a determinação das coordenadas UTM, de pontos previamente escolhidos, através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), aplicando-se dois rastreadores TRIMBLE-4000-SST.

## 2.2 - Amostragem Sedimentológica

Com o objetivo de se conhecer a distribuição textural dos sedimentos e a relação com o sistema de correntes atuantes na área, foram coletadas amostras do material sedimentar nos seis perfis morfodinâmicos, em cada setor de praia e no banco arenoso da Barra das Jangadas, a cerca de 10 cm da superfície, com a finalidade de se evitar que as mesmas venham acompanhadas de uma eventual contaminação.

Estas coletas foram realizadas no período de agosto de 1996 a abril de 1997, totalizando 153 amostras, conforme o mapa de localização desta amostragem (Figura 3).

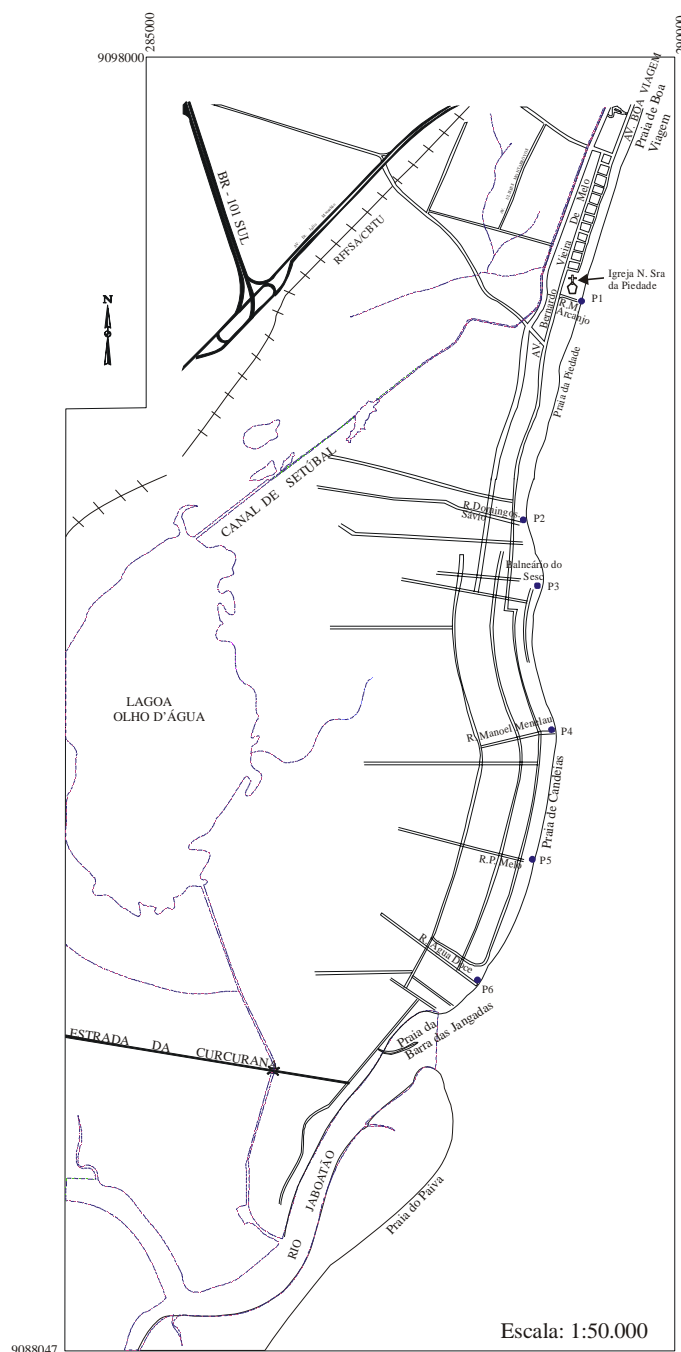


Figura 3 - Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos e dos perfis de praia

## **2.3 - Análise Granulométrica dos Sedimentos**

Antes de se aplicar qualquer método de análise granulométrica, é necessário preparar, de maneira adequada, as amostras de sedimento a serem analisadas, iniciando-se com a secagem das mesmas em estufas de controle manual. Em seguida, efetua-se a homogeneização através de quarteamento. Duas das quatro partes são separadas e pesados 100 gramas; uma para processar a análise, com posterior separação das frações granulométricas no conjunto de peneiras, que continua sendo o método mais amplamente utilizado nas análises das frações arenosas; e a outra para ser devidamente etiquetada e arquivada para eventual necessidade.

Sedimentos ricos em sais solúveis, como, por exemplo, sedimentos marinhos, devem passar por sucessivas lavagens até que os mesmos sejam eliminados, evitando que as análises granulométricas sofram alterações causadas por flocculação de argilas ou agregados de cristais de sais nos grãos, que podem mascarar a granulometria original.

Após a lavagem, os sedimentos são novamente secados, para evitar a aglutinação de grãos ou alteração de peso devida à umidade. Porém, toma-se o cuidado com a temperatura a ser usada, pois existem limites para que a mesma não interfira nas propriedades dos minerais. No caso de areias quartzosas puras ou biodetríticas, podem ser secadas a uma temperatura variando entre 70 e 100°C, enquanto que para sedimentos argilosos não pode ultrapassar os 50 a 60°C.

Para o fracionamento granulométrico, utiliza-se o conjunto de peneiras, montado umas sobre as outras, com a abertura em milímetro (mm) ou phi ( $\phi$ ) aumentando de baixo para cima, com as malhas de 0,062; 0,125; 0,250; 0,500; 1,000 a 2,000 mm, seguindo-se a pesagem de cada uma destas frações para a confecção das curvas de frequência acumulada, através do Programa Grapher for Windows (Golden Software Inc.).

Um bom peneiramento é aquele no qual a soma das imprecisões causadas pelos finos, que são eliminados, e da fração grosseira que passa é a mínima possível, existindo um tempo ótimo de peneiramento, normalmente variando de 10 a 20 minutos para cada amostra.

### **2.3.1 - Parâmetros Estatísticos Granulométricos**

Com os dados obtidos nas distribuições granulométricas, foi aplicado o Programa de Análise Granulométrica Completa (PANCOM), elaborado por TOLDO JR. & DORNELES (1991), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção dos parâmetros estatísticos granulométricos.

Estes parâmetros são geralmente calculados com dados granulométricos nas escalas phi ( $\phi$ ) de Krumbein ou em milímetros (mm) de Wentworth, servindo para caracterizar a curva acumulativa da distribuição de frequência, no que se diz respeito aos parâmetros estatísticos.

### **2.3.2 - Estudos Morfoscópio e Composicional**

Através da fração granulométrica de 0,50 mm, anteriormente obtida, realizou-se a morfoscopia, constando do estudo dos graus de arredondamento e esfericidade e da textura superficial, além da análise da composição do material sedimentar para os meses de novembro e dezembro de 1996 e janeiro de 1997, representando o período de verão, e agosto de 1996 e março e abril de 1997, para o inverno, na tentativa de detectar alguma diferença significativa entre os mesmos.

O instrumento utilizado para tal estudo foi o Microscópio da Coleman XTB - 1B, com zoom estéreo.

## **2.4 - Levantamento Morfodinâmico**

Foram realizados nivelamentos geométricos para a determinação de alturas de pontos, em relação a uma Referência de Nível (RN), obtendo-se cotas ou alturas por meio de visadas horizontais, efetuadas com o Nível Topográfico Zeiss Ni 50, com mira topográfica, auxiliado por miras verticais, posicionadas nos pontos de inflexão dos setores de praia (pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia).

Para a execução dos nivelamentos, ao longo da área estudada, foram escolhidos seis perfis de praia, de acordo com as características morfológicas particulares de cada uma das praias, ou seja, presença ou não de recifes, concavidade ou convexidade da linha de costa ou, ainda, proximidade de estuário, conforme podem ser vistos na Figura 3. Os perfis P1, P2 e P3 localizam-se na praia da Piedade; o P4 e o P5, na praia das Candeias; enquanto que o P6 localiza-se na praia da Barra das Jangadas. É necessário, segundo Swift et al. (1985), que os perfis alcancem a maior distância possível, desde a pós-praia até a zona de arrebentação.

Estes perfis foram, então, apresentados em forma de gráficos, confeccionados a partir do Programa Grapher for Windows (Golden Software Inc.).

## 2.5 - Levantamento Hidrodinâmico

Para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos, tais como altura (m) e período (s) das ondas na zona de arrebentação, ângulo de incidência das ondas, velocidade (m/s) e direção das correntes, e o tipo das ondas na zona de arrebentação, foram escolhidos os pontos de observação equivalentes aos perfis morfodinâmicos (ver figura 3), realizados nas estações de verão e inverno.

A altura das ondas, que equivale à diferença vertical entre a crista e a cava da ondulação, medidas na zona de arrebentação, foi obtida com a leitura de uma mira posicionada verticalmente na zona de espraio médio, situada no estirâncio inferior, alinhando-se a crista das ondas à linha do horizonte. Para se obter a altura média, foram observadas 10 ondas consecutivas.

O período das ondas corresponde ao tempo decorrido entre a passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo. Para a obtenção do período médio, observa-se a passagem de 11 ondas consecutivas, medindo-se os 10 períodos entre as mesmas, com um cronômetro, e tirando-se a média.

O ângulo formado entre o trem de ondas e a linha de costa resulta no ângulo de incidência das ondas, medido com uma bússola.

Finalmente, a velocidade e a direção das correntes foram obtidas pela observação de um flutuador lançado após a zona de arrebentação: a velocidade, utilizando-se um cronômetro, para se medir a passagem do flutuador por duas balizas separadas por 10 metros de distância; enquanto que a direção foi tomada com uma bússola.

## 2.6 - Levantamento da Linha de Costa

Foi realizado o levantamento da linha de costa referente a 1997, tomando-se coordenadas determinadas nos dois pontos rastreados e usando-se a Estação Total TC-500 da Leica, por meio de várias poligonais e processos de irradiação, pelos quais foram marcadas as principais feições da costa. Comparando-se a base cartográfica com os dados adquiridos em campo, permitiu-se calcular o deslocamento da linha de costa, possibilitando determinar as taxas de erosão/sedimentação ao longo da área.

## 2.7 - Levantamento Batimétrico da Plataforma Interna Local

O levantamento batimétrico foi realizado entre as praias da Piedade e das Candeias, com o auxílio de um ecobatímetro ao longo de perfis, com espaçamento de aproximadamente 500 m, e os “waypoints” entre as profundidades de 0 e 10 m. Os

“waypoints” foram colocados na memória de um GPS e os pontos intermediários marcados em intervalos de 15 segundos. Os dados levantados sofreram as correções usuais e levados ao nível de referência do Porto do Recife e posteriormente foi confeccionada a carta batimétrica.

## **CAPÍTULO 3 - GENERALIDADES SOBRE A ÁREA**

### **3.1 - Clima**

A área estudada apresenta um clima do tipo Ams, segundo a classificação Köppen, que representa como sendo tropical úmido, com chuvas de outono/inverno, características físicas bem definidas (SUDENE, 1973). Ocorre uma variação entre a estação mais seca (outubro a fevereiro), sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes, e a estação mais chuvosa (maio a julho), sendo julho o mês mais chuvoso e frio. As temperaturas apresentam-se elevadas durante todo o ano, com média acima de 24° C, com precipitação pluviométrica anual em torno de 2.000 mm, ocorrendo ventos pertencentes, principalmente, ao sistema constituído pela Massa Equatorial Atlântica, predominando os de sudeste.

### **3.2 - Hidrografia**

Os rios que compõem a principal rede de drenagem da área, que ocupa cerca de 305 Km<sup>2</sup>, são o Jaboatão e o Pirapama, ambos perenes, que apresentam um padrão de drenagem irregular a dendrítico, sendo que em alguns trechos possuem padrão retilíneo, devido a orientações estruturais.

No extremo oeste da área existe a Lagoa Olho d'Água, uma das poucas lagoas costeiras do Estado de Pernambuco e que pertence ao ecossistema estuarino da Barra das Jangadas, estando ligada ao rio Jaboatão através de canais artificiais.

### **3.3 - Vegetação**

Predominam as formações litorâneas, que abrangem a floresta perenifólia de restinga, os manguezais, as formações de praia e os campos de várzea.

A floresta perenifólia de restinga é pouco densa, com árvores de troncos finos, associados geralmente aos terraços holocênicos.

Os manguezais são formações lenhosas, que ocorrem em terrenos alagados da orla marinha e próximas a desembocaduras de rios, representados por *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*.

As formações de praia são apresentadas pela vegetação rasteira, rala e uniforme, enquanto que os campos de várzea ocorrem nas áreas úmidas e alagadas, periferia de cursos d'água e brejos.

### 3.4 - Solos

Segundo MABESOONE *et al.* (1987), os solos que predominam na área são:

- Podzols - apresentando-se com o horizonte A espesso, arenoso, com transporte de matéria orgânica;
- Areias Quartzosas - são solos profundos, que apresentam os horizontes A e C;
- Classes de Solos da Planície Costeira - observa-se Solos Gley Indiscriminados, Solos Indiscriminados de Mangue, Solos Orgânicos, Solos Aluviais, Areias Quartzosas Marinhas e Podzols.

### 3.5 - Condições Oceanográficas

#### 3.5.1 - Regime de Ondas e Atuação dos Ventos

Ao longo de todo o litoral do Estado de Pernambuco, devido ao fato do sistema de ventos atuarem com velocidade e direção predominantemente constantes, as ondas possuem grande influência no transporte de sedimentos ao longo da costa.

Um dos agentes físicos mais importantes da dinâmica costeira são os ventos, com os parâmetros de velocidade e direção, contribuindo para a sedimentação e geração de correntes litorâneas.

De acordo com os dados da CONSULPLAN (1992) sobre o regime de ondas da área de Suape, as ondas geradas por ventos, com velocidades preferenciais de 4 a 6 m/s, podem atingir de 12 a 14 m/s, com direções ESE e SE, principalmente, influenciando no transporte de sedimentos que chegam às praias, atuando juntamente com a direção, altura e período das ondas. Na praia da Boa Viagem, MANSO *et al.* (1995), concluíram que a altura significativa das ondas, na zona de arrebentação, varia principalmente de 0,6 a 0,8 m e um período de 6 a 8 s.



Em 1978, dados relativos ao Porto do Recife mostraram que a tendência geral na direção dos ventos é para SE, com cerca de 40 %, além de 17 % e 12 % para E e NE, respectivamente.

MANSO *et al.* (1995), obtiveram, na praia da Boa Viagem, 44 % de dados de ventos com direção ESE e 15 % para E, ocorrendo velocidades variando de 0 a 6 m/s, sendo que o intervalo de 3 a 4 m/s representa 65 % dessas medidas.

Segundo COUTINHO *et al.* (1997), a costa pernambucana é dominada por ondas e sofrem ação constante dos ventos alísios, com direção preferencial de E-SE, no período de abril a setembro, e de N-NE, de outubro a março, sendo que a maior intensidade dos ventos ocorre durante os meses de agosto e setembro. Os ventos E-SE, são de fundamental importância para os processos dinâmicos costeiros, determinando o sistema de ondas que atinge a costa e gerando a corrente de deriva litorânea, fundamental para o processo evolutivo do litoral.

Na área estudada, as correntes variam de 0,05 a 0,31 m/s com direção predominantemente de Sul para Norte, com forte ação dos ventos de direção NE-SW.

### 3.5.2 - Correntes Litorâneas e o Transporte de Sedimentos

O padrão das ondas que atuam em uma praia, depende do ângulo de incidência que fazem com a linha de praia, desenvolvendo um padrão de células de circulação quando incidem paralelamente à linha de costa, sendo cada uma caracterizada por uma corrente longitudinal, através de correntes de retorno perpendiculares à praia, que modificam a altura das ondas na zona de arrebentação e rearranjam os sedimentos de fundo, dando origem a várias reentrâncias na linha de praia, separadas pelos cúspides praias.

Quando as ondas incidem obliquamente à linha de costa, desenvolvem as correntes litorâneas, através das quais as massas d'água deslocam-se paralelamente à linha de praia (MUEHE, 1994).

A velocidade de uma corrente longitudinal varia, principalmente, em função do ângulo de incidência das ondas. MUEHE (1994) considera que acima de 5° é suficiente para produzir grandes velocidades.

O fluxo das correntes torna-se cada vez mais complexo à medida que vai se aproximando do litoral, devido a ação dos ventos, descargas fluviais, marés e a interação destes com a morfologia do ambiente.

A costa de Pernambuco apresenta uma direção de correntes predominante de NE-SW, sendo que a mesma sofre uma inflexão de Norte para Sul, do município de Olinda para o norte até o limite com o Estado da Paraíba, alterando a forma do trem de ondas que incide

nas praias. Para a praia da Boa Viagem, foram obtidos os seguintes dados: direção das correntes de Norte para Sul; e velocidade de 0,2 a 0,3 m/s, predominantemente (MANSO *et al.*, 1995).

Existem poucos dados sobre o transporte sedimentar longitudinal, paralelo à costa pernambucana. Estudos realizados em Suape (1992) mostraram que existem apenas uma tendência sazonal, com sentido N-S, durante o verão, e S-N no inverno.

BRAGARD (1992 *apud* COUTINHO *et al.*, 1997), de acordo com os dados obtidos na praia da Boa Viagem, mostraram uma capacidade de transporte sedimentar em torno de 70.000 m<sup>3</sup>/ano, no sentido S-N, e 15.000 m<sup>3</sup>/ano de N-S.

Nas praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas, a taxa de deposição calculada foi de 7,66 m<sup>3</sup>/m/ano, enquanto que a taxa de erosão foi de 127,12 m<sup>3</sup>/m/ano.

### 3.5.3 - Regime de Marés

As marés são importantes ondas dos oceanos, ocorrendo um levantamento e um abaixamento rítmico sobre um intervalo de tempo de várias horas, traduzindo-se pela oscilação periódica do nível do mar, com período e amplitude variáveis no tempo e espaço, devido à atração gravitacional da Terra, Lua e Sol sobre as águas. Esta oscilação é acompanhada por correntes de marés (horizontais), nas quais seu limite e sua intensidade variam igualmente no tempo e no espaço observados. A cada mês ocorrem as marés mais altas (sizíguas), durante as fases de lua nova e cheia.

Na costa, a amplitude da maré pode causar profundas modificações no processo de sedimentação do litoral, seja acumulando ou erodindo a mesma.

HAYES (1979) distinguiu cinco classes de marés:

- micromaré - que varia de 0 a 1 m;
- fraca mesomaré - de 1 a 2 m;
- forte mesomaré - de 2 a 4 m;
- fraca macromaré - de 4 a 5 m;
- macromaré - acima de 5 m.

As marés que atuam, predominantemente, na costa pernambucana pertencem as classes fraca mesomaré e forte mesomaré, dominada por ondas.

Na região de Suape (1992), as marés são do tipo semi-diurna, com período médio de 750 minutos, apresentando duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar.

HAYES (1979) classificou as marés de Pernambuco como sendo forte mesotidal, variando de -0,2 a 2,6 m.

Durante todo o período estudado, ou seja, de agosto de 1996 a abril de 1997, utilizamos as tábuas de marés do Porto do Recife, que apresentam uma variação de -0,2 a 2,8 m, com duas preamares e duas baixa-mares.

#### **3.5.4 - Salinidade e Temperatura**

As águas superficiais da plataforma continental do nordeste brasileiro são moderadamente salinas, variando de 36 a 37 ‰ exceto ao longo e ao sul da foz do rio São Francisco, devido à influência da descarga fluvial e pela ação da Corrente do Brasil, que mantém as águas próximas à costa menos salinas, em torno de 34 ‰ (COUTINHO, 1976).

Segundo CAVALCANTI & KEMPF (1970), as águas da costa litorânea de Pernambuco apresentam os maiores valores de salinidade no período de setembro a fevereiro, atingindo 36 ‰ e 32,2 ‰ de março a agosto, que é o mais chuvoso.

Em geral, o litoral sul pernambucano apresenta temperaturas que variam de 21 °C, ocorrida na estação de inverno, a 31 °C, atuante no verão. Na plataforma continental, as águas superficiais apresentam uma variação de 27 a 29 °C. Da superfície até a profundidade de 50 m, a temperatura é praticamente constante, iniciando-se um decréscimo a partir de 60 a 75 m, que coincide com a borda da plataforma continental e o início da termoclima (COSTA 1991 *apud* COUTINHO *et al.*, 1997).

#### **3.6 - Geologia e Geomorfologia da Costa**

A área estudada pertence à faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, inserida na Bacia Sedimentar Pernambuco (LIMA FILHO, 1998), que se estende desde o município do Recife, limite norte, até o município de São José da Coroa Grande, na divisa com o Estado de Alagoas.

Esta bacia sedimentar marginal pertence à Província da Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1977), situada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Maragogi, ocupando uma área de aproximadamente 900 Km<sup>2</sup>, o que equivale a toda faixa costeira sul de Pernambuco, tendo sido subdividida com base em dados geofísicos, sedimentológicos e estruturais, em Sub-Bacia Norte, confinada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto Estrutural do Cabo de Santo Agostinho, e Sub-Bacia Sul, desde o Alto de Santo Agostinho até o Alto Barreiros-Maragogi (LIMA FILHO, 1998). (Figura 4).

A origem desta bacia está relacionada com os eventos geotectônicos que, a partir do Jurássico, comandaram a abertura do Oceano Atlântico Sul, apresentando-se com um

padrão estrutural de grandes falhas e blocos basculados na crosta continental, formando “grabens” e “meio-grabens” de variadas dimensões e orientações (PORTO 1981 *apud* MANSO,1997).

A costa de Pernambuco apresenta-se com uma linha de praia mais ou menos contínua, com direção NNE-SSW, sendo interrompida pela presença de rios e alguns pontais rochosos, onde se destaca o Cabo de Santo Agostinho. É limitada a leste pelo Oceano Atlântico, a norte pelo rio Goiana, a oeste pelos afloramentos da Formação Barreiras e Sedimentos Cretáceos, e a sul pelo rio Persinunga. É constituída por uma seqüência sedimentar de idade Mesozóica e Cenozóica, acumulada na Bacia Pernambuco (LIMA FILHO, *op. cit.*), na qual os sedimentos quaternários constituem importantes depósitos.

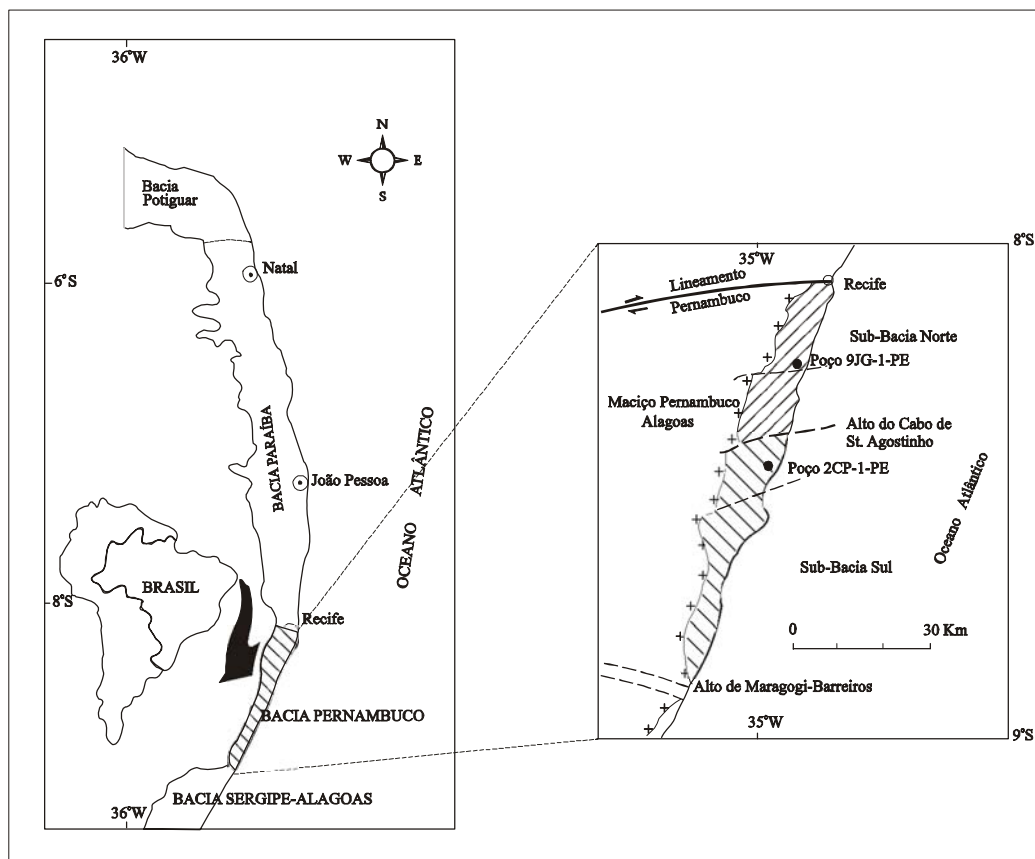


Figura 4 - Mapa de Localização e subdivisão da Bacia Pernambuco.(Fonte: Lima Filho, 1998).

As planícies costeiras desenvolvidas no Quaternário constituem uma unidade geológico-geomorfológica bastante complexa, devido ao fato de serem ambientes de transição entre fenômenos marinhos e continentais.

DOMINGUEZ *et al.* (1990) concluíram que o modelo de sedimentação dominante na planície costeira, durante os períodos de nível de mar alto, era o sistema de ilha-barreira - laguna, onde os rios não alcançavam à plataforma, construindo deltas em ambientes protegidos.

Ao contrário, durante o abaixamento do nível do mar, as lagunas e baías tornam-se emergentes, a planície costeira prograda através dos cordões litorâneos e os rios retrabalham os sedimentos da planície e da plataforma interna, favorecendo a progradação da linha de costa. Tais sedimentos são incorporados ao sistema de deriva litorânea e posteriormente acumulados longe da costa, como por exemplo, na desembocadura dos rios, recifes ou reentrâncias da linha de costa (MANSO, 1997).

### 3.6.1 - Flutuações do Nível do Mar e a Sedimentação Quaternária

BRANNER (1902), iniciou os estudos referentes às variações do nível do mar no Período Quaternário, no litoral de Pernambuco. OTTMANN (1960 *apud* LIMA FILHO, 1998), classificou os recifes da praia da Piedade como antigas linhas de praia. VAN ANDEL & LABOREL (1964 *apud* LIMA FILHO, *op. cit.*), fizeram datações com  $C^{14}$  em vermitídeos e concluíram que os recifes de arenito, onde os mesmos foram encontrados, possuem idade Quaternária.

Em 1979, CARVALHO & COUTINHO estudaram os níveis marinhos em Recife, onde determinaram os terraços marinhos ao longo da planície da Lagoa Olho d'Água, localizada no município do Jaboatão dos Guararapes.

Estudos realizados por SUGUIO *et al.* (1985), mostraram que é impossível se estabelecer uma curva mundial de flutuações do nível do mar durante o Quaternário, principalmente para a Era Holocênica. Todavia, é possível estabelecer curvas locais ou regionais.

Segundo BROECKER & DENTON (1990 *apud* MANSO, 1997), as variações do nível do mar são decorrentes das mudanças na taxa de insolação da faixa de altas latitudes do hemisfério norte, controladas por ciclos astronômicos, os quais produzem aumento ou diminuição da temperatura, fusão/crescimento das calotas de gelo, e conseqüente subida/descida do nível do mar.

A evolução das planícies costeiras brasileiras se deve, em parte, as oscilações do nível do mar durante o Período Quaternário, bem como ao aporte de sedimentos e aos

processos costeiros dominantes, que controlam a morfologia e a distribuição dos sedimentos.

### 3.6.2 - Sedimentação Quaternária Costeira

Foi apresentado um modelo para a sedimentação quaternária, indicando que a mesma não é tão monótona como era considerada até a década de 70, tendo sido reconhecida e caracterizada várias unidades: leques aluviais coalescentes, depósitos flúvio-lagunares, terraços marinhos, mangues, pântanos, turfas, depósitos atuais de praias e arenitos de praia (beach rocks), correlacionados às variações do nível do mar e que podem ser englobados em um modelo básico de evolução paleogeográfica, associados a três eventos transgressivos: a Transgressão Mais Antiga, a Penúltima Transgressão e a Última Transgressão (BITTENCOURT *et al.*, 1979). Este modelo, com pequenas variações e razoável precisão, tem sido aplicado para toda a costa leste do Brasil.

CARVALHO & COUTINHO (1979), realizaram um dos trabalhos pioneiros em Pernambuco, na tentativa de interpretar os diversos eventos deposicionais ocorridos na Lagoa Olho d'Água, sobretudo no Pleistoceno Superior-Holoceno.

MANSO *et al.* (1992), definiram as unidades geológicas e geomorfológicas do Quaternário da Folha Itamaracá, na escala de 1:100.000, identificando e caracterizando os depósitos e correlacionando-os com os critérios adotados para as demais áreas da costa do Brasil.

### 3.6.3 - Aspectos Geológico-Geomorfológicos Locais

No município do Jaboatão dos Guararapes, são caracterizados diferentes depósitos com origens distintas, tais como: continentais, marinhos e transicionais, os quais estão apresentados na Figura 5 e que serão descritos a seguir.

#### 3.6.3.1 - Formação Barreiras

Ocorrendo na porção noroeste da área estudada, A Formação Barreiras, de idade terciário-quaternária, constituída por arenito conglomerático com seixos de quartzo, intercalações de blocos de argila e estratificação cruzada tabular (Sistema Anastomosado), e em direção ao topo, separados por uma camada de argila, tem-se uma seqüência arenítica média a grossa, de coloração creme, com estratificação plano-paralela e pequenas

intercalações de argila e silte (fluvial meandrante), onde a camada de argila funciona como um *Datum* para correlação (MABESOONE *et al.*, 1987 *apud* LIMA FILHO, 1998).

Uma linha de falésias fósseis marca o limite entre os sedimentos desta formação e a Planície Costeira Quaternária.

### 3.6.3.2 - Terraços Marinhos

Vistos em fotografias aéreas, os mesmos possuem formas de pequenas manchas descontínuas ao longo da costa, localizados na porção mais interna da planície costeira.

BITTENCOURT *et al.* (1979), definiram terraços de idade pleistocênica (Terraços Marinhos Superiores), como sendo associados à “Penúltima Transgressão”, e terraços de idade holocênica (Terraços Marinhos Inferiores), relacionados à “Última Transgressão”.

- **Terraços Marinhos Pleistocênicos** - com cerca de 120.000 anos A.P., estes depósitos possuem em média 8 a 10 m de altura, constituídos por areias quartzosas inconsolidadas, sendo caracterizados pela ausência de conchas de moluscos (dissolvidas pela ação de ácidos húmicos) e pela presença de estruturas sedimentares, além de tubos fósseis. Em geral, possuem formas descontínuas mais ou menos alongadas e paralelas à linha de costa, topo aplainado e uma quebra abrupta, ocorrendo na porção mais interna da planície costeira. Estes terraços são desprovidos de cordões litorâneos na superfície, característica marcante nos terraços holocênicos. A maior parte destes terraços, situados, principalmente, nas porções oeste das praias da Piedade e das Candeias, além da porção sudoeste da praia da Barra das Jangadas, encontram-se ocupados por edificações, marcando o crescimento populacional no litoral do município do Jaboatão dos Guararapes.
- **Terraços Marinhos Holocênicos** - possuem cerca de 5.100 anos A. P., sendo formados por areias quartzosas inconsolidadas, podendo ocorrer conchas de moluscos bem preservados, chegando a uma altura média de 5 m. São marcados pela presença de antigas linhas de cordões litorâneos na sua superfície, pouco espessas, com largura média entre 10 e 20 m, dispostas paralelamente à linha de costa. Apresenta uma geometria mais regular com relação àquela observada nos Terraços Pleistocênicos, sendo em geral alongados e paralelos à linha de costa, com largura podendo variar desde 100 m até 1,5 Km. Ocorrem preenchendo a porção externa da planície costeira, sujeitos constantemente ao ataque das marés mais altas e fortes. Como os anteriores,

também estão ficando cada vez mais escassos estes terraços, devido à intensa ocupação imobiliária em toda a faixa litorânea da área em epígrafe.

### 3.6.3.3 - Flechas Arenosas

São depósitos cuja origem está relacionada ao encontro de águas fluviais em desembocaduras dos rios, com as correntes de deriva litorânea, no caso com direção geral S-N, acarretando um obstáculo que, desta forma, bloqueia o transporte de sedimentos, proporcionando um “efeito de molhe” (KOMAR, 1973, *apud* AMARAL *et al.*, 1990)

As formas de relevo que são construídas, inicialmente apresentar-se-ão como flechas e cordões, podendo ocorrer o crescimento destes cordões arenosos e, como consequência, fechar a foz do rio, propiciando o surgimento de lagunas.

Na costa estudada, o alinhamento destes cordões litorâneos ocorrem dispostos paralelamente à linha de costa, formando a restinga da Barra das Jangadas.

Estas flechas arenosas ocorrem, principalmente, nas porções sul da praia das Candeias e norte da praia da Barra das Jangadas.

### 3.6.3.4 - Planície Flúvio-Lagunar

Formada por sedimentos quartzosos que variam de finos a médios até silte-argilosos, de coloração marrom a cinza-escuro, com diferentes graus de compactação, podendo ocorrer na forma de terraços poucos contínuos. Ocorre preenchendo antigas porções entre os cordões litorâneos dos Terraços Marinhos.

A origem destes depósitos está ligada às regressões marinhas quaternárias, permitindo a deposição de sedimentos trazidos pelos rios, em função do aumento do gradiente continental.

Os sedimentos formados pela influência lagunar, são geralmente lamosos, ocorrendo em regiões baixas com intensa atividade biológica.

Enquanto que os depósitos fluviais ocupam principalmente os vales, cujas cotas raramente ultrapassam os 10 m.

Alguns setores desta planície podem ser inundadas intermitentemente, principalmente nas proximidades da Lagoa Olho d'Água, ocorrendo ainda porções formadas por zonas úmidas, inundadas permanentemente.

A maior ocorrência desta planície é na porção adjacente a esta lagoa.



### 3.6.3.5 - Baixios de Maré

São depósitos encontrados em áreas cujo gradiente é quase nulo, estando desta forma sujeito à ação dos processos de sedimentação flúvio-marinhos, possuindo solos com alto teor de salinidade, águas mornas e salobras, cujo fluxo das marés permitem a formação dos manguezais nas zonas inferiores dos estuários. Constituem-se por lamas de coloração escura, ricas em matéria orgânica, restos de vegetais e fragmentos de conchas.

A ação antrópica vem acelerando a destruição deste ambiente, por meios de aterros dos mangues localizados nos estuários dos rios Jaboatão e Pirapama, principalmente pela expansão urbana desordenada, cuja ocorrência principal é no estuário destes rios.

### 3.6.3.6 - Recifes de Arenito de Praia, de Corais e de Algas

Os recifes são feições marcantes do litoral nordestino, sendo considerados como testemunhos do nível relativo do mar mais alto que o atual, durante o Quaternário (DELIBRIAS & LABOREL, 1971 *apud* COUTINHO *et al.*, 1997). Comportam-se como uma proteção natural diante da ação das marés mais fortes e altas, amortecendo o impacto das mesmas. Podem ser de origem arenítica, de corais ou algálicos.

Os recifes de arenito ocorrem de forma linear e paralelamente à costa, nem sempre contínuos, servindo de substrato para o desenvolvimento de corais e algas calcárias. Nas suas extremidades podem ocorrer fenômenos de difração e refração das ondas, ocasionando processos erosivos pontuais, bem como formando uma linha de costa irregular, com alternância de pequenas enseadas e pontais arenosos.

O número de linhas de recifes é variado, geralmente as mais próximas à praia são mais visíveis na baixa-mar (MABESOONE, 1964 *apud* CHAVES, 1996), podendo estes ser mais recentes e friáveis do que aqueles localizados mar adentro.

A composição dominante dos recifes de arenito na área estudada é areia de praia quartzosa, cimentada geralmente por calcário com fragmentos orgânicos (*Halimeda*, conchas e fragmentos de carapaças) e uma matriz areno-argilosa. Comumente, aparecem laminações plano-paralelas e, em alguns casos, estratificações cruzadas de baixo ângulo. Na porção superior dos recifes, é bastante comum a presença de figuras originadas pela erosão marinha, bem como as marcas de ouriços, além de várias fraturas com orientação predominantemente NW-SE e/ou NE-SW. DELIBRIAS & LABOREL (1971 *apud* COUTINHO *et al.*, *op. cit.*) dataram os recifes de arenito da praia da Piedade em  $5.900 \pm 300$  anos A. P..

Os recifes algálicos e de corais, por sua vez, formam corpos de morfologia irregular, cujo eixo maior é paralelo às linhas de arenito de praia, pela qual estão associados, servindo de substrato para seu desenvolvimento. São encontrados, sobretudo, na praia das Candeias.

A fauna coralina responsável pela construção destes corpos recifais é pobre em número de espécies, devido principalmente ao clima úmido e águas turvas, além de uma tectônica suave (LIRA, 1997). DOMINGUEZ *et al.* (1990) descreveram dezoito espécies de corais formadores dos recifes da costa brasileira, sendo que apenas nove estão referidas nos recifes da costa pernambucana.

As espécies de corais mais comuns nos recifes da praia da Piedade são *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida*, que foram datados por DELIBRIAS & LABOREL (1971 *apud* COUTINHO *et al.*, *op. cit.*), mostraram ter uma idade entre  $1.830 \pm 100$  e  $3.100 \pm 120$  anos A. P..

#### 3.6.3.7 - Depósitos de Praia Atual

Ocorrem diretamente em toda extensão da linha de praia, sendo constituídos predominantemente por areias quartzosas variando desde finas até grossas, e em menor proporção por componentes bióticos, fragmentos de rochas e minerais pesados, depositados entre os Terraços Marinhos Holocênicos e a linha de baixa-mar.

Formam uma estreita faixa da atual zona de praia, que, por sua vez, constitui a porção mais externa da planície costeira, submetida constantemente à ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e de maré, cujo conteúdo de carbonato de cálcio é geralmente superior a 70 %, no setor de antepraia, decrescendo para 10 a 12 %, no setor de pós-praia (COUTINHO *et al.*, 1997).

A inclinação e a largura da faixa de praia podem definir a granulometria dos sedimentos, ou seja, praias mais horizontais geralmente possuem uma textura muito fina a fina; praias inclinadas, uma textura média a grossa; e praias muito inclinadas, granulometria grosseira.

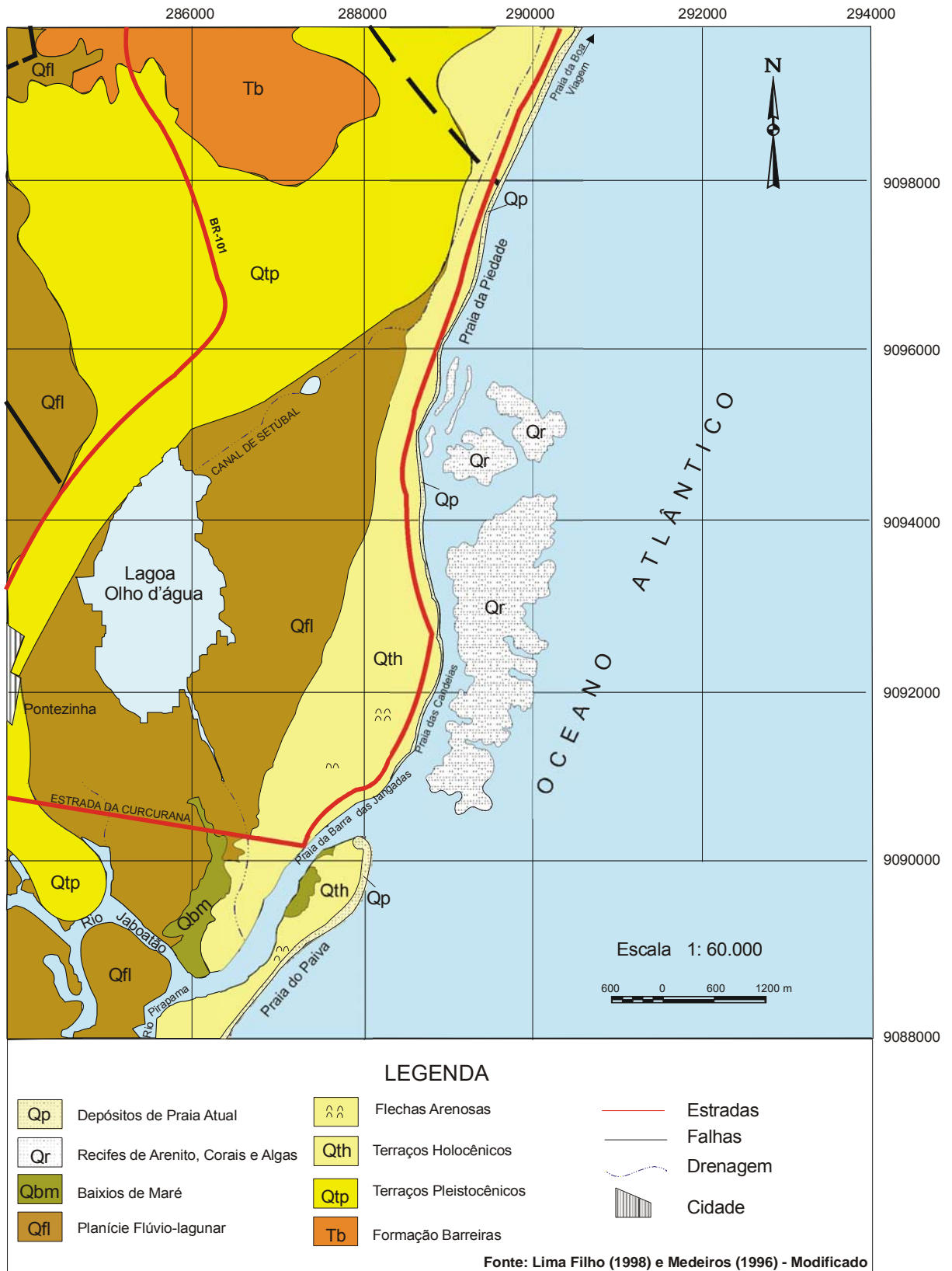


Figura 5 - Mapa geológico-geomorfológico do Município de Jaboatão dos Guararapes.



## CAPÍTULO 4 - AMBIENTE PRAIAL

As praias são depósitos de sedimentos inconsolidados, geralmente constituídos por areias, cascalhos e/ou conchas, que se estendem desde o nível de baixa-mar média (profundidade de interação com o substrato) até onde há mudanças na fisiografia, tais como zona de dunas ou escarpa de berma (falésia marinha). KOMAR (1976 *apud* KENNETT, 1982) inclui, ainda, uma área litorânea abaixo do nível médio do mar (profundidades variando de 10 a 20 m), na qual as ondas de superfície exercem influência.

Além de ser um importante depósito de sedimentos costeiros, o ambiente praial é bastante utilizado como local de recreação e turismo.

Segundo WRIGHT & SHORT (1984), as praias arenosas têm suas características morfodinâmicas determinadas pelas relações existentes entre os materiais que a formam e a energia hidrodinâmica incidente.

Classicamente, as praias são acumulações de materiais geralmente inconsolidados (areias e cascalhos), acumulados em uma limitada faixa por ação das ondas, apresentando mobilidade, cujos ambientes estão sujeitos a uma grande variabilidade em sua expressão morfológica e em suas características sedimentológicas (MANSO, 1997).

O ambiente praial, na realidade, é um pouco mais amplo do que o termo praia. Estende-se de pontos permanentemente submersos, situados além da zona de arrebentação, onde as ondas de maior altura já não selecionam nem mobilizam, até a faixa de dunas e/ou escarpas que ficam à retaguarda do ambiente (COUTINHO, *et al.*, 1997).

Vários trabalhos foram elaborados com o intuito de encontrar uma terminologia capaz de definir as diversas zonas do ambiente praial, entre os quais podem ser citados: EMERY (1960 *apud* MANSO, 1997); OTTMANN (1967); SHEPARD (1973); REINECK & SINGH (1975); e SUGUIO (1992). De uma maneira geral, estes autores dividem o perfil de praia, do continente em direção ao mar, em: dunas, pós-praia, praia e antepraia.

Neste trabalho de pesquisa, será adotada a terminologia para ambiente praial baseada em MANSO *et al.* (1995), representada na Figura 6 e que será descrita a seguir.

- Dunas Frontais (foredune) - equivale às dunas situadas a partir da alta praia em direção à planície costeira e dispostas longitudinalmente em relação à linha de costa, constituindo importantes fontes de sedimentos arenosos para a mesma.

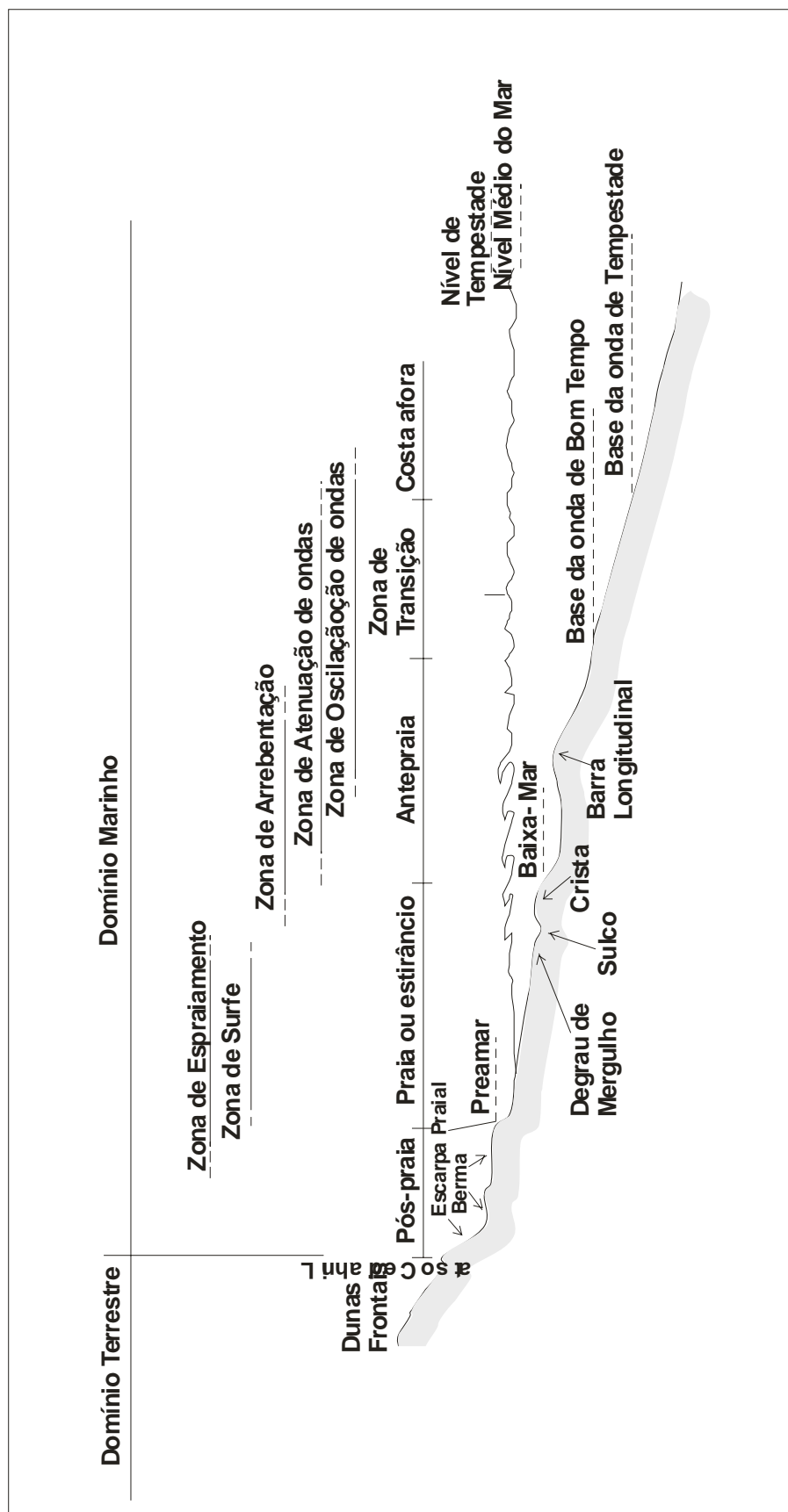


Figura 6 - Perfil generalizado de uma praia apresentando suas divisões e os principais elementos morfológicos. Fonte: Duarte, 1997

- Pós-praia (backshore) - situada acima da linha de preamar, compreendendo uma faixa relativamente estreita, atingida pela ação das ondas em ocasiões de tempestades ou marés excepcionais, podendo apresentar dunas, falésias e/ou outras feições morfológicas.
- Praia ou Estirâncio (foreshore) - posicionada entre os níveis de maré alta e maré baixa, cuja largura pode variar de acordo com a ação das ondas e a granulometria dos sedimentos, sendo sempre côncava para cima, na sua maior porção, e mutável conforme o clima de ondas reinante.
- Antepraia (shoreface) - compreende o ambiente submerso (zona de surfe) e a parte mais inclinada que se delimita com a praia ao longo do nível de maré baixa, no qual os processos litorâneos são mais atuantes, tendo em vista a ação da corrente longitudinal induzida pelas ondas.

Dentro dos setores de praia, existe uma correlação entre a morfologia, os processos litorâneos e as estruturas sedimentares (MANSO *et al.*, 1995), que podem ser representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Correlação entre a morfologia, processos litorâneos e as estruturas sedimentares no ambiente praial. Fonte MANSO *et al.*, 1995.

MORFOLOGIA	FEIÇÃO MORFOLÓGICA	ESTRUTURA SEDIMENTAR	PROCESSOS LITORÂNEOS
Pós-praia	Escarpa de praia	Marcas de espraçamento	Nível de tempestade
		Marcas eólicas	
		Estratificação cruzada	
Praia	Face de praia	Marcas de espraçamento	Zona de espraçamento
		Marcas de escorrimento	
		Marcas de ondulação	
Antepraia	Bancos de areia	Marcas onduladas	Zona de surfe
	Calha	Marcas de corrente	

#### 4.1 - A Origem e o Balanço do Material Sedimentar

O processo de fornecimento de sedimentos para se chegar ao estágio de acumulação de um depósito de praia é definido por diversos fatores. BIRD (1985) sugere que as mudanças ocorridas nas praias são resultantes das variações nas taxas de suprimento de sedimentos de várias fontes, ou podem ser baseadas no modelo de perda de sedimentos destas (Figura 7).

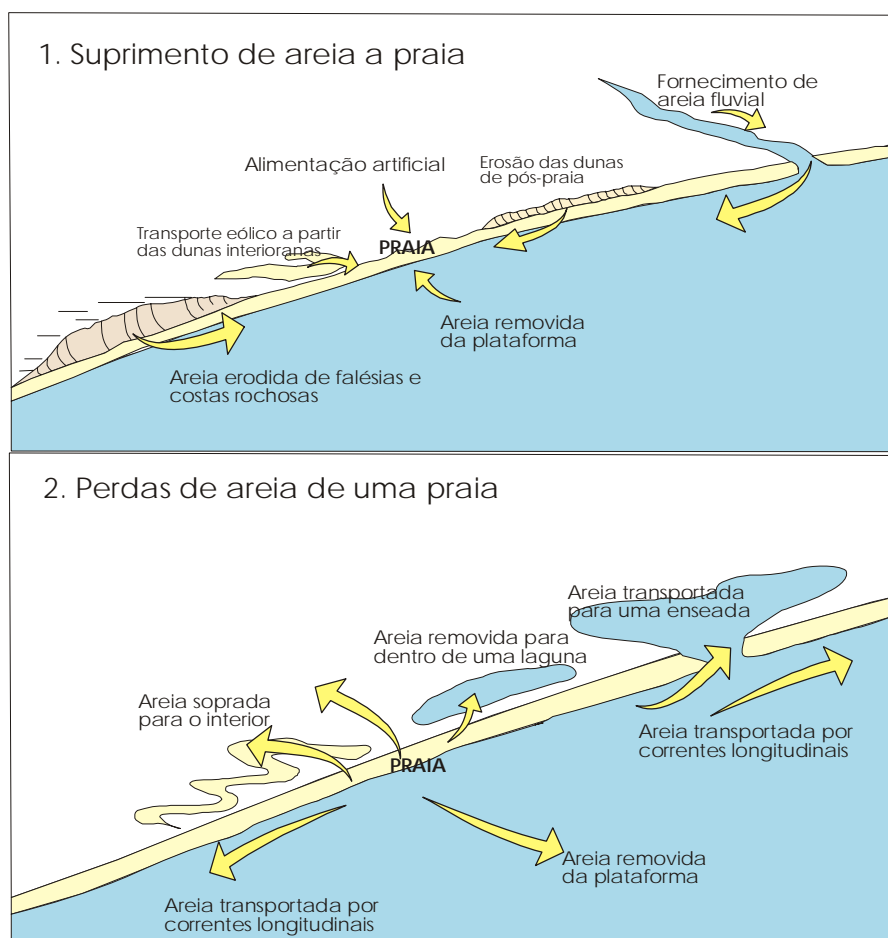


Figura 7 - Representa os ganhos ou perdas de areia por parte das praias. Quando os ganhos excedem as perdas, a praia tende a progradação; o processo inverso ocasionará rebaixamento, aplainamento e posterior recuo (erosão) da praia. (Fonte BIRD, 1985 *apud* MARTINS, 1997).

OTTMANN (1967) chegou à conclusão que, para entender a relação entre o aporte de sedimento e a erosão de uma praia, estabelecendo desta forma o balanço sedimentar, é necessário determinar a origem do material em função das possíveis fontes alimentadoras.

SHEPARD (1973) admitiu que o assoalho marinho raso é o principal fornecedor de areia de praia, embora o volume de areia da plataforma tenha sido previamente transportado para dentro do oceano por descargas oriundas dos continentes, tendo, ainda, uma pequena parcela proveniente da erosão do mar sobre as falésias.

DAVIS (1978) sugeriu que estudos detalhados da composição dos materiais de uma praia freqüentemente indicariam a possibilidade de se caracterizar a fonte sedimentar através da análise de seus minerais pesados (acessórios).

São diversas as origens do material sedimentar que compõe as praias. A maior contribuição é de origem continental, transportada pelos rios, enquanto que outra parte chega às praias através do domínio marinho, transportada da antepraia, representada pelo material biodetrítico (MANSO *et al.*, 1995).



O agente eólico atuante é capaz de retirar sedimentos da praia e acumulá-los em forma de campos de dunas, que avançam em direção ao continente. Localmente, os ventos que sopram do continente podem fornecer material para as praias.

#### 4.2 - Variações Sazonais no Perfil Praial

De acordo com as condições hidrodinâmicas de uma praia, o perfil praial modifica-se continuamente em busca de uma adaptação para as mesmas. Esse perfil é resultante da interação existente entre as ondas e a corrente de deriva litorânea com o volume e a granulometria dos sedimentos.

MUEHE (1994) concluiu que as variações do nível do mar constituem um dos mais eficientes mecanismos modificadores da linha de costa.

No período de verão, as ondas são mais fracas e menos esbeltas, sendo mais construtivas. Os sedimentos migram da antepraia para a praia, chegando à pós-praia. As barras arenosas tendem a desaparecer, enquanto que o estirâncio tende a aumentar e a pós-praia a se reconstituir, estabelecendo assim um novo equilíbrio.

Ao contrário, no inverno, as ondas atingem as maiores amplitudes e as ressacas são mais freqüentes, ocorrendo retirada do material sedimentar da zona de estirâncio e, em alguns casos, da duna frontal, depositando-o na antepraia. Desta maneira, formam-se barras arenosas imersas, que provocam a arrebentação das ondas antes de atingir a praia, diminuindo a ação erosiva.

As variações sazonais do perfil de praia podem ser apresentadas esquematicamente, como mostra a Figura 8.

Se a perda de sedimento de uma praia no inverno for compensada pelo ganho no verão, a praia estará em equilíbrio. Ao contrário, se o ganho do verão for inferior ao retirado no inverno, haverá erosão (MANSO *et al.*, 1995).

WRIGHT & SHORT (1984), utilizando o parâmetro ômega ( $\Omega$ ) de DEAN (1973), encontraram uma relação entre o estágio de praia e as características das ondas e dos sedimentos:

$$\Omega = H_b / W_s T ,$$

onde  $H_b$  é a altura da onda na zona de arrebentação;

$W_s$ , a velocidade de sedimentação do grão; e

$T$ , o período da onda.

De acordo com os valores de  $\Omega$ , é possível obter os seguintes estágios de uma praia:

- se  $\Omega \leq 1,5 \Rightarrow$  Estágio Reflectivo;
- se  $2,4 \leq \Omega \leq 4,7 \Rightarrow$  Estágio Intermediário; e
- se  $\Omega > 5,5 \Rightarrow$  Estágio Dissipativo.

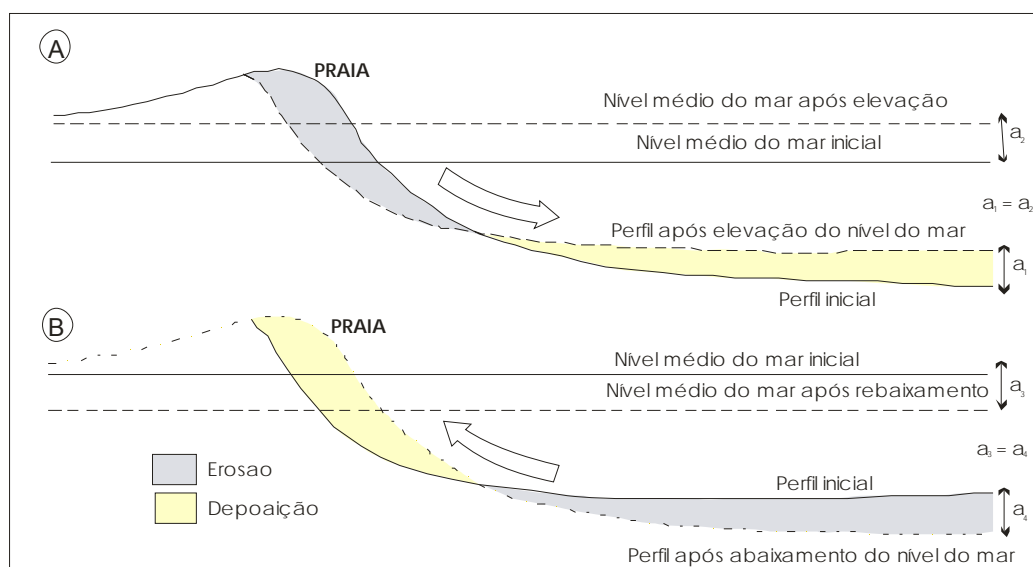


Figura 8 - Variações sazonais do perfil de praia. (A) Situação de verão, caracterizada pelo engordamento do estirâncio e pós-praia pelas ondas de bom tempo, com aparecimento de uma berma (1). (B) Situação de inverno, caracterizada pela perda de material do estirâncio e da pós-praia pelas ondas mais fortes (ressacas) e acumulação do material em forma de uma berma submersa na antepraia. (Fonte: Manso *et al.* 1995).

O estágio intermediário pode ser subdividido em: terraço de baixa-mar ( $\Omega = 2,4$ ); bancos transversais ( $\Omega = 3,15$ ); banco e praia de cúspides ( $\Omega = 3,5$ ); e banco e calha longitudinal ( $\Omega = 4,7$ ).

Existem desequilíbrios quando o valor de  $\Omega$  não corresponde ao estágio de praia previsto, o que permite avaliar a direção de evolução da praia na busca da recuperação do equilíbrio (MUEHE, 1994), representado na Figura 9.

#### 4.3 - Análise dos Perfis de Praia

Um perfil praial modifica-se de acordo com as variações hidrodinâmicas da área, que podem ser influenciadas pela presença ou não de recifes (arenito ou corais), áreas de deposição ou erosão, e por obras de engenharia (espigões, enrocamentos, quebra-mares, revestimentos, diques ou suprimento artificial de areia).

Os perfis praias ao longo da área foram realizados durante o período de maio de 1996 a abril de 1997, ao longo das praias da Piedade, das Candeias e da Barra das Jangadas, onde foram registrados os principais aspectos morfodinâmicos, hidrodinâmicos e sedimentológicos, ocorridos nos setores de pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia.

Uma vez estabelecidos os perfis de praia, pôde-se determinar o volume de areia medindo-se a área, pelo cálculo geométrico, entre as curvas representativas dos perfis e, posteriormente, multiplicando-se o valor obtido por 1, ou seja, mantendo o próprio valor da área, obtendo-se o volume de areia por metro linear de praia.

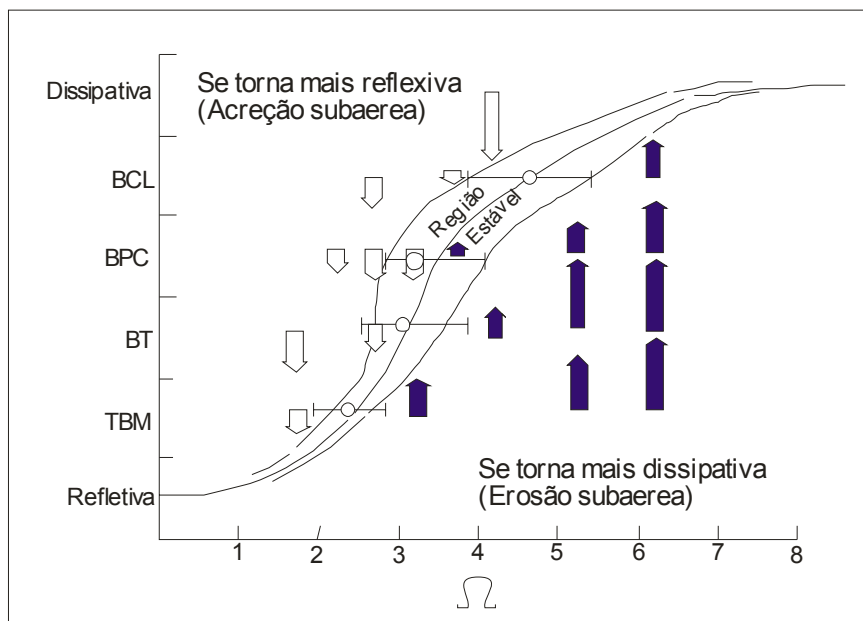


Figura 9 - Equilíbrio dos estágios de praia em relação ao parâmetro  $\Omega$  de Dean (BCL = banco e calha longitudinal; BPC = banco e praia de cúspides; BT = bancos transversais; TBM = terraço de baixa-mar). (Fonte: MUEHE, 1994).

De um modo geral, a pós-praia apresentou-se relativamente equilibrada, constituída por areia média, cuja escarpa de berma ora mostrou-se com acreção de sedimentos ora com diminuição do aporte de material sedimentar. O estirâncio foi o setor que apresentou as maiores variações morfológicas, tendo ocorrido um predomínio do estágio de erosão sobre a deposição, com uma composição granulométrica variando de fina a média e uma declividade que variou de 3 a 14°, enquanto que o setor de antepraia indicou ora deposição de bancos arenosos ora retirada dos mesmos, com uma variação textural desde areia muito fina até grossa, com maior frequência de componentes bióticos.

Os monitoramentos realizados mostraram que nem sempre ocorre um ciclo deposicional no período de verão, setembro a fevereiro, e erosivo no inverno, março a agosto, em termos genéricos, e que fatores morfológicos, hidrodinâmicos, sedimentológicos e obras de engenharia nos setores de pós-praia e estirâncio, particularmente, podem, também, controlar a morfologia de uma determinada praia.

- **Perfil P1 - Praia da Piedade**

Localizado nas imediações da Igreja Nossa Senhora da Piedade, à frente da rua Dr. Miguel Arcanjo, é marcado por um setor de pós-praia estabilizada, com cerca de 20 m de largura. O setor de estirâncio superior é marcado por uma mobilidade muito grande de sedimento, prevalecendo o estágio erosivo, apresentando uma declividade média de  $6^\circ$  e uma largura média de 45 m, enquanto que o setor de antepraia permaneceu equilibrado ao longo do período monitorado.

Em geral, ocorreu neste perfil um estágio de deposição nos meses de junho e julho de 1996, passando a uma tendência erosiva, quando ocorreu uma crescente retirada de material sedimentar entre os meses de agosto e novembro de 1996. Os meses de dezembro de 1996 e janeiro de 1997 são marcados por uma expressiva deposição arenosa, compensada por pequenas perdas nos meses de fevereiro, março e abril de 1997. As Figuras 10a e 10b mostram o conjunto de perfis e estas variações morfológicas ocorridas.

O cálculo da variação de volume de sedimentos nos meses estudados, para um comprimento de 90 m, mostrou uma taxa de erosão média anual da ordem de  $7,56 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ . As taxas máximas observadas foram de  $0,47 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$ , no mês de novembro de 1996, para o estágio de erosão, e de  $0,86 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$ , em dezembro de 1996, para o estágio de deposição (Figura 11).

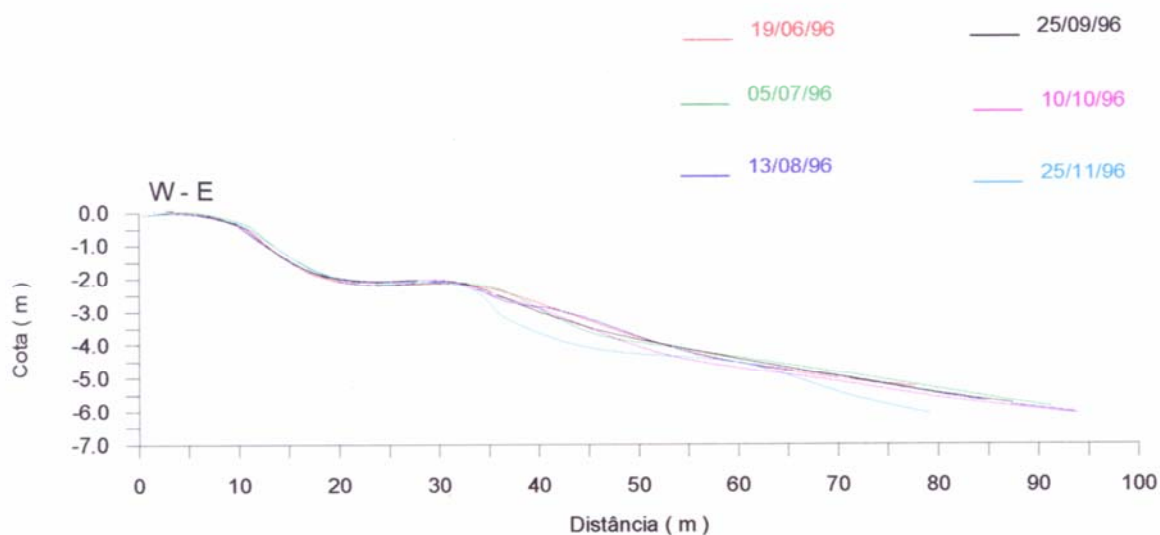


Figura 10a. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 1, no período de junho a novembro/1996

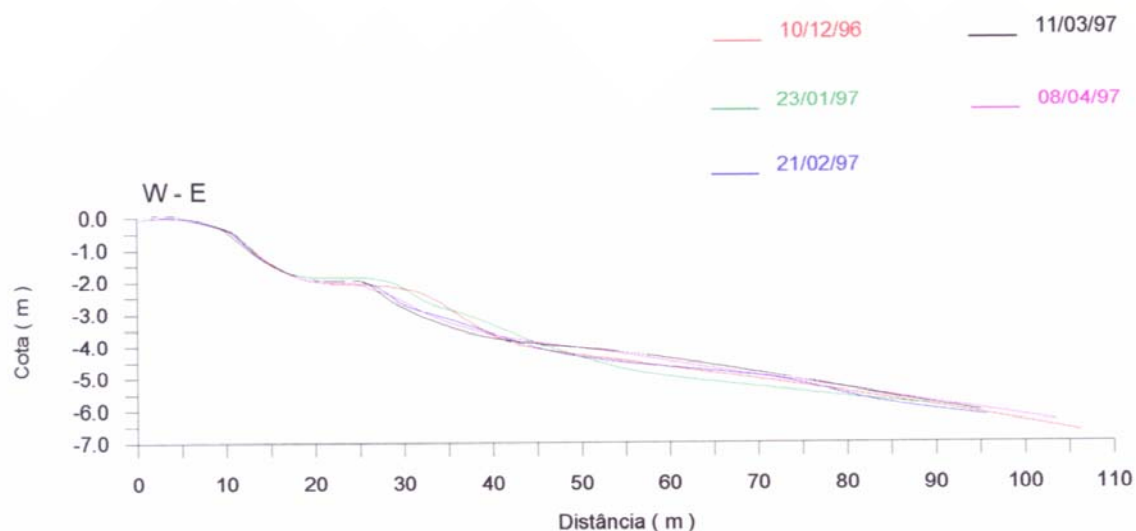


Figura 10b. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 1, no período de dezembro/1996 a abril/1997

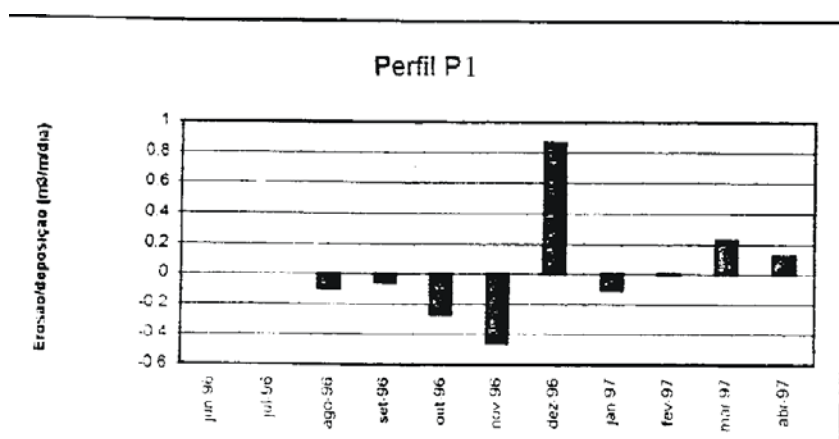


Figura 11. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P1, no período de junho/1996 a abril/1997

#### • Perfil P2 - Praia da Piedade

Localiza-se em frente à rua Domingos Sávio, nas imediações do Hotel Sheraton, apresentando um setor de pós-praia relativamente estável, com uma largura média de 50 m, tendo ocorrido um maior volume de sedimento ganho que perdido. Da escarpa de berma até o estirâncio inferior, em torno de 55 m, ocorreram as maiores variações morfológicas deste perfil. A declividade média do setor de estirâncio é de 4°. O setor de antepraia apresentou um maior acréscimo de sedimentos, visto que o recife de arenito o protege constantemente, amortecendo o impacto das maiores ondas e favorecendo a deposição do material sedimentar na base desta grande estrutura natural.

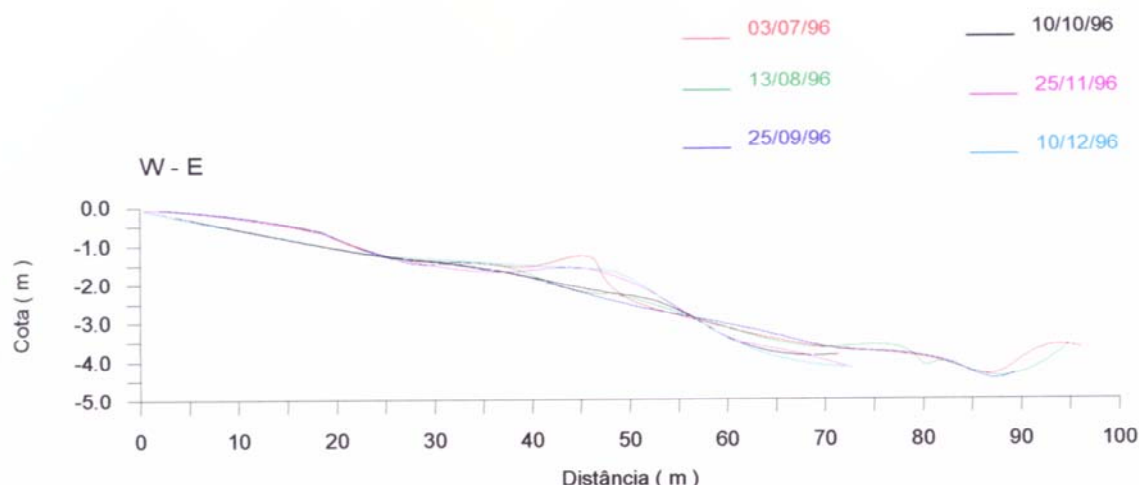


Figura 12a. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 2, no período de julho a dezembro/1996

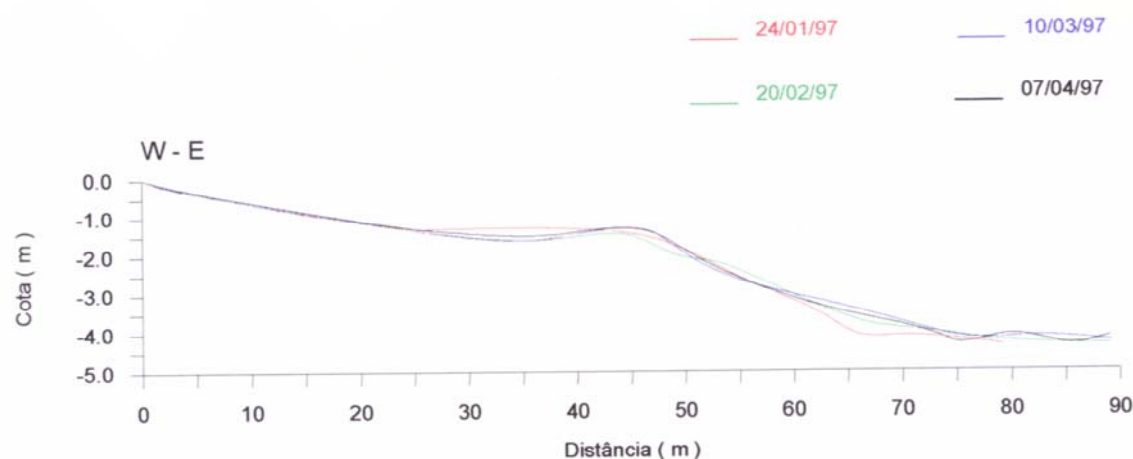


Figura 12b. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 2, no período de janeiro/1997 a abril/1997

Os meses de julho, novembro e dezembro de 1996 foram marcados por um grande estágio de deposição de sedimentos, principalmente na escarpa de berma e no estirâncio superior, enquanto que os meses de agosto, setembro e outubro de 1996, além de janeiro e fevereiro de 1997, indicaram um estágio de erosão, principalmente na escarpa de berma e no estirâncio inferior, onde ocorreram grandes remoções de material sedimentar. As Figuras 12a e 12b mostram estas variações no perfil ao longo dos meses.

O cálculo da variação de volume sedimentar realizado através dos perfis, tomando-se como comprimento padrão 60 m apontou uma tendência erosiva, com uma taxa média

anual de  $9,85 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ . A taxa máxima de remoção de material sedimentar observada foi de  $0,63 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$ , no mês de outubro de 1996, enquanto a de deposição, em novembro de 1996, alcançou  $0,16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$  (Figura 13).

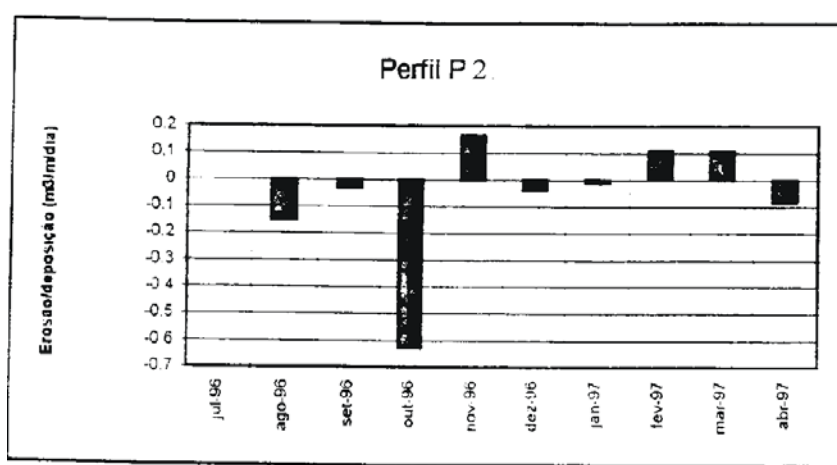


Figura 13. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P2, no período de j/1996 a abril/1997

#### • Perfil P3 - Praia da Piedade

Encontra-se localizado em frente ao balneário do SESC, próximo à rua Prof. Mário Ramos, caracterizando-se por não apresentar o setor de pós-praia, que foi totalmente ocupada e impermeabilizada por um muro de contenção vertical, e cuja base da mesma é o ponto onde surgem as mudanças morfológicas mais significativas, devido ao fato de ter ocorrido o desequilíbrio do balanço sedimentar, mostrando um setor de estirâncio com uma declividade média de  $6^\circ$  e cerca de 40 m de largura, medidos a partir da base deste muro. O balanço sedimentar no setor de antepraia manteve-se em equilíbrio, reproduzindo poucas variações morfológicas significativas ao longo do mesmo.

O estágio deposicional ocorreu nos meses de junho, setembro, novembro e dezembro de 1996, destacando-se o setor de estirâncio, enquanto que o estágio erosivo foi marcante nos meses de julho, agosto e outubro de 1996, bem como janeiro e fevereiro de 1997, podendo ser observados nas Figuras 14a e 14b.

Ocorreu, ao longo destes meses, uma taxa média de deposição de sedimentos da ordem de  $7,66 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ , cujo comprimento padrão adotado neste perfil praiial para o cálculo da variação volumétrica foi de 60 m. A taxa máxima encontrada para o estágio de erosão foi de  $1,90 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$ , no mês de fevereiro de 1997, e a deposicional, de  $0,71 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dia}$ , em março de 1997 (Figura 15).

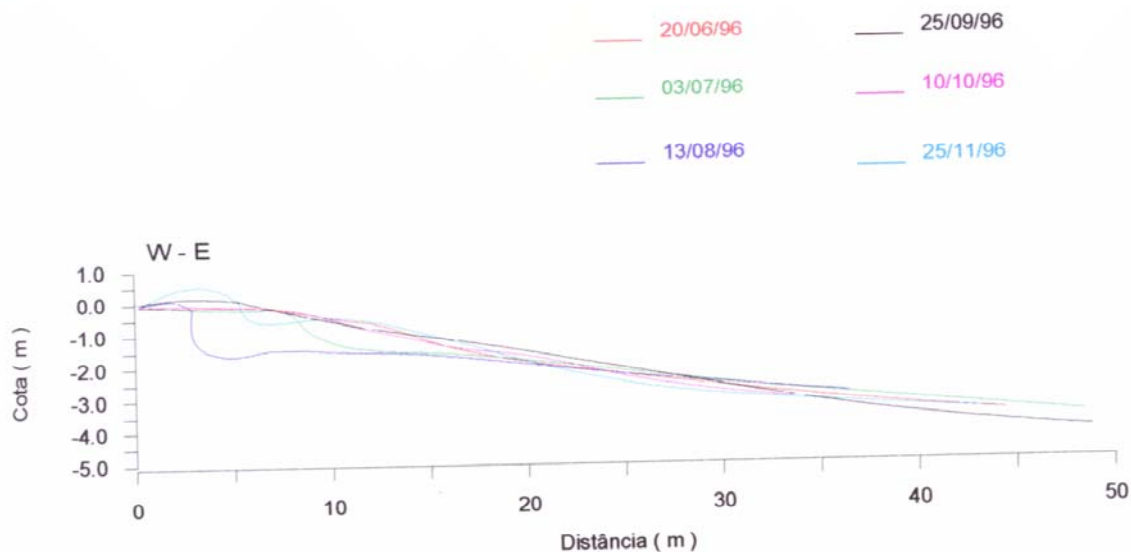


Figura 14a. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 3, no período de junho a novembro/1996

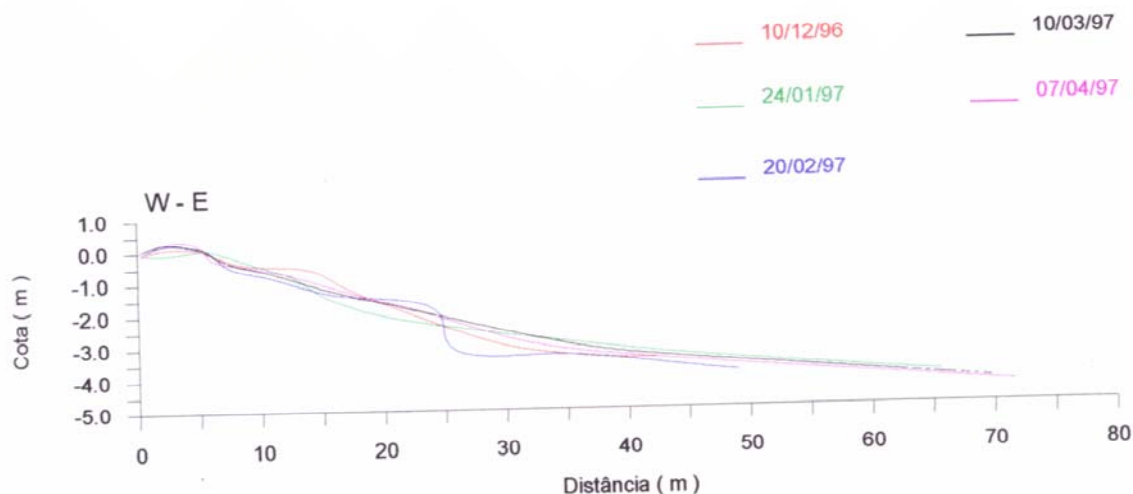


Figura 14b. Conjunto de perfis realizados na Praia da Piedade Perfil 3, no período de dezembro/1996 a abril/1997

#### • Perfil P4 - Praia das Candeias

Este perfil, localizado em frente à rua Manoel Menelau, nas imediações do antigo Bar do Caranguejo, também não possui o setor de pós-praia, que atualmente encontra-se impermeabilizado, em toda a sua extensão, com aterros e por um enrocamento projetado entre o final deste setor e o início do estirâncio superior. Da base deste enrocamento até o estirâncio inferior, tem-se uma largura média de 35 m, possuindo este setor uma declividade



média de 7°. No setor de antepraia, ocorreu uma contínua perda de material sedimentar, o que a tornou mais íngreme.

Os meses de julho e novembro de 1996 e janeiro de 1997 foram marcados por um estágio deposicional, inferior às perdas de sedimentos ocorridas em agosto, setembro, outubro e dezembro de 1996, além de fevereiro de 1997, quando ocorreram as grandes alterações deste perfil, sentidas ao longo do setor de estirâncio, representadas na Figura 16.

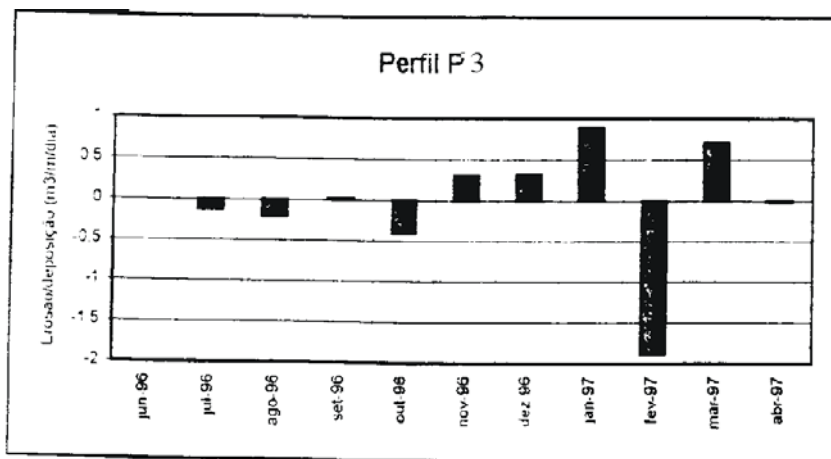


Figura 15. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P3, no período de junho/1996 a abril/1997

O cálculo da variação de volume sedimentar mostrou que neste perfil ocorreu a maior taxa média de erosão anual, em relação aos demais perfis estudados, com cerca de 48,91 m³/m/ano, tomando-se 60 m de comprimento para o cálculo de volume. O valor máximo ocorrido para o estágio de erosão foi de 3,54 m³/m/dia, no mês de outubro de 1996, e de 0,82 m³/m/dia, para o estágio de deposição, em novembro de 1996 (Figura 17).

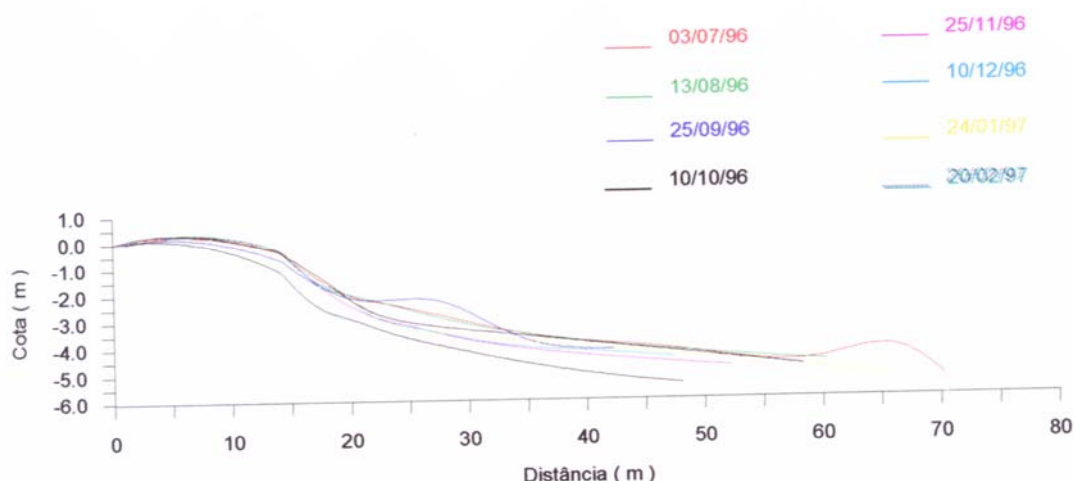


Figura 16. Conjunto de perfis realizados na Praia das Candeias Perfil 4, no período de julho/1996 a fevereiro/1997

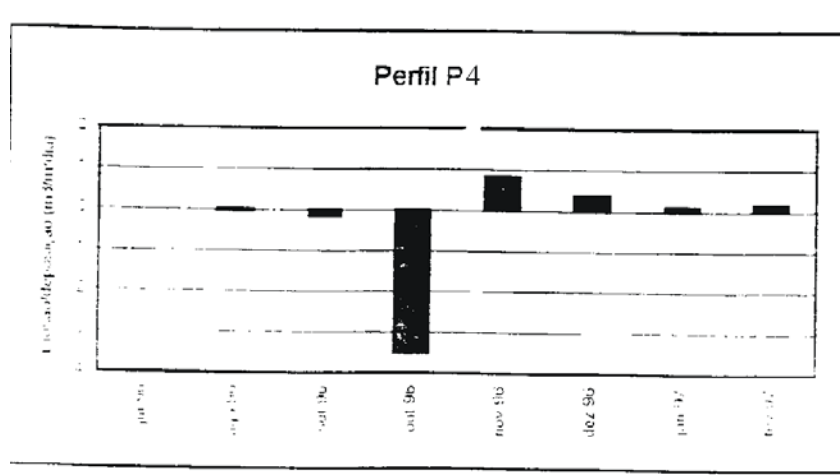


Figura 17. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P4, no período de junho/1996 a abril/1997

#### • Perfil P5 - Praia das Candeias

Está localizado nas imediações da rua Carlos Antônio Zarzar, próximo ao antigo Restaurante da Candelária, caracterizado por apresentar os três setores de praia relativamente preservados. A pós-praia possui uma largura média de 40 m, cujas maiores alterações ocorrem na escarpa de berma. O estirâncio apresenta uma largura média de 60 m e uma declividade média de 8°, sendo o setor onde ocorreram as mudanças morfológicas mais significativas. A antepraia, por sua vez, permaneceu predominantemente plana, refletindo as alternâncias dos estágios de deposição e erosão.

O início dos estudos é marcado por um estágio deposicional nos meses de junho e julho de 1996, principalmente na escarpa de berma e no estirâncio inferior. Esta situação inverteu-se nos meses de agosto e setembro de 1996, quando o perfil passou por um estágio de erosão. Os meses de outubro, novembro e dezembro de 1996 marcaram novamente um período de acumulação no mesmo, ocorrendo um incremento de sedimentos no setor de estirâncio. Posteriormente, o perfil passou a sofrer alternância de erosão e deposição a cada mês, ou seja, em janeiro e março de 1997 ocorreu remoção do material sedimentar, enquanto que nos meses de fevereiro e abril do mesmo ano o perfil caracterizou-se por um estágio de deposição. As Figuras 18a e 18b representam as modificações morfológicas ocorridas ao longo deste período.

A análise integrada do conjunto de perfis mostrou uma variação de volume sedimentar, considerando-se 70 m de comprimento para o cálculo, da ordem de 38,32 m³/m/ano para a taxa de erosão média. Os valores máximos atingidos foram de 2,37 m³/m/dia, para a erosão, em março de 1997, e de 2,70 m³/m/dia, no mês de abril de 1997, para a deposição (Figura 19).

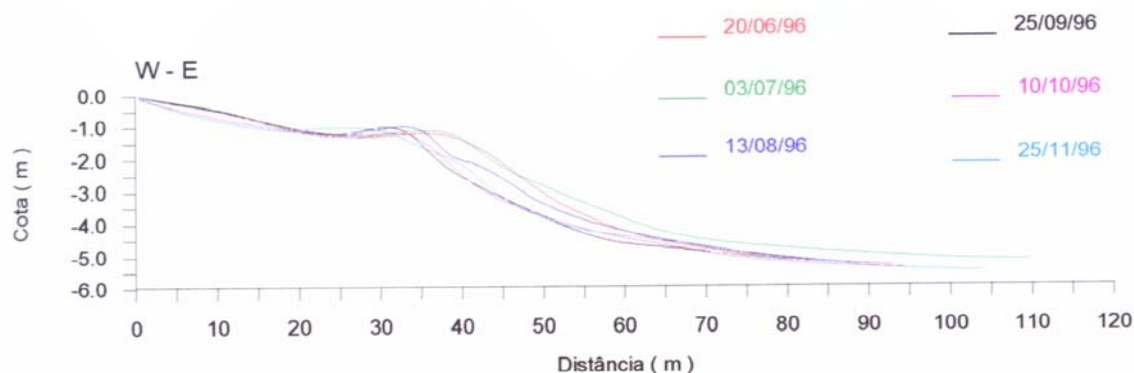


Figura 18a. Conjunto de perfis realizados na Praia das Candeias Perfil 5, no período de junho a novembro/1996

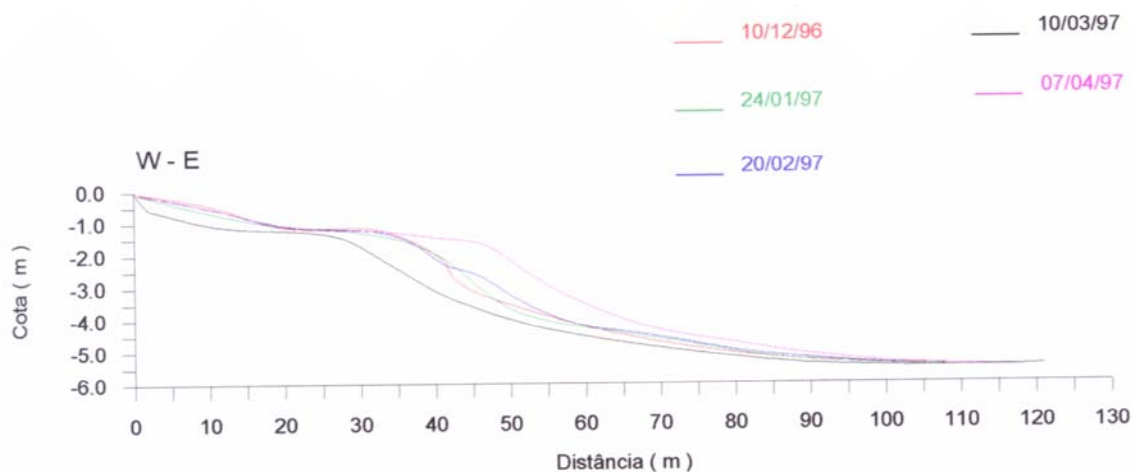


Figura 18b. Conjunto de perfis realizados na Praia das Candeias Perfil 5, no período de dezembro/1996 a abril/1997

#### • Perfil P6 - Praia da Barra das Jangadas

Localizado após a curva da avenida Bernardo Vieira de Melo, ao lado do Bar Pontal da Barra, este perfil é o que possui o melhor estado de preservação dos setores de praia. A pós-praia encontra-se com uma largura média de 40 m, sendo caracterizada pelo crescimento de vegetação rasteira e coqueiros, tendo ocorrido mais deposição do que erosão na escarpa de berma durante o período de levantamento dos dados. O setor de estirâncio superior é marcado por uma acentuada declividade média, em torno de  $8^\circ$ , que se estende por cerca de 50 m de comprimento, o mesmo não se verificando no estirâncio

inferior, com declividade média de 5°, o qual é tipicamente marcado pela presença de grandes bancos arenosos, que permanecem submersos nas preamares. A antepraia também é caracterizada pela presença dos mesmos, ocorrendo mais deposição do que erosão, e diminuindo o impacto das ondas que chegam a escarpa de berma nas marés mais fortes.

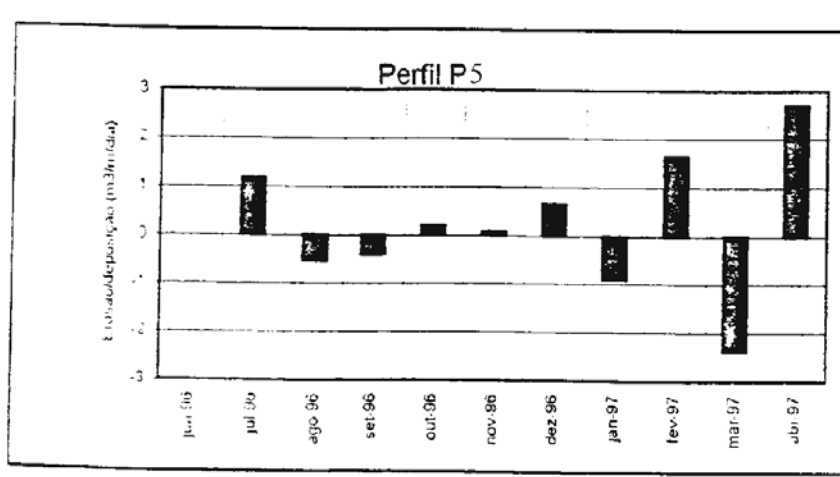


Figura 19. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P5, no período de junho/1996 a abril/1997

O conjunto de perfis (Figuras 20a e 20b) mostra que, ao longo dos meses monitorados, ora ocorreu um estágio de erosão na escarpa de berma e deposição nos setores de estirâncio e antepraia ora ocorreu o inverso. Os meses de setembro e outubro de 1996 destacaram-se por apresentar um maior incremento de sedimento na escarpa de berma, maior retirada de material no estirâncio e deposição na antepraia. No mês de dezembro de 1996, ocorreu erosão na escarpa de berma e no estirâncio, com acumulação de sedimentos na antepraia.

Apesar de mostrarem uma aparência relativamente equilibrada, verificou-se que ocorreu uma taxa de erosão média de 22,48 m³/m/ano, considerando-se 100 m de comprimento para o cálculo do volume sedimentar. A taxa máxima de erosão foi de 4,75 m³/m/dia, ocorrida no mês de dezembro de 1996, e de 3,05 m³/m/dia para deposição, ocorrida em outubro de 1996 (Figura 21).

#### 4.4 - Análise Granulométrica e a Aplicação dos Parâmetros Estatísticos Granulométricos

A Sedimentologia procura, particularmente, o significado da classificação do material pelo tamanho (BALSILLIE, 1995). Desta forma, as partículas podem ser classificadas de

acordo com os valores existentes em uma determinada escala granulométrica, cujos valores são expressos em milímetros (mm) ou em phi ( $\phi$ ).

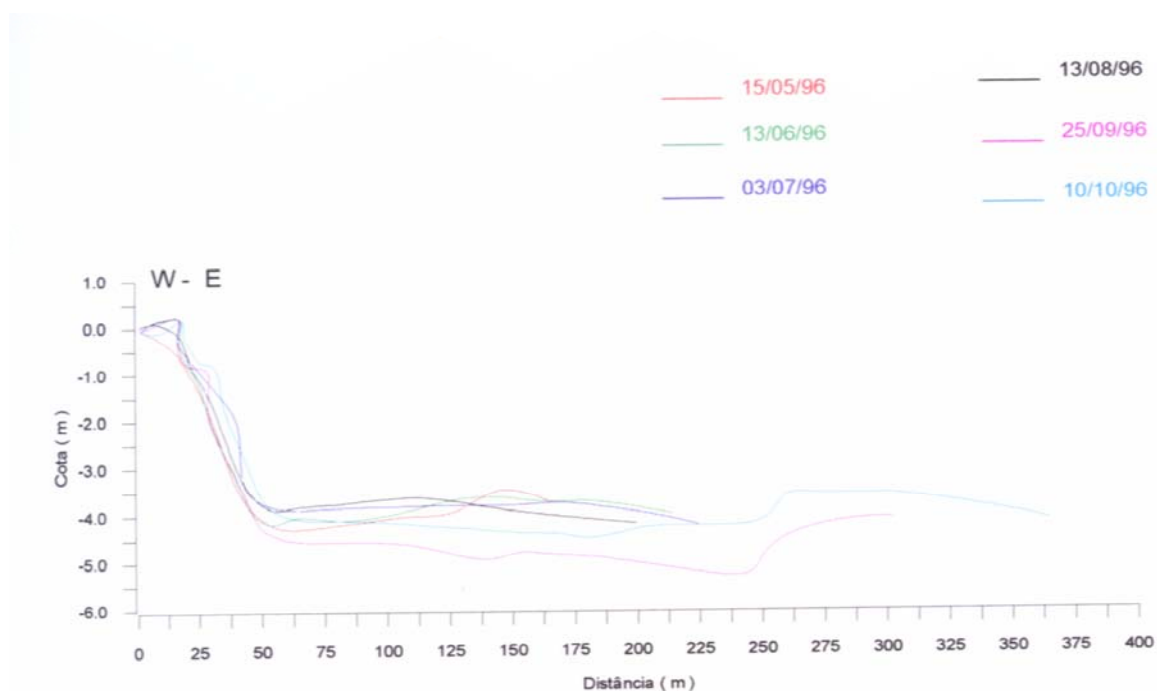


Figura 20a. Conjunto de perfis realizados na Praia da Barra das Jangadas Perfil 6, no período de abril a outubro/1996

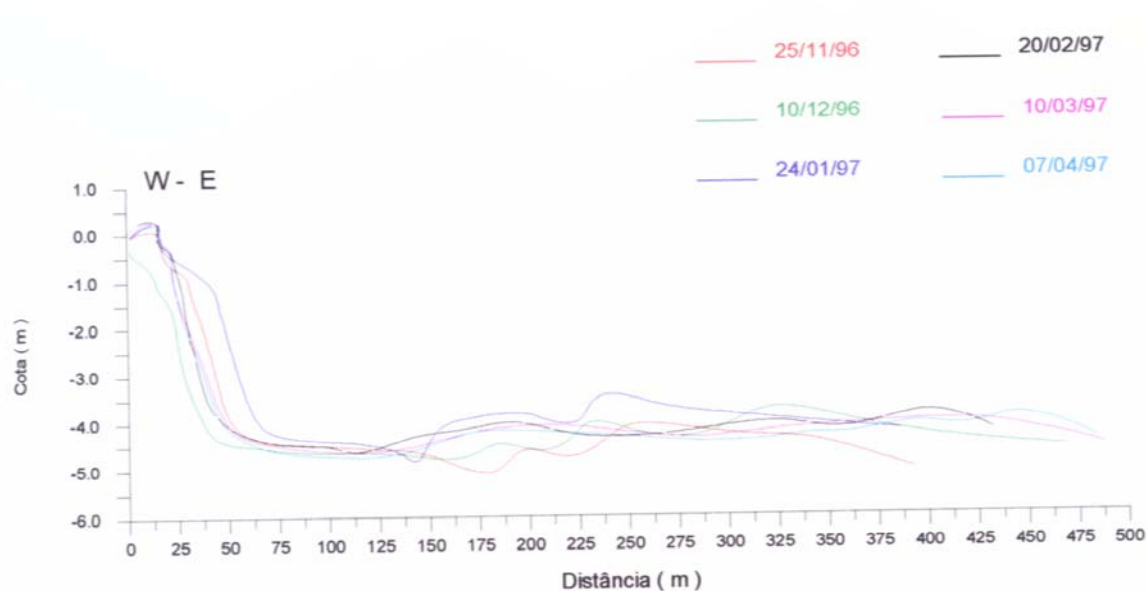


Figura 20b. Conjunto de perfis realizados na Praia da Barra das Jangadas Perfil 6, no período de novembro/1996 a abril/1997

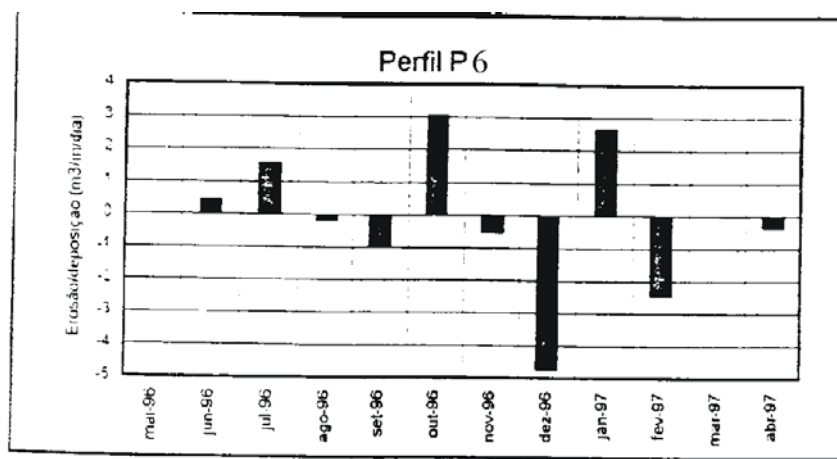


Figura 21. Taxa de erosão/deposição mensal do perfil P6, no período de junho/1996 a abril/1997

A escala granulométrica mais usada é a de WENTWORTH (1922 *apud* SUGUIO, 1973), que pode ser observada e comparada a de outros autores como ATTERBERG e BOGOMOLOV (PONZI, 1995), representadas na Tabela 2.

Phi (Ø)	Diâmetro (mm)	Wentworth (Americana)	Diâmetro (mm)	Atterberg (modernizada) (Alemã)	Diâmetro (mm)	Bogomolov (U. Soviética)	Tipo de Sedimento	
-10	1 024	MATACÃO	60	BLOCO	200 100 60	Grande Médio	BLOCO	
-8	256	BLOCO	20	Grande	20 10	Fino		
-6	64			Médio		SEIXO	Grande	
		SEIXO		Médio				SEIXO
-2	4	GRÂNULO	6	Fino	4	Pequeno		
-1	2		2	Grossa	2	Muito grossa		
0	1	Muito grossa	0,6	Grossa	1	Muito grossa		
		Grossa	0,2	Média		Grande		
1	1/2	Média	AREIA	Fina	AREIA	0,5	Média	AREIA
2	1/4	Fina				0,25	Fina	
3	1/8	Muito fina	0,06			0,10	Muito fina	
4	1/16	Grosso				0,05		
5	1/32	Médio	0,02	Grosso	SILTE	0,01	Grosso	SILTE
6	1/64	Fino	0,006	Médio		Fino		
7	1/128	Muito fino	0,002	Fino		0,005 0,001		ARGILA
8	1/256							
9	1/512	Argila	ARGILA	ARGILA		Grossa	ARGILA	
10	1/1 024							
11	1/2 048	Ultra-argila						

Tabela 2 – Escalas granulométricas comparativas de Wentworth, Atterberg e Bogomolov. (Fonte: Ponzi, 1995. Modificado).

A unidade phi (Ø), de origem grega, é numericamente definida por:

$$\varnothing = -\log_2 d, \text{ onde } d \text{ é o diâmetro da partícula em tamanho milimétrico (mm).}$$

Por convenção, temos:

$$d \text{ (mm)} = 2^{-\varnothing}.$$

Para BALSILLIE (1995), sedimentos carregados com minerais pesados, como magnetita e ilmenita, por exemplo, comportam-se de maneira diferente em relação ao quartzo, podendo alterar a interpretação granulométrica, gerando resultados diferentes.

Partículas de tamanho médio areia respondem de maneira oportuna durante processos aéreos e hidrodinâmicos (ventos, ondas, marés astronômicas, correntes, etc.). Em consequência, sedimentos que possuem características semelhantes podem dar informações a respeito do transporte e da paleogeografia de uma determinada área (BALSILLIE, *op. cit.*).

Para MIDDLETON (1976 *apud* NETTO, 1980), a observação dos sedimentos nos seus ambientes naturais mostrou que os grãos de arenito preservados no registro geológico representam uma amostra de material transportado por três processos independentes:

- ⇒ grãos maiores → transportados por tração ou arrasto;
- ⇒ grãos de tamanhos intermediários → transportados por saltação em meio fluido;
- ⇒ grãos menores → transportados em suspensão.

Os métodos de análises granulométricas procuram determinar as percentagens, em peso, dos grãos existentes em cada classe granulométrica. Em seguida, esses dados deverão ser convertidos em informações numéricas ou gráficas, que servirão para descrições texturais e estudo do comportamento dos sedimentos durante o transporte e deposição, além de comparar as variações granulométricas de um conjunto de amostras através da observação visual dos resultados (MCMANUS, 1988).

Após ter sido realizado o método de análise granulométrica adequado e sendo o sedimento formado por uma porção detrítica, é possível tomar os dados obtidos e fazer um estudo mais minucioso do ponto de vista quantitativo, com a aplicação da análise estatística.

Os dados obtidos devem, primeiramente, ser apresentados na forma de tabelas e gráficos, em seguida serão aplicados os parâmetros estatísticos convenientes, para depois tentar estabelecer algumas interpretações sobre o material sedimentar analisado.

Os principais elementos de análise estatística são as medidas de tendência central, os graus de seleção e de assimetria e a curtose, descritos a seguir.

#### • Tendência Central

FOLK & WARD (1957) definiram o diâmetro da mediana ( $\phi$ ) como:

$M_{d\phi} = \phi_{50}$ , que define a granulometria que separa a amostra analisada em duas partes iguais em peso, correspondente a 50 % da distribuição sobre os gráficos de frequências acumulativas.

### • Grau de Seleção

Foi sugerido por FOLK & WARD (*op. cit.*) o uso de uma medida de seleção em que eles chamaram de desvio padrão gráfico, calculado através da fórmula:

$$\sigma_I = \frac{(\phi_{84} - \phi_{16})}{4} + \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{6,6}, \text{ da qual pode-se estabelecer:}$$

- $\sigma_I < 0,35 \Rightarrow$  muito bem selecionado;
- $0,35 < \sigma_I < 0,50 \Rightarrow$  bem selecionado;
- $0,50 < \sigma_I < 1,00 \Rightarrow$  moderadamente selecionado;
- $1,00 < \sigma_I < 2,00 \Rightarrow$  pobremente selecionado;
- $2,00 < \sigma_I < 4,00 \Rightarrow$  muito pobremente selecionado;
- $\sigma_I > 4,00 \Rightarrow$  extremamente mal selecionado.

- Ambientes de alta energia  $\rightarrow$  praias e dunas - predominam areias finas a médias bem selecionadas;
- Ambientes mistos  $\rightarrow$  estuários e áreas transicionais costeiras - sedimentos com grãos bem e mal selecionados;
- Ambientes de baixa energia  $\rightarrow$  lagoas e baías - grãos com seleção pobre, em virtude da variação dos tamanhos associados entre si, tais como: cascalho, areia e lama.

### • Grau de Assimetria

Foi sugerido por FOLK & WARD (1957) a assimetria gráfica inclusa:

$$S_{K_I} = \frac{(\phi_{16} + \phi_{84} - 2 \cdot \phi_{50})}{2 \cdot (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_5 + \phi_{95} - 2 \cdot \phi_{50})}{2 \cdot (\phi_{95} - \phi_5)}, \text{ podendo ocorrer:}$$

- $-1,00 < S_{K_I} < -0,30 \Rightarrow$  assimetria muito negativa;
- $-0,30 < S_{K_I} < -0,10 \Rightarrow$  assimetria negativa;
- $-0,10 < S_{K_I} < +0,10 \Rightarrow$  aproximadamente simétrica;
- $+0,10 < S_{K_I} < +0,30 \Rightarrow$  assimetria positiva;
- $S_{K_I} > +0,30 \Rightarrow$  assimetria muito positiva.

### • Curtose

A maior parte das medidas de curtose ou grau de agudez da curva, denotam a razão entre as dispersões (espalhamento) na parte central e nas caudas das curvas de distribuição. Muitos autores preferem usá-la como uma medida do grau de seleção.

A curtose pode ser calculada, segundo FOLK & WARD (*op. cit.*), por:



$$K_G = \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25})}, \text{ em que foi chamada de curtose gráfica, estabelecendo os}$$

seguintes limites:

- $K_G < 0,67 \Rightarrow$  muito platicúrtica  $\rightarrow$  distribuição bimodal, com duas modas iguais e amplamente separadas;
- $0,67 < K_G < 0,90 \Rightarrow$  platicúrtica  $\rightarrow$  pode indicar mistura de populações diferentes;
- $0,90 < K_G < 1,11 \Rightarrow$  mesocúrtica;
- $1,11 < K_G < 1,50 \Rightarrow$  leptocúrtica  $\rightarrow$  pode indicar remoção de uma fração dos sedimentos, por meio de correntes de fundo;
- $K_G > 3,00 \Rightarrow$  extremamente leptocúrtica.

Para cada amostra, é necessário fazer um histograma. Desta forma, é mais aconselhável utilizar o diagrama do tipo curva acumulativa, através do qual é possível colocar os dados das análises granulométricas de mais de uma amostra. Dependendo da escala empregada, no eixo X, pode-se usar uma escala logarítmica ou aritmética, enquanto que, no eixo Y, usa-se uma escala aritmética ou de probabilidade de Gauss (MABESOONE, 1983).

As curvas de freqüências simples permitem a visualização da assimetria e da curtose, enquanto que as curvas de freqüências acumuladas têm a vantagem de permitir a leitura de diferentes percentis e outros parâmetros estatísticos. Em cada ponto da curva, de uma determinada granulometria, são facilmente extraídos os tamanhos das partículas e as suas respectivas percentagens. Tais curvas são construídas colocando-se uma escala de granulação ao longo do eixo da abscissa e uma escala de freqüência (0 a 100%) ao longo do eixo das ordenadas. A curva que passa pelos pontos determinados resultará na curva acumulativa. A classe mais abundante (modal) situa-se na parte mais inclinada da curva. Irregularidades nas curvas, através da acentuação da declividade da curva, indicam classes modais secundárias. A Figura 22 representa, graficamente, as medidas de curtose e assimetria.

Após a construção dos gráficos, é necessário aplicar os parâmetros estatísticos para expressar numericamente as diferenças entre as curvas de freqüência.

O padrão das curvas acumulativas de tamanho é uma função dos processos formadores dos sedimentos e da disponibilidade dos grãos nas várias classes de tamanho do material liberado na área fonte, refletindo ainda o selecionamento dos grãos. Dificilmente, a configuração das curvas segue um traçado retilíneo contínuo ou em formato de “S”, pois

configuram dois ou mais segmentos de retas com declives distintos, separados por uma nítida quebra entre os mesmos (PONZI, 1995).

VISHER (1969 *apud* PONÇANO, 1986), através dos resultados obtidos em mais de 2.000 amostras sedimentares, propõe que os modos fundamentais de transporte sedimentar (arrasto, saltação e suspensão) acham-se registrados nas curvas acumulativas, por meio de inflexões significativas. A seleção, a variação do tamanho e pontos de truncamento dessas populações permite compreender a ação de correntes e ondas, além da proveniência e as taxas de deposição dos sedimentos.

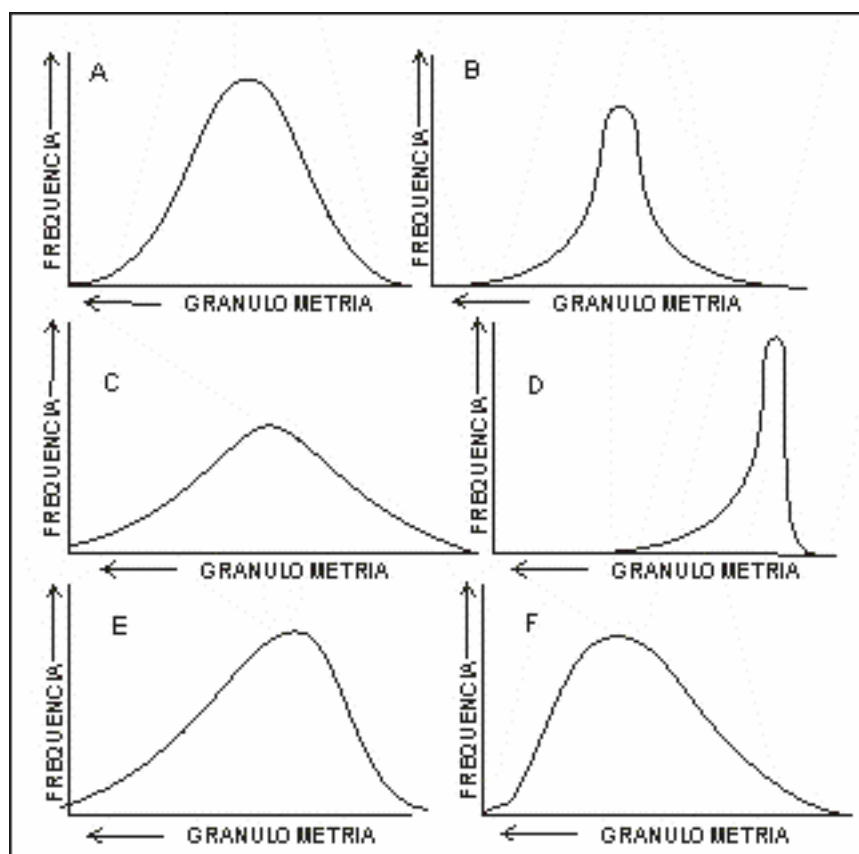


Figura 22 - Curvas de freqüências simples, representando o comportamento dos graus de curtose e assimetria. As curvas A (mesocúrtica e simétrica) e B (leptocúrtica e simétrica) são mais selecionadas que a curva C (platicúrtica e simétrica); a curva D e E possuem assimetria negativa; e a curva F, assimetria positiva. (Fonte: SUGUIO, 1973).

O declive de cada segmento de reta e a posição das quebras entre os segmentos refletem os mecanismos de deposição, que estão representados na Figura 23, na qual aparece a relação do tamanho do grão (mm ou  $\phi$ ) com a freqüência acumulada ( % ) de populações de areia de praia da zona de arrebentação das ondas, em que a dinâmica do transporte sedimentar gerou quatro segmentos de retas:

- 1 — segmento indicando mobilização dos sedimentos grosseiros por processo de rolamento ou tração ( **A** );
- 2 — segmento indicando uma população por saltação ( **B** );
- 3 — segmento representando uma sub-população que foi removida através de corrente pelo processo de saltação, na porção central ( **C** ); e
- 4 — segmento correspondente aos sedimentos finos que foram mobilizados suspensão ( **D** ).

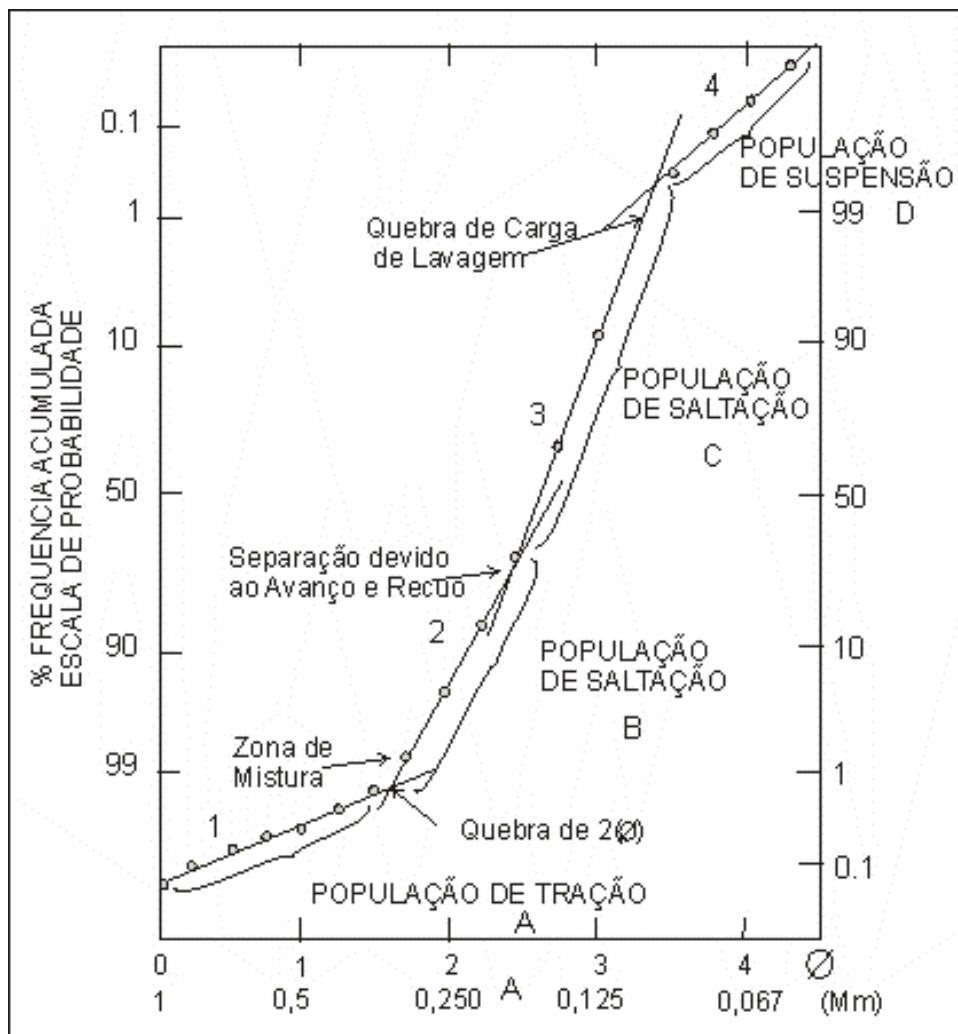


Figura 23 - Relação entre a dinâmica de transporte de sedimentos e as populações definidas por pontos de truncamento em uma distribuição granulométrica. (Fonte: PONZI, 1995).

#### 4.4.1 - Interpretações dos Parâmetros Estatísticos Granulométricos

Diante das mais diversas interpretações dos parâmetros estatísticos granulométricos, que podem ser aplicados para ambientes costeiros, podemos citar:

- a assimetria e a curtose, que, segundo FOLK & WARD (1957), fornecem um meio para determinação da bimodalidade de uma curva;

- sedimentos que mostram linhas quase retas sobre o papel de probabilidade, que indicam a normalidade da sua distribuição granulométrica, como pode ocorrer em algumas areias de praia;

- sedimentos que mostram altos valores de curtose e uma assimetria positiva indicam pequeno volume de silte fino incluso nos mesmos, como pode ocorrer em areias de dunas;

- valores de curtose muito altos e muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi selecionado em uma região de alta energia, posteriormente transportado, sem mudanças significativas das suas características, para um outro ambiente, até que o mesmo foi misturado com outro sedimento, possivelmente em um regime de baixa energia, gerando um sedimento fortemente bimodal;

- com base em vários estudos, MASON & FOLK (1958 *apud* PONÇANO, 1986), chegaram a conclusão que areias de praia possuem assimetria negativa, características de fluxos bidirecionais, enquanto que areias de dunas possuem assimetria positiva. Posteriormente, FRIEDMAN (1961 *apud* PONÇANO, 1986) confirmou essas conclusões;

- para DUANE (1964 *apud* VILAS BOAS & BITTENCOURT, 1992), a assimetria negativa é produzida pela remoção das partículas finas devido à ação do peneiramento natural, enquanto que a assimetria positiva resulta da acumulação de sedimentos finos em ambientes fechados;

- ALLEN (1971 *apud* VILAS BOAS & BITTENCOURT, *op. cit.*), estudando a relação entre a distribuição dos parâmetros com os padrões de corrente no estuário de Gironde (França), chegou à conclusão que o tamanho médio, a assimetria e o grau de seleção das areias são inversamente proporcionais à taxa de atividade das ondas e marés, afirmando que os padrões texturais são bons indicadores da variação de energia em áreas complexas e multiambientais, como os estuários;

- CRONAN (1972 *apud* SUGUIO, 1973), estudando sedimentos do nordeste do Mar da Irlanda, concluiu que as variações na assimetria e na curtose estão relacionadas com a mistura de duas ou mais populações granulométricas em proporções variadas;

- o desvio padrão tem um significado muito importante, que é a capacidade dos diferentes agentes geológicos de poder selecionar um determinado sedimento;

- para SAHU (1964), o desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento, indicando as flutuações das condições de energia cinética do agente depositante;

- vários autores consideram a assimetria como sendo o parâmetro granulométrico mais sensível para se caracterizar um ambiente, principalmente com relação ao nível energético do mesmo (alta e baixa energias);

- para autores como DUANE (1964 *apud* VIEIRA, 1995) e FRIEDMAN (1967 *apud* VIEIRA, *op. cit.*), o sinal da assimetria em lagoas preenchidas por sedimentos finos,

- transportados pelo vento e por ondas, sob regime de baixa energia dominante, é praticamente positivo, como ocorre na Lagoa Mirim (RS);
- distribuições mesocúrticas estão, na maioria das vezes, representadas por amostras arenosas puras, unimodais e ocorrem de maneira restrita, representando uma distribuição normal em torno da curva (PONZI, 1995);
- o diâmetro médio e o desvio padrão envolvem as noções de distância da área fonte e do grau de seleção, sendo melhor estudados por meio de populações bimodais submetidas ao mesmo transporte, onde o diâmetro médio seria função da disponibilidade local de sedimentos de uma ou mais modas (FOLK & WARD, 1957);
- a mediana e o desvio padrão são fortemente influenciados pelas características granulométricas do material fornecido pela rocha fonte (VILAS BOAS & BITTENCOURT, 1992);
- a granulometria das areias das dunas são muito mais finas e possui uma mediana inferior, em comparação com as areias das praias (OTTMANN, 1967);
- o padrão das curvas cumulativas do tamanho é uma função dos processos formadores dos sedimentos e da disponibilidade dos grãos nas várias classes de tamanho do material liberado na área fonte, refletindo, também, o selecionamento dos grãos (PONZI, 1995); e
- o tamanho médio ( $M_z$ ) é a tendência central ou o tamanho médio do sedimento, indicando a energia cinética média (velocidade) do agente deposicional, sendo dependente da distribuição do tamanho e da disponibilidade do material da fonte (SAHU, 1964).

#### **4.4.1.1 - Descrição Sedimentológica dos Pontos de Coletas**

Os resultados das análises granulométricas dos sedimentos, coletadas nos setores de pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia, além do banco arenoso da praia da Barra das Jangadas, estão representados nas Tabelas 3 a 11, cujas características serão descritas a seguir

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO
								CASCALHO	AREIA	LAMA	
					(Phi)						
P1 - PP	agosto-96	1473	1664	0,647	0,516	0,840	1473	0,000	99,060	0,940	Areia média, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito positiva.
P1 - P	agosto-96	1312	1511	0,471	0,574	1,740	1312	0,000	99,880	0,120	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P1 - AP	agosto-96	1432	1350	1600	-0,086	0,829	1432	5,750	92,330	1,920	Areia média, pobremente selecionada, platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P2 - PP	agosto-96	1317	1367	0,384	0,027	1,420	1317	2,070	96,200	1,730	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P2 - P	agosto-96	2167	2165	0,838	0,022	0,873	2167	0,000	98,730	1,270	Areia fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P2 - AP	agosto-96	3178	2,972	0,482	-0,567	1,685	3178	0,000	97,290	2,710	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P3 - P	agosto-96	2,052	1,848	0,809	-0,331	1,120	2,052	0,120	98,860	1,020	Areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P3 - AP	agosto-96	2,458	2,287	1,241	-0,383	1,490	2,458	4,520	93,320	2,160	Areia fina, pobrementemente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P4 - P	agosto-96	3,234	3,234	0,374	-0,065	2,490	3,234	0,080	94,710	5,210	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P4 - AP	agosto-96	1433	1634	0,524	0,470	0,586	1433	0,000	99,820	0,180	Areia média, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito positiva.
P5 - PP	agosto-96	1282	1456	0,552	0,313	2,545	1282	0,000	99,620	0,380	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P5 - P	agosto-96	3,251	3,251	0,872	-0,308	6,732	3,251	4,540	85,860	9,600	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P5 - AP	agosto-96	1447	1871	0,944	0,474	1,038	1447	0,110	98,630	1,260	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito positiva.
P6 - PP	agosto-96	1372	1587	0,520	0,521	0,612	1372	0,020	98,710	1,280	Areia média, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito positiva.
P6 - P	agosto-96	1198	1019	0,439	-0,575	1,788	1198	0,000	99,810	0,190	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6-Banod	agosto-96	1205	1033	0,437	-0,570	1,790	1205	0,240	99,100	0,660	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6 - AP	agosto-96	1245	1245	0,385	-0,011	2,595	1245	0,050	99,800	0,150	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.

Tabela 3 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de agosto/1996.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA (Phi)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	PHI 50	X DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO
								CASCALHO	AREIA	LAMA	
P1-PP	Setembro-96	1,300	1,480	0,444	0,575	1,798	1,300	0,015	99,873	0,112	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P1-P	Setembro-96	1,316	1,532	0,855	0,271	0,967	1,316	0,000	98,953	1,047	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.
P1-AP	Setembro-96	1,441	1,252	1,657	-0,157	0,890	1,441	10,771	87,602	1,627	Areia média, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria negativa.
	Setembro-96										
P2-PP	Setembro-96	1,298	1,510	0,671	0,243	1,082	1,298	2,652	96,166	1,182	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.
P2-P	Setembro-96	2,097	1,908	0,639	-0,205	0,866	2,097	0,000	99,234	0,766	Areia fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria negativa.
P2-AP	Setembro-96	3,020	2,820	0,661	-0,533	0,860	3,017	0,047	98,089	1,864	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.
	Setembro-96										
P3-P	Setembro-96	1,321	1,532	0,620	0,286	0,977	0,977	0,077	98,481	1,442	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.
P3-AP	Setembro-96	3,163	2,945	0,505	-0,561	0,665	3,163	0,395	96,244	3,361	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito negativa.
	Setembro-96										
P4-P	Setembro-96	1,330	1,548	0,620	0,311	0,952	1,330	0,389	98,844	0,767	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito positiva.
P4-AP	Setembro-96	2,254	1,988	1,421	-0,370	0,926	2,254	5,711	91,588	2,701	Areia fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.
	Setembro-96										
P5-PP	Setembro-96	1,255	1,255	0,428	0,009	2,691	1,255	0,325	99,264	0,411	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P5-P	Setembro-96	1,485	1,672	0,647	0,508	0,842	1,485	0,071	99,050	0,879	Areia média, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito positiva.
P5-AP	Setembro-96	3,242	3,242	0,935	-0,334	7,436	3,243	5,748	86,775	7,477	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.
	Setembro-96										
P6-PP	Setembro-96	1,354	1,570	0,515	0,534	0,628	1,354	0,000	99,426	0,574	Areia média, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito positiva.
P6-P	Setembro-96	1,224	1,224	0,282	-0,294	1,796	1,224	0,000	99,709	0,291	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.
P6-Bancod	Setembro-96	1,218	1,218	0,300	-0,295	1,799	1,218	0,063	99,136	0,801	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.
P6-AP	Setembro-96	1,220	1,220	0,294	-0,295	1,798	1,221	0,000	99,426	0,574	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.

Tabela 4 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de setembro/1996.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTÓSE	PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO	
				(Phi)				CASCALHO	AREIA	LAMA		
P1 - PP	outubro-96	1,280	1,280	0,300	0,300	1,846	1,280	0,000	98,672	1,328	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P1 - P	outubro-96	1,316	1,514	0,662	0,260	0,971	1,316	0,000	99,765	0,235	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.	
P1 - AP	outubro-96	1,425	1,275	1,634	-0,142	0,908	1,425	9,957	89,711	0,332	Areia média, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria negativa.	
P2 - PP	outubro-96	1,308	1,340	1,022	0,005	1,466	1,308	2,316	95,449	2,235	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P2 - P	outubro-96	0,389	0,644	0,798	0,439	1,113	0,389	0,036	99,781	0,183	Areia grossa, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P2 - AP	outubro-96	3,105	2,610	2,239	-0,832	4,147	3,105	10,080	88,340	1,580	Areia muito fina, muito pobremente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P3 - P	outubro-96	1,228	1,228	0,438	-0,016	2,644	1,288	0,436	99,064	0,500	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P3 - AP	outubro-96	1,181	0,966	0,582	-0,372	2,291	1,182	0,914	98,367	0,719	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P4 - P	outubro-96	2,006	1,849	0,627	-0,153	0,817	2,006	0,000	99,988	0,012	Areia fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria negativa.	
P4 - AP	outubro-96	0,288	0,587	1,508	0,418	1,157	0,288	1,373	88,716	9,911	Areia grossa, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P5 - PP	outubro-96	1,243	1,243	0,388	-0,017	2,598	1,243	0,073	99,859	0,068	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P5 - P	outubro-96	2,068	1,872	0,522	-0,430	0,581	2,068	0,000	99,414	0,586	Areia fina, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito negativa.	
P5 - AP	outubro-96	3,259	3,259	0,270	0,278	1,663	3,259	1,551	90,956	7,493	Areia muito fina, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.	
P6 - PP	outubro-96	1,356	1,570	0,514	0,527	0,622	1,356	0,010	99,286	0,704	Areia média, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e assimetria muito positiva.	
P6 - P	outubro-96	1,237	1,237	0,247	-0,267	1,585	1,237	0,000	99,899	0,101	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.	
P6 - Banc	outubro-96	1,234	1,234	0,272	-0,286	1,725	1,234	0,000	99,558	0,442	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.	
P6 - AP	outubro-96	-0,652	0,036	1,347	0,670	1,479	-0,652	0,119	99,428	0,453	Areia muito grossa, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.	

Tabela 5 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de outubro/1996.



AMOSTRA	COLETA	MEDIANA (Phi)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO	
								CASCALHO	AREIA	LAMA		
P1 - PP	Novembro-96	1,281	1,281	0,388	0,077	2,440	1,281	0,000	99,619	0,381	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - P	Novembro-96	2,235	2,242	0,857	0,014	0,575	2,235	0,000	98,278	1,722	Areia fina, moderadamente selecionada, muito platiocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - AP	Novembro-96	3,202	3,032	0,437	-0,581	1,881	3,202	0,000	99,785	0,215	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
	Novembro-96											
P2 - PP	Novembro-96	1,335	1,550	0,655	0,256	0,957	1,335	0,770	98,185	1,045	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.	
P2 - P	Novembro-96	1,162	0,951	0,683	-0,235	0,917	1,162	0,855	98,598	0,547	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria negativa.	
P2 - AP	Novembro-96	0,116	-0,097	0,739	-0,200	0,921	0,116	10,361	88,048	1,591	Areia grossa, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria negativa.	
	Novembro-96											
P3 - P	Novembro-96	1,298	1,498	0,594	0,316	2,442	1,298	0,091	99,663	0,246	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P3 - AP	Novembro-96	1,300	1,359	0,976	0,169	1,248	1,300	0,585	98,034	1,381	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria positiva.	
	Novembro-96											
P4 - P	Novembro-96	1,326	1,353	1,147	0,017	1,410	1,326	2,798	95,346	1,856	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P4 - AP	Novembro-96	2,360	2,260	1,180	-0,138	0,800	2,360	1,674	92,719	5,607	Areia fina, pobremente selecionada, platiocúrtica e assimetria negativa.	
	Novembro-96											
P5 - PP	Novembro-96	1,241	1,241	0,357	-0,047	2,432	1,241	0,000	99,824	0,176	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P5 - P	Novembro-96	3,165	2,920	0,828	-0,707	1,560	3,165	2,225	94,302	3,473	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P5 - AP	Novembro-96	3,246	3,246	0,285	-0,302	1,863	3,247	2,406	93,374	4,220	Areia muito fina, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
	Novembro-96											
P6 - PP	Novembro-96	1,329	1,540	0,496	0,554	0,666	1,329	0,007	99,361	0,632	Areia média, bem selecionada, muito platiocúrtica e assimetria muito positiva.	
P6 - P	Novembro-96	1,240	1,240	0,695	0,242	5,235	1,240	0,000	92,863	7,137	Areia média, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria positiva.	
P6-Banc	Novembro-96	1,226	1,226	0,292	-0,293	1,783	1,226	0,021	98,788	1,191	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.	
P6 - AP	Novembro-96	3,081	2,868	0,622	-0,569	0,830	3,081	0,000	98,890	1,110	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platiocúrtica e assimetria muito negativa.	

Tabela 6 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de novembro/1996.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA (Phi)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTÓSE	PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO	
								CASALHO	AREIA	LAMA		
P1 - PP	Dezembro-96	1,265	1,265	0,395	0,046	2,600	1,265	0,000	99,446	0,554	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - P	Dezembro-96	2,220	2,240	0,876	0,039	0,584	2,220	0,000	95,245	4,755	Areia fina, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - AP	Dezembro-96	3,196	3,010	0,460	-0,590	1,879	3,196	0,000	99,239	0,761	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
	Dezembro-96											
P2 - PP	Dezembro-96	1,366	1,582	0,798	0,383	1,251	1,366	1,002	95,556	3,442	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P2 - P	Dezembro-96	1,164	1,119	0,907	-0,132	1,140	1,164	0,997	98,148	0,855	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria negativa.	
P2 - AP	Dezembro-96	0,138	0,117	1,122	0,185	1,460	0,138	9,985	89,781	0,234	Areia grossa, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria positiva.	
	Dezembro-96											
P3 - P	Dezembro-96	1,300	1,505	0,601	0,318	2,500	1,300	0,009	98,615	1,376	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P3 - AP	Dezembro-96	1,298	1,365	0,980	0,175	1,277	1,298	0,733	97,744	1,523	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria positiva.	
	Dezembro-96											
P4 - P	Dezembro-96	1,382	1,635	1,287	0,148	1,310	1,382	2,551	94,155	3,294	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria positiva.	
P4 - AP	Dezembro-96	2,345	2,244	1,095	-0,231	0,684	2,345	1,583	94,849	3,568	Areia fina, pobremente selecionada, platocúrtica e assimetria negativa.	
	Dezembro-96											
P5 - PP	Dezembro-96	1,251	1,251	0,385	0,014	2,622	1,251	0,000	99,390	0,610	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P5 - P	Dezembro-96	3,171	2,924	0,766	-0,701	1,441	3,171	2,101	94,811	3,088	Areia muito fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P5 - AP	Dezembro-96	3,238	3,238	0,409	-0,383	3,160	3,238	2,077	96,064	1,859	Areia muito fina, bem selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
	Dezembro-96											
P6 - PP	Dezembro-96	1,318	1,525	0,575	0,343	2,260	1,318	0,032	99,669	0,299	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P6 - P	Dezembro-96	1,227	1,227	0,184	0,000	0,738	1,227	0,000	95,560	4,440	Areia média, muito bem selecionada, platocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P6-Banc	Dezembro-96	1,224	1,224	0,291	-0,291	1,818	1,224	0,532	98,463	1,005	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.	
P6 - AP	Dezembro-96	3,063	2,851	0,640	-0,572	0,860	3,063	0,432	98,632	0,336	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.	

Tabela 7 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de dezembro/1996.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO				CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO			
				(Phi)				%			
				ASSIMETRIA	CURTÓSE	PHI 50	CASCALHO	AREIA	LAMA		
P1 - PP	janeiro-97	1283	1283	0,322	0,300	1,837	1,283	0,000	97,152	2,848	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.
P1 - P	janeiro-97	2204	2213	0,881	0,023	0,596	2,204	0,902	95,330	3,768	Areia fina, moderadamente selecionada, muito platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P1 - AP	janeiro-97	3160	2,922	0,642	-0,664	1,059	3,160	1,012	98,108	0,880	Areia muito fina, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.
P2 - PP	janeiro-97	1348	1556	0,672	0,220	0,948	1,348	1,123	97,977	0,900	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.
P2 - P	janeiro-97	1161	1117	0,967	-0,150	1,187	1,161	2,823	95,494	1,683	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria negativa.
P2 - AP	janeiro-97	0,226	0,818	1,801	0,465	1,210	0,226	11,019	81,034	7,947	Areia grossa, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P3 - P	janeiro-97	1346	1570	0,602	0,607	0,865	1,346	0,000	98,199	1,801	Areia média, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito positiva.
P3 - AP	janeiro-97	1261	1,288	0,993	0,152	1,350	1,261	1,198	95,461	3,341	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria positiva.
P4 - P	janeiro-97	2,010	2,098	1,083	-0,021	0,722	2,010	3,102	94,243	2,655	Areia fina, pobremente selecionada, platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P4 - AP	janeiro-97	3,010	2,467	1,098	-0,718	0,682	3,010	2,059	96,279	1,662	Areia muito fina, pobremente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.
P5 - PP	janeiro-97	1245	1,245	0,413	-0,010	2,753	1,245	0,000	99,153	0,847	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P5 - P	janeiro-97	3,181	2,968	0,495	-0,592	1,826	3,181	1,073	97,179	1,748	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P5 - AP	janeiro-97	3,217	3,217	0,707	-0,434	5,588	3,217	4,066	94,034	1,900	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6 - PP	janeiro-97	1328	1547	0,511	0,566	0,688	1,328	0,098	97,752	2,150	Areia média, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito positiva.
P6 - P	janeiro-97	1212	1,212	0,304	-0,293	1,782	1,212	0,000	98,444	1,556	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.
P6-Banc	janeiro-97	1219	1,219	0,299	-0,297	1,818	1,219	0,617	97,867	1,452	Areia média, muito bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.
P6 - AP	janeiro-97	3,056	2,850	0,633	-0,556	0,845	3,056	1,072	97,509	1,419	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.

Tabela 8 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de janeiro/1997.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO
								CASCALHO	AREIA	LAMA	
P1 - PP	Fevereiro-97	1,296	1,500	0,616	0,296	2,588	1,296	1,136	97,152	1,712	Areia média, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.
P1 - P	Fevereiro-97	2,308	2,308	0,992	0,098	0,720	2,306	0,000	92,442	7,558	Areia fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P1 - AP	Fevereiro-97	3,195	2,363	0,663	-0,684	3,087	3,195	1,889	94,315	3,796	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.
	Fevereiro-97										
P2 - PP	Fevereiro-97	1,338	1,562	0,832	0,349	1,251	1,338	1,720	95,258	3,022	Areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P2 - P	Fevereiro-97	1,138	1,128	0,876	0,018	0,889	1,138	0,000	97,456	2,544	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.
P2 - AP	Fevereiro-97	0,121	0,716	1,698	0,437	1,533	0,121	15,156	82,240	2,604	Areia grossa, pobremente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito positiva.
	Fevereiro-97										
P3 - P	Fevereiro-97	1,360	1,821	1,078	0,557	1,400	1,360	0,000	93,928	6,072	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P3 - AP	Fevereiro-97	1,201	1,211	1,236	0,127	1,828	1,201	2,802	88,861	8,337	Areia média, pobremente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.
	Fevereiro-97										
P4 - P	Fevereiro-97	2,087	1,955	1,396	-0,257	0,881	2,087	4,933	91,684	3,383	Areia fina, pobremente selecionada, platocúrtica e assimetria negativa.
P4 - AP	Fevereiro-97	2,068	1,934	1,370	-0,224	0,790	2,068	2,979	93,059	3,962	Areia fina, pobremente selecionada, platocúrtica e assimetria negativa.
	Fevereiro-97										
P5 - PP	Fevereiro-97	1,242	1,242	0,440	0,005	2,873	1,242	1,073	97,568	1,359	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P5 - P	Fevereiro-97	3,155	2,910	0,682	-0,653	1,041	3,155	1,818	93,571	4,611	Areia muito fina, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.
P5 - AP	Fevereiro-97	3,216	3,216	0,452	-0,382	3,124	3,216	0,000	96,983	3,017	Areia muito fina, bem selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.
	Fevereiro-97										
P6 - PP	Fevereiro-97	1,41	1,925	1,161	0,560	1,288	1,410	0,000	88,998	11,002	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P6 - P	Fevereiro-97	1,193	0,993	0,478	-0,567	1,706	1,193	0,000	99,453	0,547	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6-Banco	Fevereiro-97	1,204	1,025	0,454	-0,577	1,827	1,204	1,101	97,909	0,990	Areia média, bem selecionada, muito leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6 - AP	Fevereiro-97	3,018	2,825	0,647	-0,524	0,848	3,018	0,000	98,076	1,924	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.

Tabela 9 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de fevereiro/1997.

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA (Phi)	CURTOSE	Phi 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO
								CASCALHO	AREIA	LAMA	
P1-PP	março-97	1,285	1,502	0,793	0,432	3,562	1,285	0,000	95,205	4,795	Areia média, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P1-P	março-97	2,297	2,282	1,117	-0,037	0,911	2,297	1,121	91,908	6,971	Areia fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.
P1-AP	março-97	2,473	2,884	1,111	0,397	1,131	2,473	0,000	75,330	24,67	Areia fina, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P2-PP	março-97	1,268	1,316	1,265	0,142	1,984	1,268	2,889	86,298	10,813	Areia média, pobremente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.
P2-P	março-97	1,218	1,472	1,320	0,163	0,930	1,218	1,029	82,165	16,806	Areia média, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria positiva.
P2-AP	março-97	1,138	1,110	2,010	-0,003	0,582	1,138	20,023	74,438	5,539	Areia média, muito pobremente selecionada, muito platocúrtica e aproximadamente simétrica.
P3-P	março-97	1,381	1,880	1,076	0,448	0,731	1,381	1,873	94,073	4,054	Areia média, pobremente selecionada, platocúrtica e assimetria muito positiva.
P3-AP	março-97	1,296	1,552	1,311	0,348	1,442	1,296	1,377	87,793	10,830	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P4-P	março-97	2,350	2,024	1,561	-0,320	0,988	2,350	5,699	87,182	7,119	Areia fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.
P4-AP	março-97	3,016	2,277	1,528	-0,613	0,928	3,016	4,102	84,649	11,249	Areia muito fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.
P5-PP	março-97	1,270	1,574	0,974	0,562	4,740	1,270	0,000	86,309	13,691	Areia média, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito positiva.
P5-P	março-97	3,143	2,904	0,772	-0,447	1,202	3,143	0,000	92,930	7,070	Areia muito fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P5-AP	março-97	3,193	2,966	0,651	-0,684	3,087	3,193	1,099	96,211	2,690	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e assimetria muito negativa.
P6-PP	março-97	1,380	2,184	1,483	0,611	0,895	1,380	1,001	76,712	22,287	Areia média, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito positiva.
P6-P	março-97	1,177	0,964	0,501	-0,563	0,692	1,177	0,833	97,063	2,114	Areia média, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.
P6-Banc	março-97	1,218	1,011	0,937	-0,040	4,249	1,218	2,111	85,335	12,554	Areia média, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e aproximadamente simétrica.
P6-AP	março-97	3,036	2,821	0,689	-0,554	0,878	3,036	0,000	96,509	3,491	Areia muito fina, moderadamente selecionada, platocúrtica e assimetria muito negativa.

Tabela 10 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de março/1997

AMOSTRA	COLETA	MEDIANA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	(Phi)			PHI 50	% DAS FRAÇÕES			CLASSIFICAÇÃO DO SEDIMENTO
					ASSIMETRIA	CURTOSE			CASCALHO	AREIA	LAMA	
P1 - PP	abril-97	1242	1237	1,031	0,048	4,033	1242	1430	94,265	4,305	Areia média, pobremente selecionada, extremamente leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - P	abril-97	2,151	2,171	1,317	-0,043	1,068	2,151	3,301	84,501	12,198	Areia fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P1 - AP	abril-97	3,065	2,774	1,365	-0,303	1,369	3,065	1,232	82,718	16,050	Areia muito fina, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P2 - PP	abril-97	1233	1298	1,286	0,157	1,910	1233	1879	89,024	9,097	Areia média, pobremente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria positiva.	
P2 - P	abril-97	1247	1303	1,146	0,085	0,921	1247	0,082	97,887	2,031	Areia média, pobremente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P2 - AP	abril-97	1030	1005	1,973	-0,050	0,518	1030	23,881	75,512	0,607	Areia média, pobremente selecionada, muito platiocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P3 - P	abril-97	1343	1670	1,329	0,192	0,860	1343	2,321	93,583	4,096	Areia média, pobremente selecionada, platiocúrtica e assimetria positiva.	
P3 - AP	abril-97	1275	1553	1,341	0,176	0,882	1275	2,889	94,571	2,540	Areia média, pobremente selecionada, platiocúrtica e assimetria positiva.	
P4 - P	abril-97	3,009	2,250	1,556	-0,610	0,916	3,009	3,222	84,751	12,027	Areia muito fina, pobremente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.	
P4 - AP	abril-97	3,036	2,270	1,404	-0,591	0,768	3,036	1,984	88,611	9,405	Areia muito fina, pobremente selecionada, platiocúrtica e assimetria muito negativa.	
P5 - PP	abril-97	1245	1072	0,885	-0,028	4,610	1245	0,000	88,908	11,092	Areia média, moderadamente selecionada, extremamente leptocúrtica e aproximadamente simétrica.	
P5 - P	abril-97	3,090	2,624	1,094	-0,587	1,346	3,090	1,020	92,830	6,160	Areia muito fina, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P5 - AP	abril-97	3,170	2,915	0,793	-0,457	1,288	3,170	0,000	91,169	8,831	Areia muito fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.	
P6 - PP	abril-97	1382	1968	1,217	0,587	1,354	1382	0,000	84,563	15,437	Areia média, pobremente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito positiva.	
P6 - P	abril-97	1,145	0,916	0,626	-0,625	0,920	1,145	2,832	96,559	0,609	Areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria muito negativa.	
P6-Bancod	abril-97	1,187	0,967	1,034	-0,118	2,010	1,187	3,129	85,290	11,581	Areia média, pobremente selecionada, muito leptocúrtica e assimetria negativa.	
P6 - AP	abril-97	3,033	2,637	0,948	-0,670	1,131	3,033	1,030	94,722	4,248	Areia muito fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria muito negativa.	

Tabela 11 – Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, nos setores de praia referentes ao mês de abril/1997.

- **Ponto de Coleta P1 - Praia da Piedade**

- **Setor de Pós-Praia (P1 - PP).**

Este setor permaneceu com um tamanho médio dos grãos igual a areia média, um grau de seleção entre muito bem selecionado e moderadamente selecionado, e um grau de assimetria variando de aproximadamente simétrica a muito positiva, sugerindo que ocorreu deposição de material sedimentar fino (Figura 24).

Predominou a ação do transporte por saltação, com pequena variação de energia, decorrendo uma distribuição granulométrica média formada por 0,28% de cascalho, 97,83% de areia e 1,89% de lama (silte + argila), representada na (Figura 25).

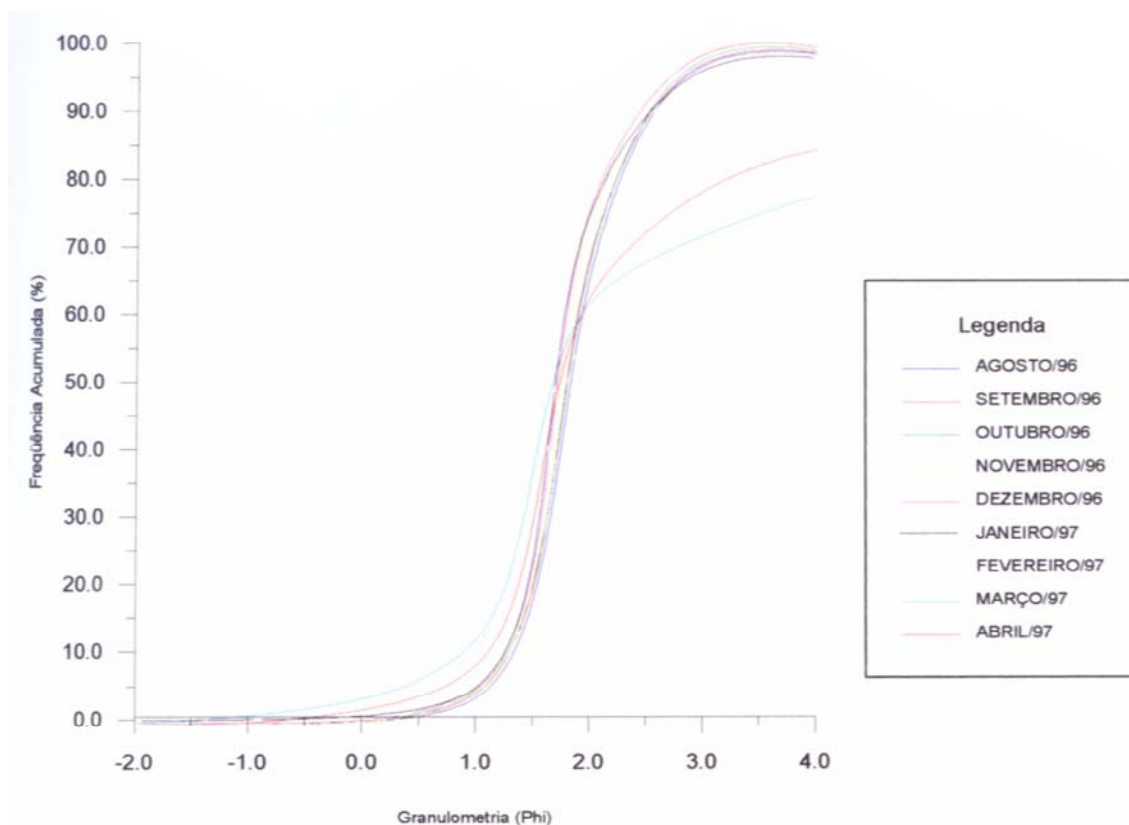


Figura 24. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de pós-praia.

- **Setor de Praia ou Estirâncio (P1 - P).**

O tamanho médio dos grãos variou de areia fina a média, com predomínio de uma seleção moderada, cuja curtose apresenta-se bastante variada, desde muito platicúrtica até

muito leptocúrtica, indicando uma distribuição bimodal, além de uma assimetria que variou de simétrica a muito positiva, sugerindo, assim como o setor anterior, um estágio deposicional de sedimentos finos (Figura 26).

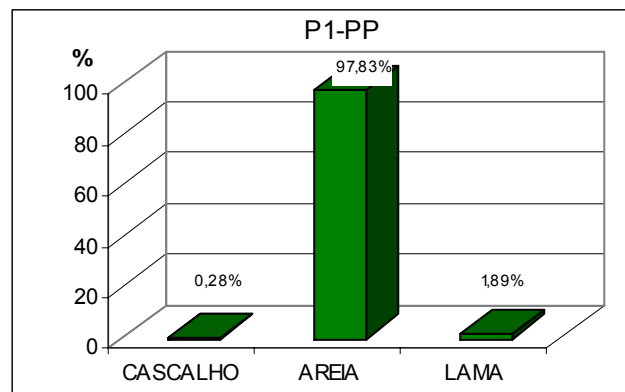


Figura 25. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1 no setor pós-praia.

Ocorreu um predomínio do transporte por saltação e secundariamente por suspensão, ambos com pequena variação de energia, apresentando uma distribuição granulométrica por fração de 0,60 % de cascalho, 95,14 % de areia e 4,26 % de lama (silte + argila), esquematizada na (Figura 27).

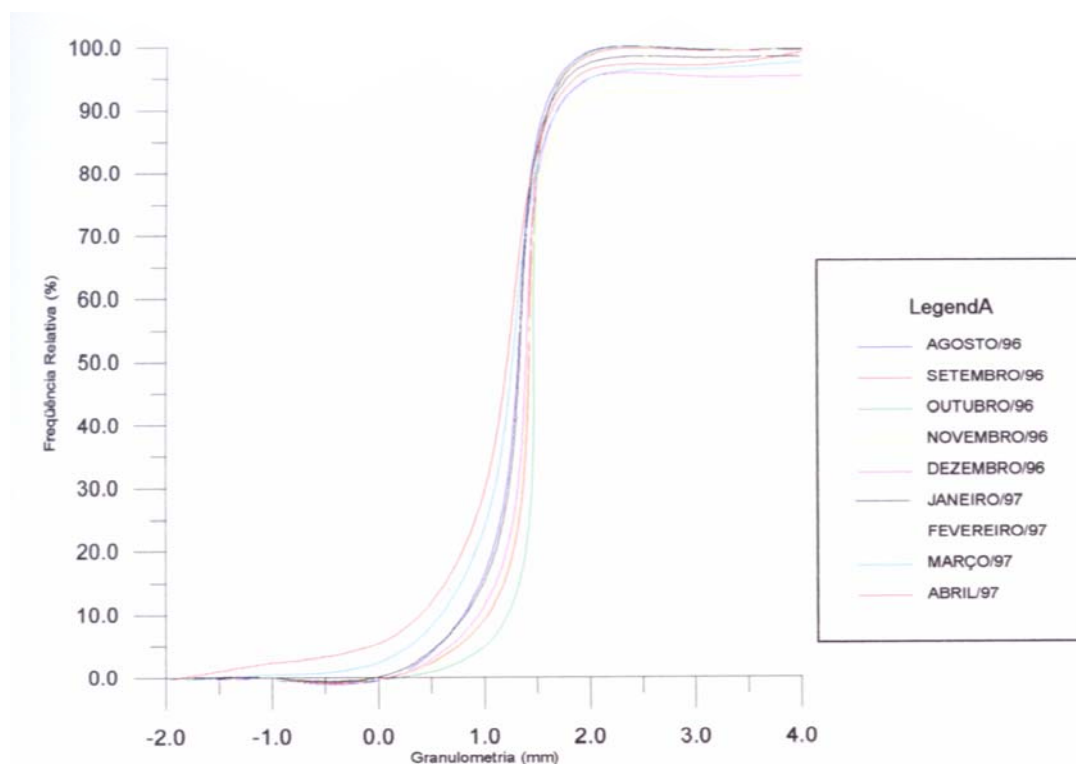


Figura 26. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de praia.



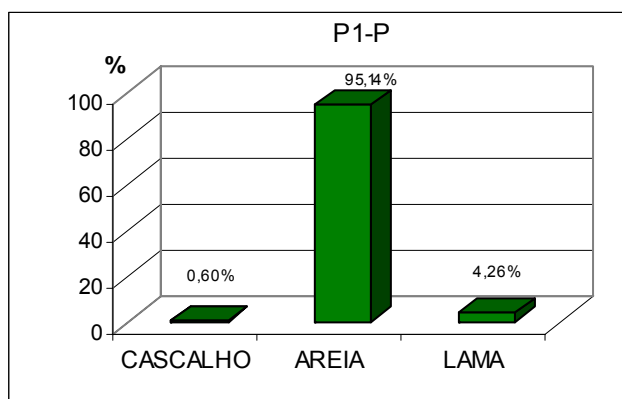


Figura 27. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1 no setor praia.

#### - Setor de Antepraia (P1 - AP).

Apresentou variação do tamanho médio dos grãos de areia muito fina a média, com grau de seleção variando entre bem selecionado e pobremente selecionado. A curtose aparece extremamente variada, mostrando uma dispersão muito grande entre as partes centrais e as caudas das curvas de distribuição (Figura 28), desde platicúrtica até extremamente leptocúrtica, indicando uma bimodalidade dos grãos. A assimetria variou desde muito negativa a muito positiva, predominando a primeira, o que indica que neste setor ocorreu uma maior remoção do material fino do que deposição.

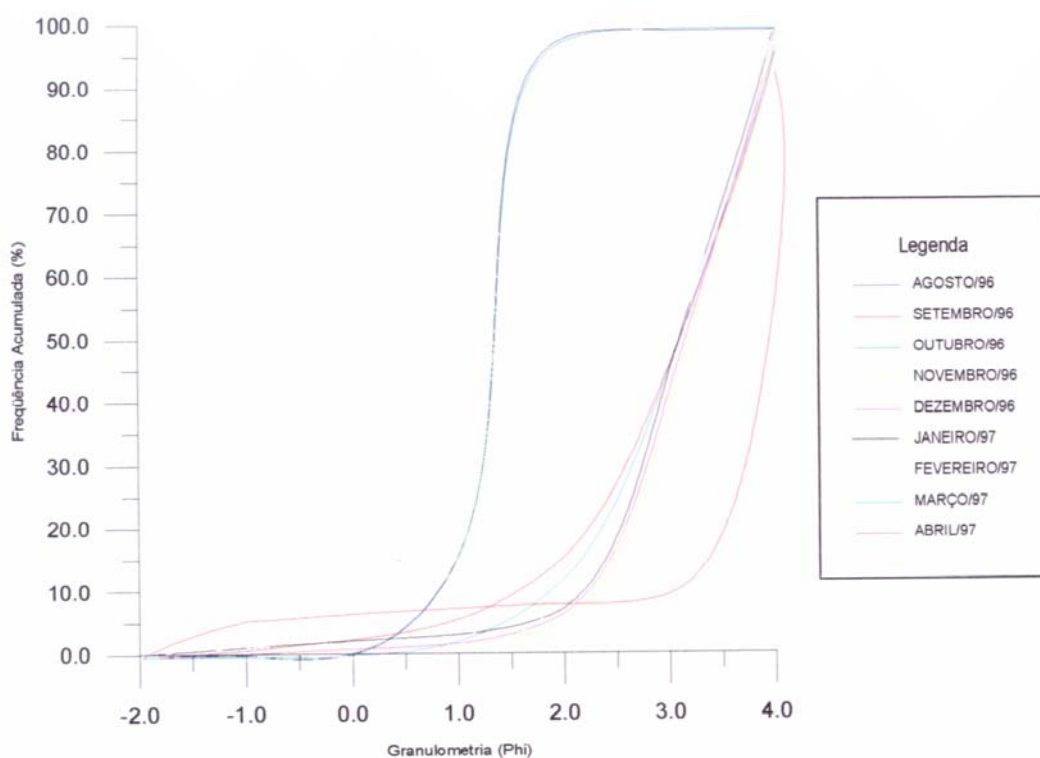


Figura 28. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P1, no setor de antepraia.

Predominou a ação do transporte por saltação, com energia moderada, e, secundariamente, por suspensão e por rolamento, sendo este último para componentes bióticos. A distribuição granulométrica (Figura 29), comparada aos setores anteriores, mostra uma diminuição da fração arenosa (91,0 %) e um aumento das frações cascalho (3,40 %) e lama (5,58 %).

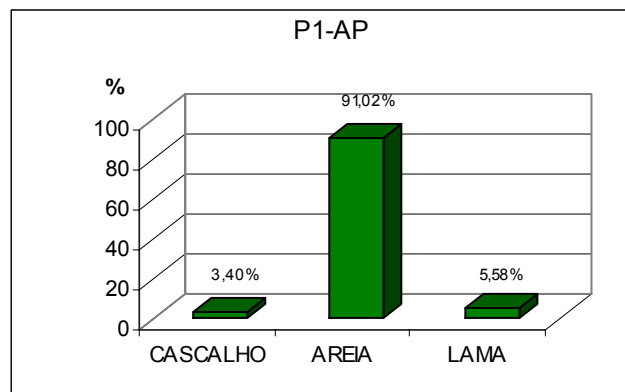


Figura 29. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P1 no setor antepraia.

- **Ponto de Coleta P2 - Praia da Piedade**

- **Setor de Pós-Praia (P2 - PP).**

Os sedimentos deste setor mantiveram uma granulometria constante ao longo do período estudado, que foi areia média, moderadamente selecionada, com uma curtose variando desde aproximadamente simétrica a muito positiva, indicando que ocorreu deposição de sedimentos finos (Figura 30).

Ocorreu, predominantemente, ação do transporte por saltação, apresentando uma distribuição granulométrica média formada por 1,82 % de cascalho, 94,46 % de areia e 3,72 % lama (silte + argila), que se assemelha ao setor de pós-praia anterior (P1 - PP) (Figura 31).

- **Setor de Praia ou Estirâncio (P2 - P).**

O tamanho médio dos grãos variou de areia fina a grossa, predominando areia média, que na maior parte do período apresenta-se moderadamente selecionada, com curtose bastante variada, desde platicúrtica até leptocúrtica, indicando variação nas condições energéticas do ambiente e uma bimodalidade dos sedimentos. Verificou-se uma

grande variação no grau de assimetria, desde negativa até muito positiva, registrando uma mudança nos estágios de remoção e deposição de sedimentos finos (Figura 32).

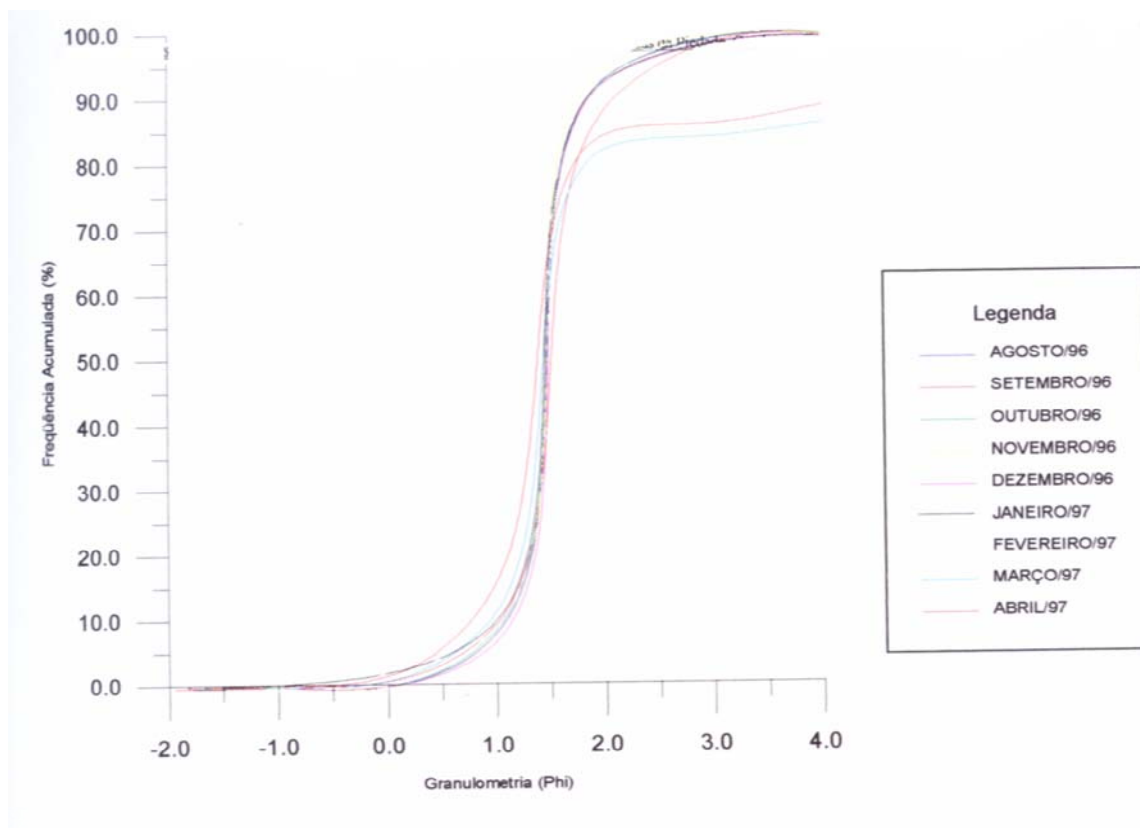


Figura 30. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de pós-praia.

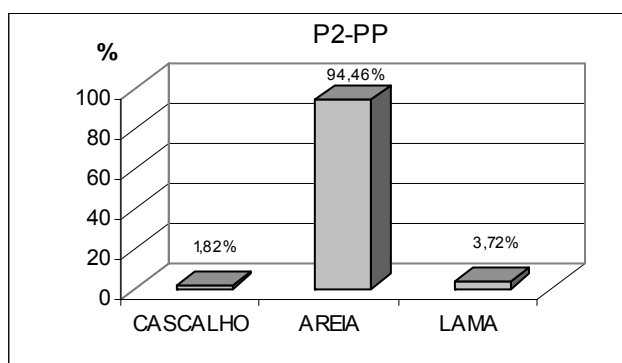


Figura 31. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2 no setor pós-praia.

Este material sedimentar foi transportado principalmente por saltação, com energia moderada, e secundariamente por suspensão, apresentando frações granulométricas semelhantes ao setor de praia anterior (P1 - P): cascalho (0,65 %), areia (96,39 %) e lama (2,96%), representadas na (Figura 33).

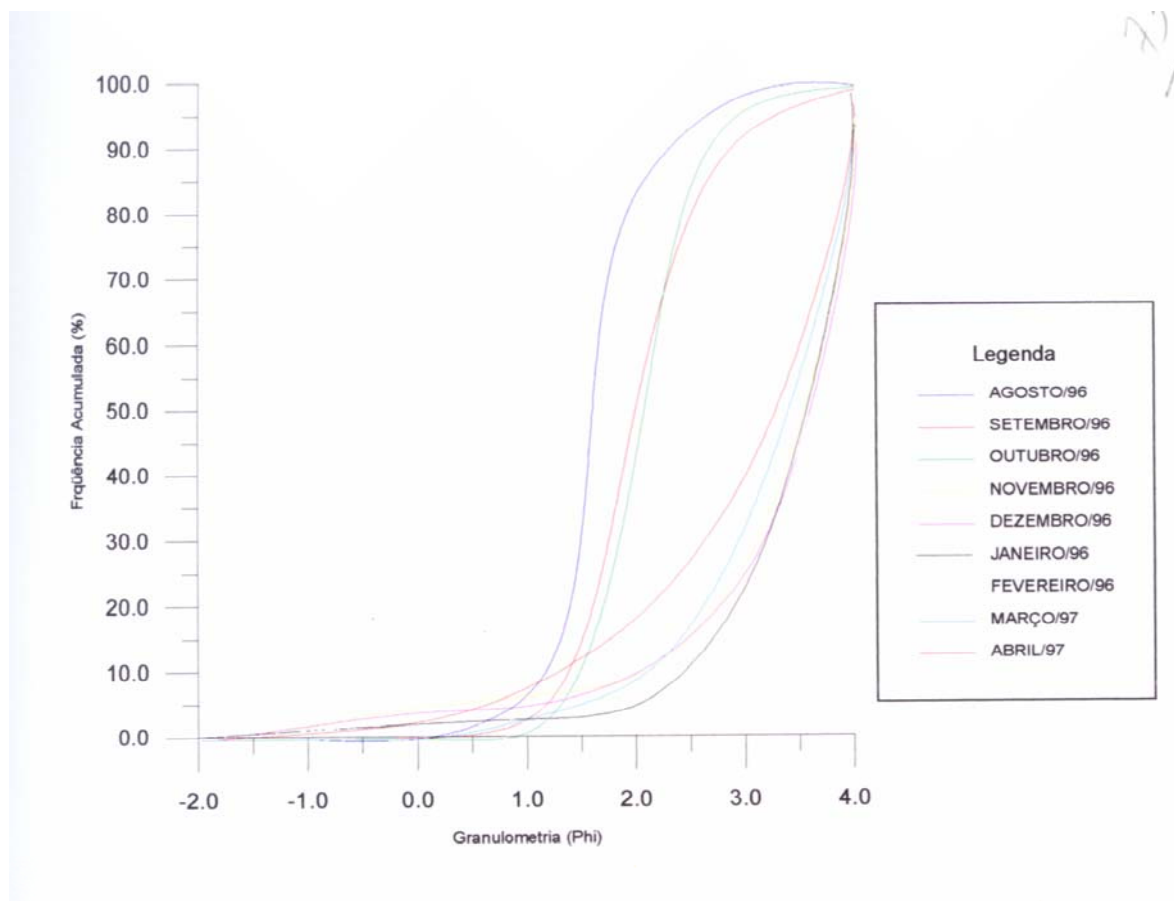


Figura 32. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de praia.

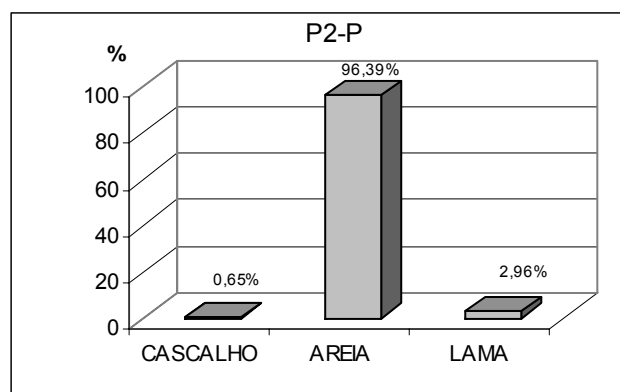


Figura 33. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2 no setor praia.

#### - Setor de Antepraia (P2 - AP).

Apresentou grande variação do tamanho médio dos grãos, desde areia muito fina até grossa, com grau de seleção alternando desde bem selecionado até muito pobremente selecionado. A curtose e o grau de assimetria apresentam-se com todos os limites

possíveis, ou seja, ocorreram, respectivamente, desde muito platicúrtica até extremamente leptocúrtica, e assimetria muito negativa a muito positiva, sugerindo grande variação nas condições de energia, sendo o material sedimentar bimodal, com alternância de estágios erosivos e deposicionais dos grãos finos (Figura 34).

Os sedimentos foram submetidos aos transportes por rolamento, saltação e suspensão, sendo que o segundo predominou ao longo dos meses estudados. A distribuição granulométrica é formada por 11,17 % de cascalho, 86,09 % de areia e 2,74 % de lama, representada na (Figura 35).

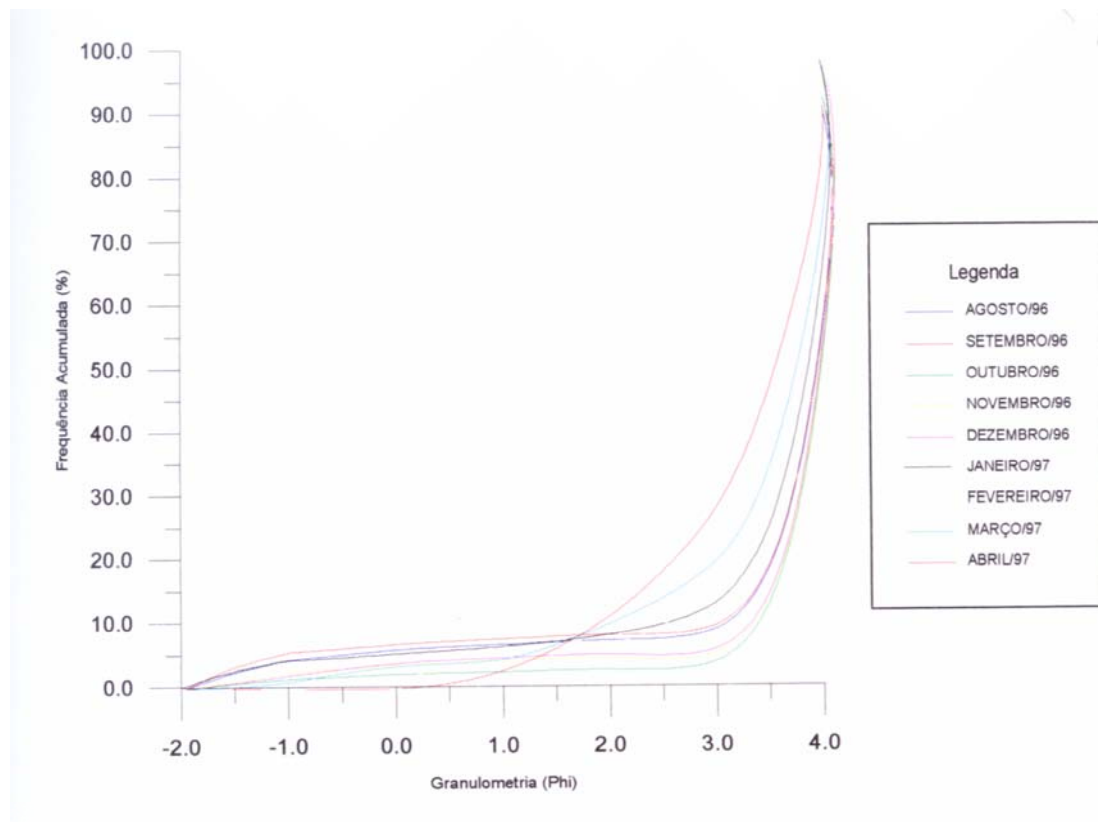


Figura 34. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P2, no setor de antepraia.

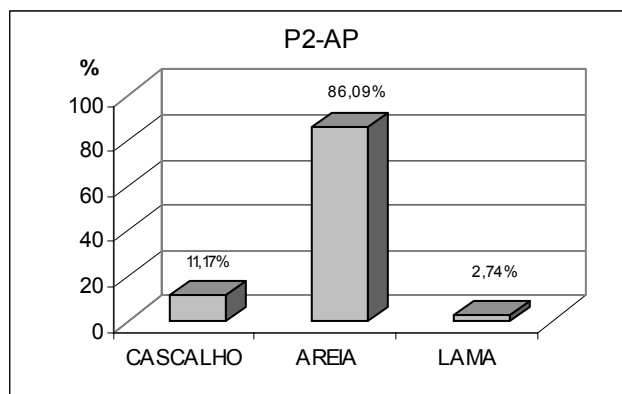


Figura 35. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P2 no setor antepraia.

- **Ponto de Coleta P3 - Praia da Piedade**

- **Setor de Praia ou Estirâncio (P3 - P).**

Ocorreu predomínio dos sedimentos com tamanho médio areia média, variando o grau de seleção desde bem selecionado a pobremente selecionado. A curtose apresentou limites entre platicúrtica e muito leptocúrtica, indicando bimodalidade do material sedimentar e mudança nas condições energéticas do ambiente, bem como uma assimetria variando desde muito negativa até muito positiva, sugerindo que o setor passou de um período erosivo para deposicional de partículas finas (Figura 36).

O material sedimentar foi submetido, predominantemente, à ação do transporte por saltação, com baixa energia, com a distribuição média dos grãos sendo formada por 0,85 % de cascalho, 96,86 % de areia e 2,29 % de lama (silte + argila) (Figura 37).

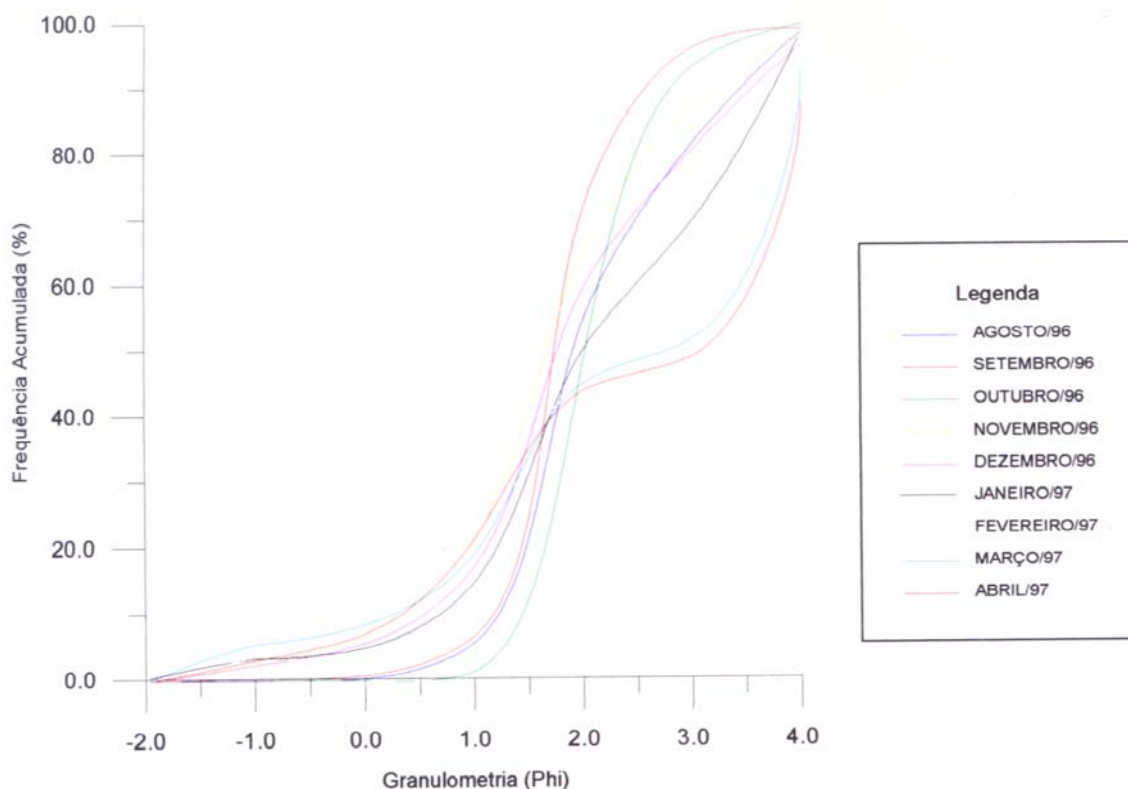


Figura 36. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P3, no setor de praia.

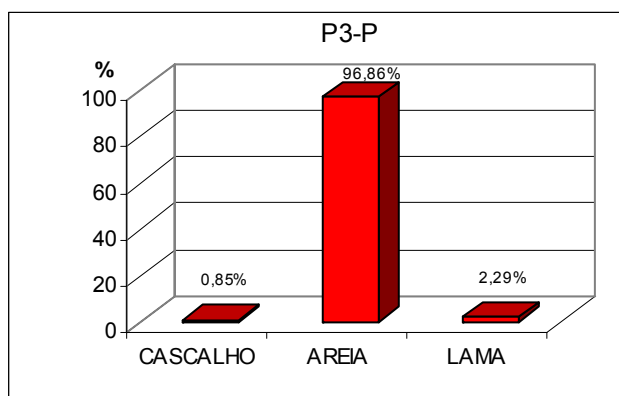


Figura 37. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P3 no setor praia.

#### - Setor de Antepraia (P3 - AP).

O tamanho médio dos grãos variou de areia muito fina a areia média, sendo que este último predominou ao longo do período estudado, apresentando um grau de seleção que variou de moderadamente a pobremente selecionado, com uma curtose bastante variada, desde muito platicúrtica até muito leptocúrtica, indicando que as condições energéticas do ambiente sofreram mudanças, além de um grau de assimetria que passou de muito negativa para muito positiva (Figura 38).

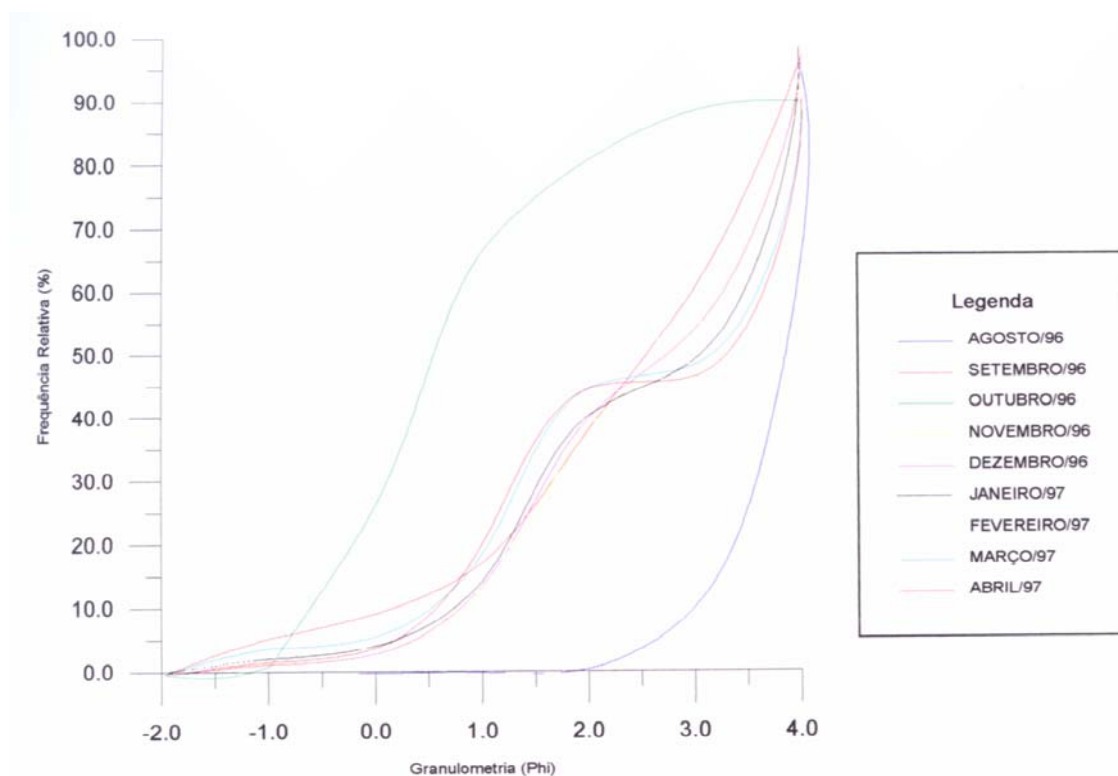


Figura 38. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P3, no setor de antepraia.

Ocorreu a ação dos transportes por rolamento, por saltação, que foi o predominante, e por suspensão, com energia moderada. A distribuição granulométrica média é formada por cascalho (11,31 %), areia (84,89 %) e lama (3,80 %), representada na (Figura 39), cujas percentagens são semelhantes aos do Ponto P2 (P2 - AP).

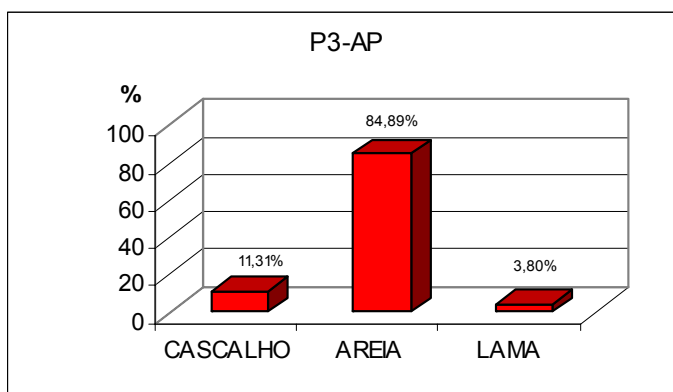


Figura 39. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P3 no setor antepraia.

- **Ponto de Coleta P4 - Praia das Candeias**

- **Sector de Praia ou Estirâncio (P4 - P).**

Os sedimentos deste setor apresentam-se com uma variação desde areia muito fina a média. O grau de seleção mostra os limites de bem selecionado até pobremente selecionado, sendo este último predominante. A curtose indicou bimodalidade do material, variando de platicúrtica a muito leptocúrtica, enquanto a assimetria mostrou-se extremamente variada, passando de muito negativa a muito positiva, sugerindo que ocorreu variação de energia e mudança do estágio de erosão para acumulação de sedimentos finos (Figura 40).

O transporte mais atuante foi por saltação, com moderada energia, como consequência de uma distribuição granulométrica média formada por 2,53 % de cascalho, 93,43 % de areia e 4,04 % de lama (Figura 41).

- **Sector de Antepraia (P4 - AP).**

Ocorreu uma grande variação do tamanho médio dos grãos, desde areia muito fina a grossa, apresentando-se pobremente selecionados, com uma curtose variando de muito



platicúrtica a leptocúrtica, indicando que a distribuição é bimodal, tendo ocorrido mudança nas condições energéticas do ambiente. A assimetria, por sua vez, variou de muito negativa a muito positiva, sugerindo uma alternância entre remoção e deposição do material sedimentar fino (Figura 42).

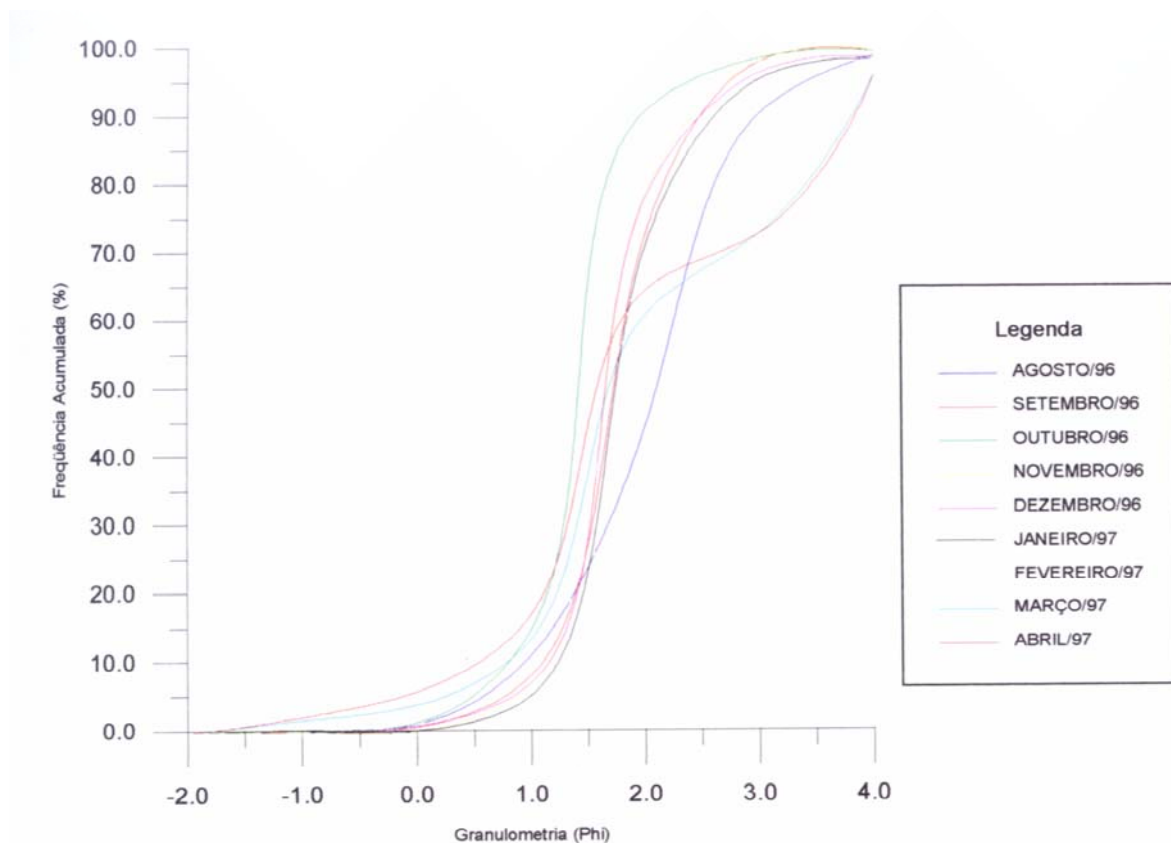


Figura 40. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P4, no setor de praia.

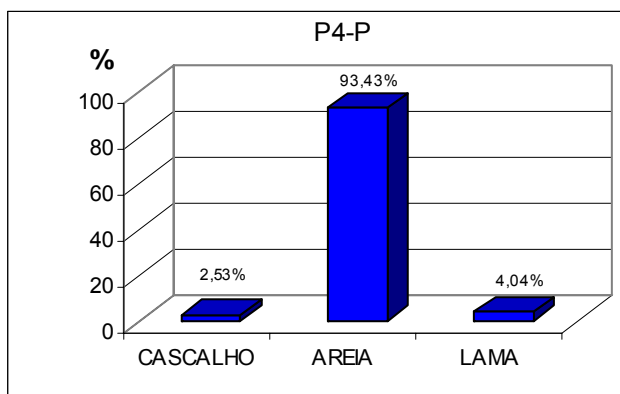


Figura 41. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P4 no setor praia.

Predominou o transporte por saltação, com moderada energia. A distribuição das frações granulométricas média apresentou 2,39 % de cascalho, 92,25 % de areia e 5,36 % de lama (silte + argila), representada na (Figura 43).

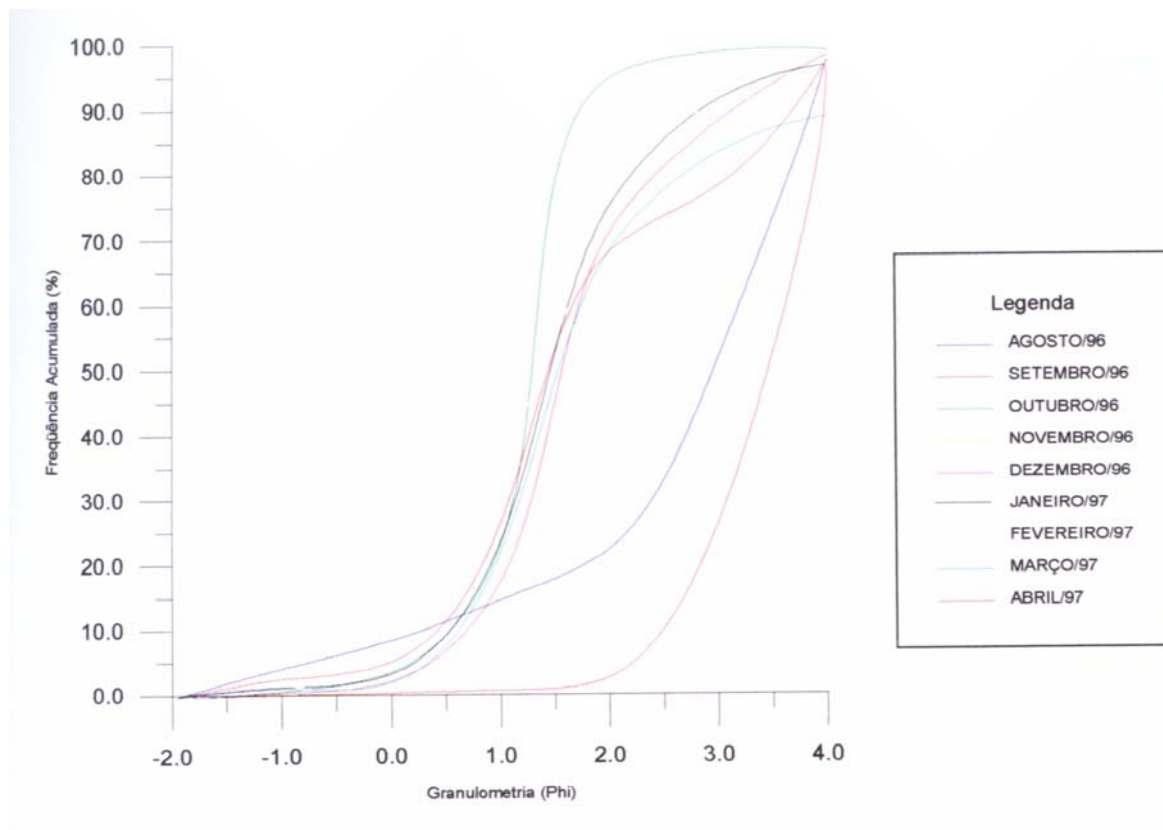


Figura 42. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P4, no setor de antepraia.

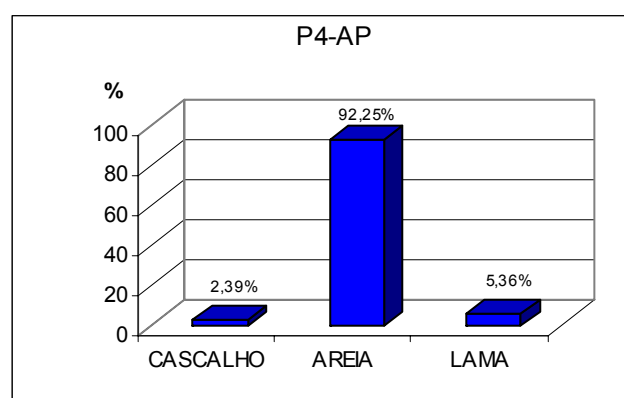


Figura 43. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P4 no setor antepraia.

- **Ponto de Coleta P5 - Praia das Candeias**

**- Setor de Pós-Praia (P5 - PP).**

A granulometria dos sedimentos permaneceu constante ao longo do período estudado, com tamanho areia média, variando de bem selecionado a moderadamente selecionado, predominantemente com curtose muito leptocúrtica e assimetria aproximadamente simétrica, sugerindo que a distribuição é unimodal e que praticamente não ocorreu variação nas condições de energia do sistema (Figura 44).

Tal material sedimentar foi submetido, predominantemente, à ação do transporte por saltação, e, secundariamente, por suspensão, com uma distribuição granulométrica média composta por cascalho (0,16 %), areia (96,66 %) e lama (3,18 %), como mostrado na (Figura 45).

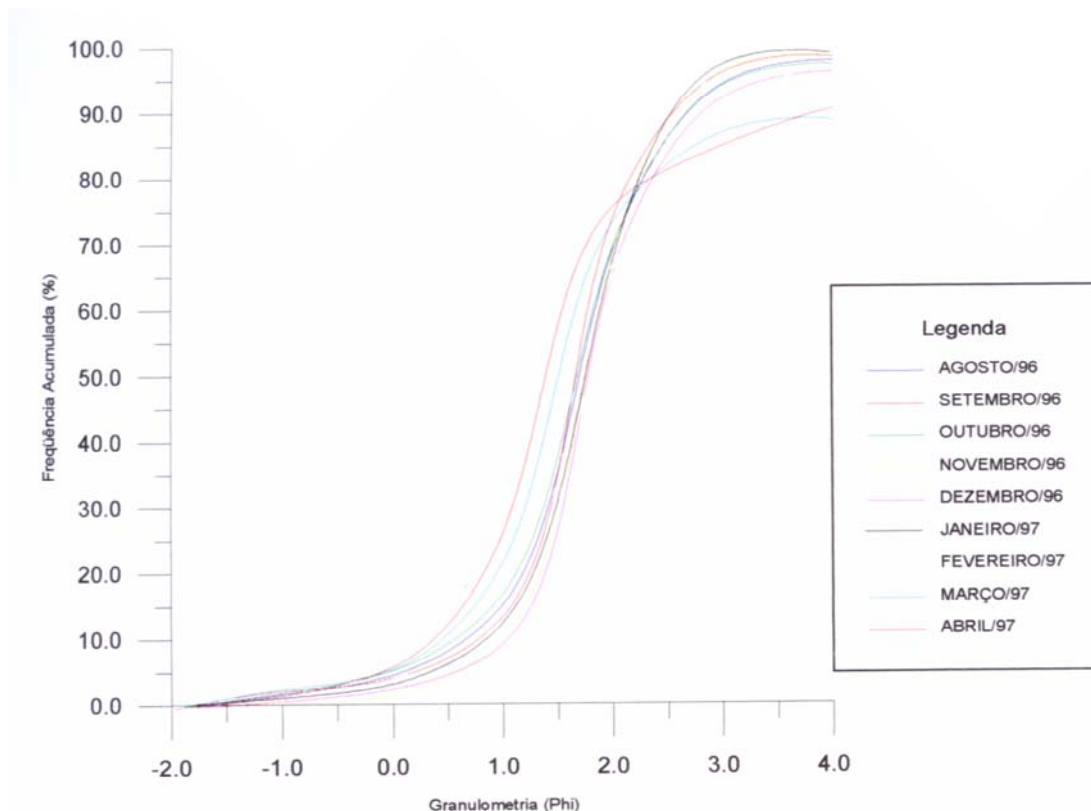


Figura 44. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P4, no setor de póspraia.

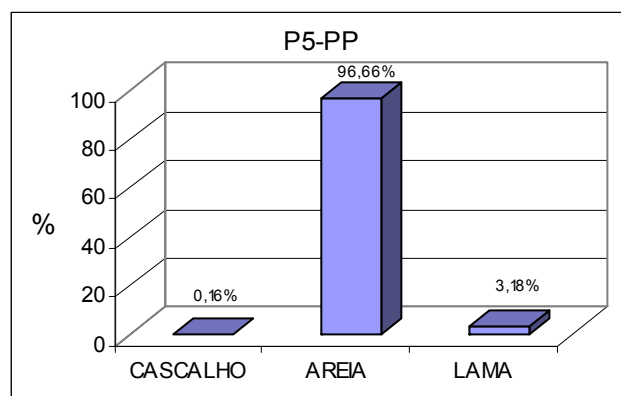


Figura 45. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P4 no setor póspraia.

#### - Setor de Praia ou Estirâncio (P5 - P).

O tamanho médio dos grãos variou de areia muito fina a areia média, com predomínio desta última, e a seleção de bem selecionada a pobremente selecionada. A curtose é bastante alternada, desde muito platicúrtica até extremamente leptocúrtica, e a assimetria passou de muito positiva a muito negativa, indicando que os sedimentos são bimodais, havendo variação nas condições energéticas, inicialmente com deposição e posteriormente remoção de material fino (Figura 46).

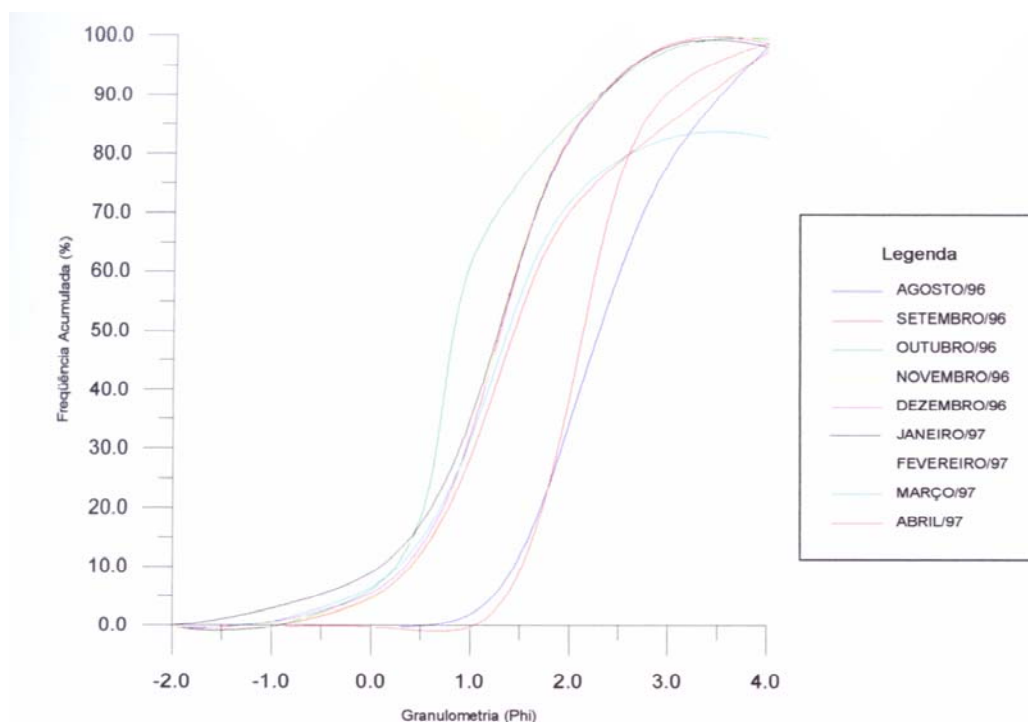


Figura 46. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P5, no setor de praia.

O transporte dos sedimentos foi realizado por saltação, principalmente, e por suspensão. A distribuição granulométrica é semelhante ao setor de praia anterior (P4 - P): 1,43 % de cascalho, 94,49 % de areia e 4,08 % de lama (Figura 47).

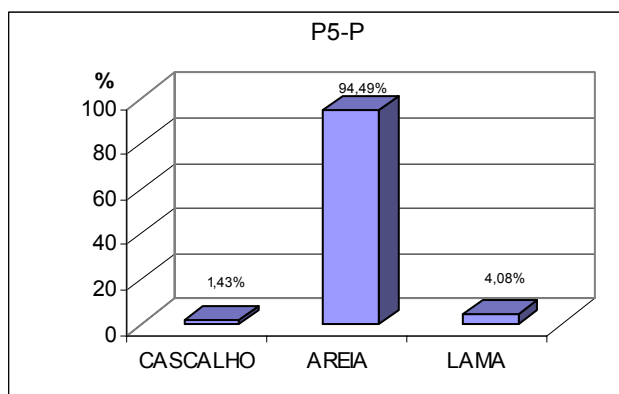


Figura 47. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P5 no setor praia.

#### **- Setor de Antepraia (P5 - AP).**

Ao longo do período estudado, ocorreu um pleno predomínio de areia muito fina, variando de muito bem selecionada a moderadamente selecionada, com curtose alternando entre mesocúrtica a extremamente leptocúrtica e um grau de assimetria variando entre muito negativa e muito positiva, indicando moderada variação de energia e alternância nas condições de remoção e deposição de material fino (Figura 48).

Semelhante ao setor de antepraia anterior (P4 - AP), o transporte foi realizado por saltação e suspensão, com pouca variação de energia. A distribuição média é composta por 1,90 % de cascalho, 93,79 % de areia e 4,31 % de lama (Figura 49).

#### **• Ponto de Coleta P6 - Praia da Barra das Jangadas**

#### **- Setor de Pós-Praia (P6 - PP).**

Os sedimentos apresentaram tamanho areia média, variando de bem selecionados a pobremente selecionados, com curtose bastante variada, de muito platicúrtica a muito leptocúrtica, indicando variação nas condições de energia, permanecendo com assimetria muito positiva, sugerindo que ocorreu deposição de material fino (Figura 50).

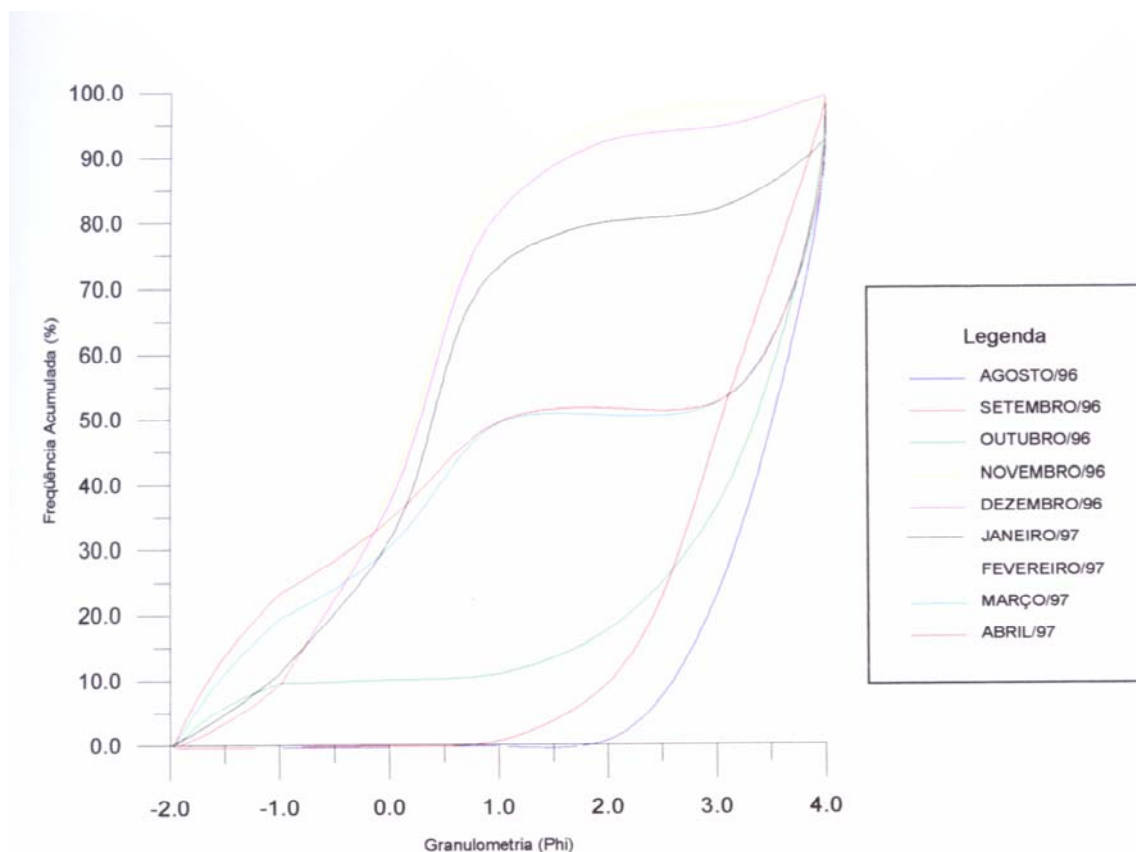


Figura 48. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P5, no setor de antepraia.

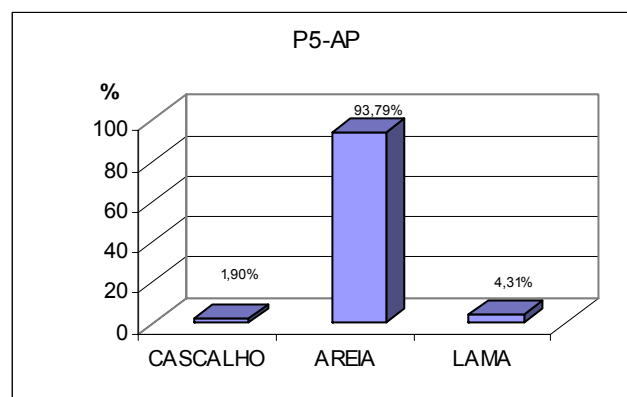


Figura 49. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P5 no setor antepraia.

Este setor sofreu ação do transporte por saltação, predominantemente, com energia moderada, decorrente de uma distribuição granulométrica média formada por 0,13 % de cascalho, 93,83 % de areia e 6,04 % de lama (silte + argila), representada na (Figura 51).

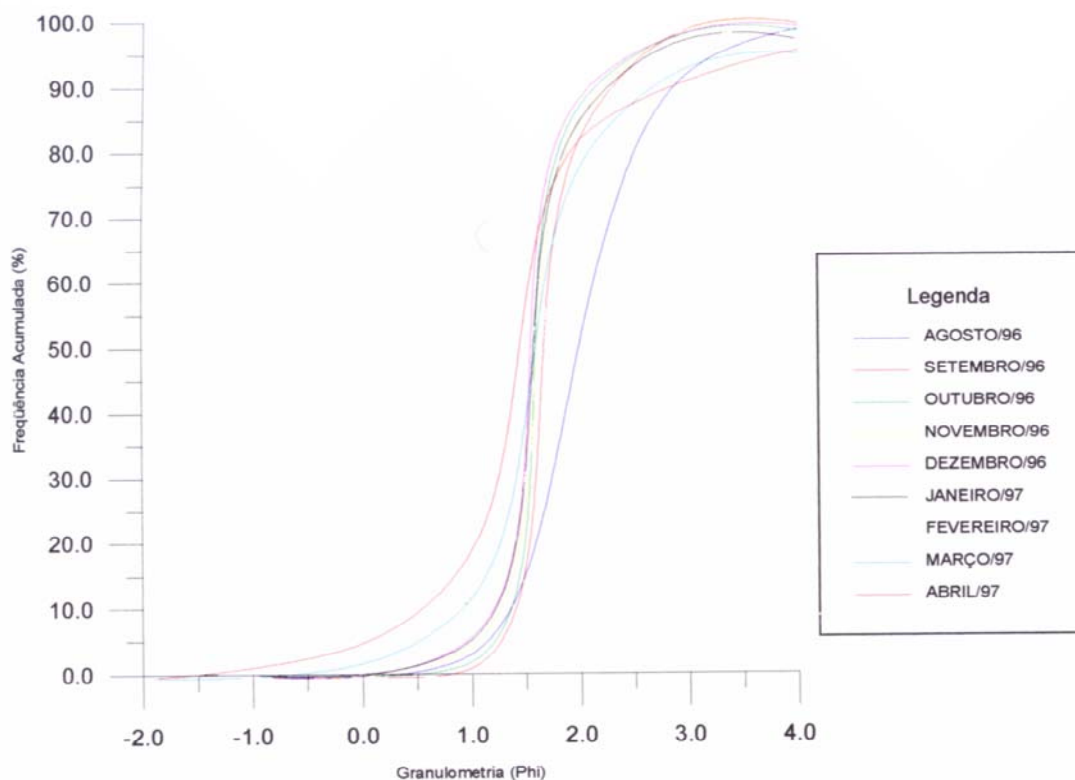


Figura 50. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de póspraia.

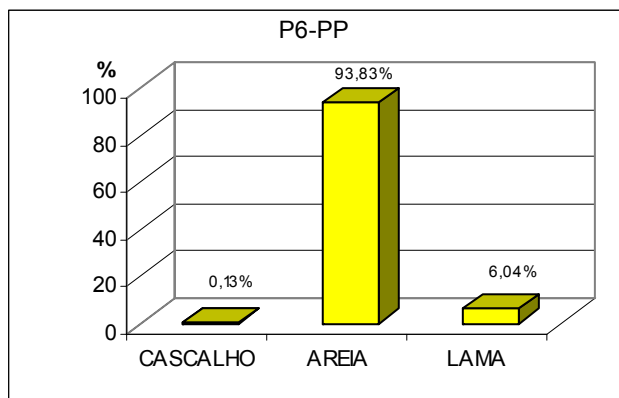


Figura 51. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6 no setor póspraia.

#### - Setor de Praia ou Estirâncio (P6 - P).

Assim como o setor de pós-praia (P6 - PP), este foi formado por areia média, muito bem selecionado a moderadamente selecionado. A curtose indica que ocorreu mudança nas condições de energia, através da passagem de platicúrtica a extremamente leptocúrtica,

enquanto a assimetria variou de muito negativa a muito positiva, ou seja, passou de um estágio de erosão para deposição de material fino (Figura 52).

O transporte atuante foi predominantemente por saltação, com as frações sendo distribuídas em 0,41 % de cascalho, 97,70 % de areia e 1,89 % de lama (Figura 53).

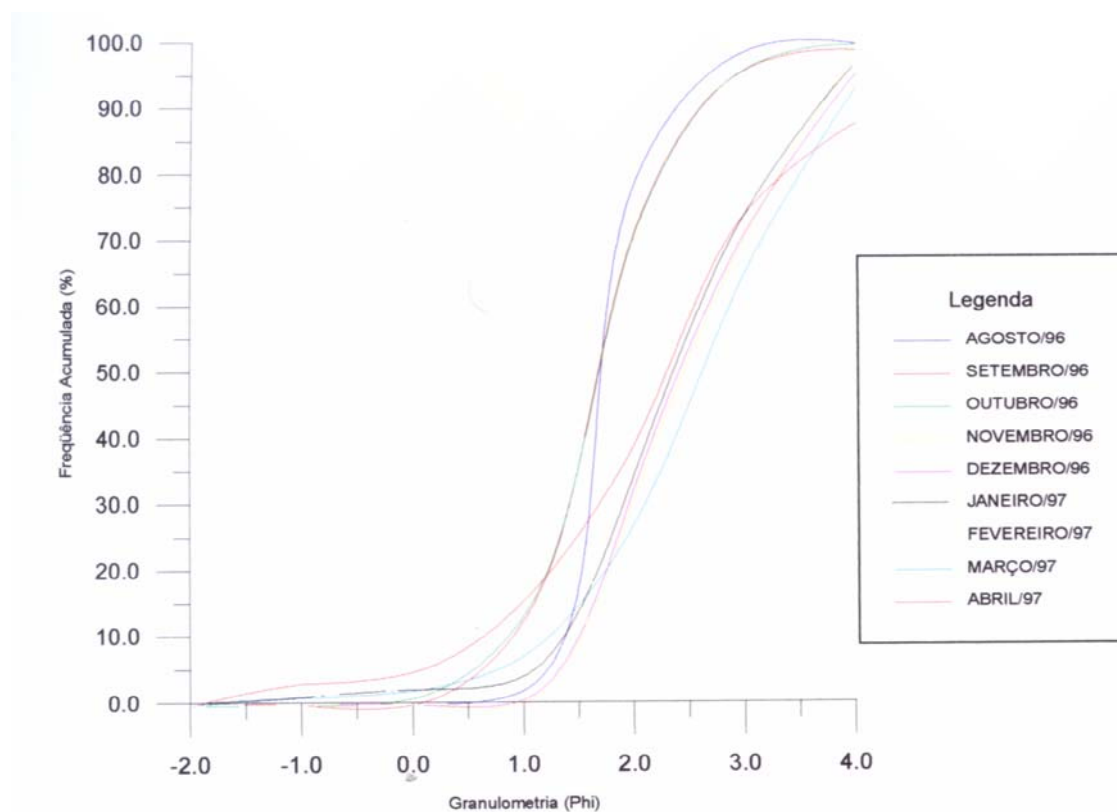


Figura 52. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de praia.

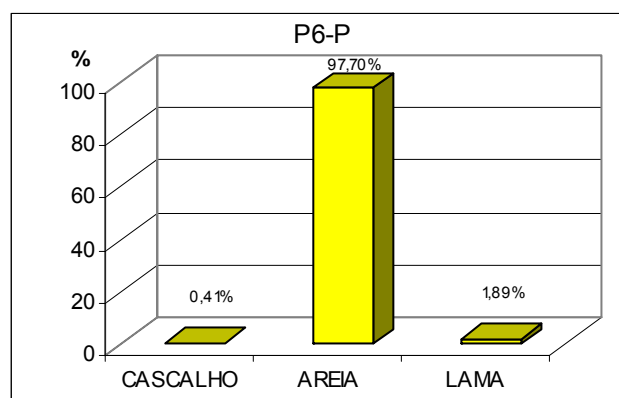


Figura 53. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6 no setor praia.



### - Coleta no Banco Arenoso (P6 - Banco).

Neste setor de coleta (P6), existe um grande banco arenoso, com alongamento paralelo à linha de costa, cuja extensão do mesmo vem aumentando, durante o período de estudo, de Sul para Norte, e que está posicionado entre os setores de estirâncio e antepraia, nas proximidades do estuário da Barra das Jangadas. Logo, a formação do mesmo está relacionada à complexa interação dos ambientes marinho e estuarino.

O material sedimentar é formado por areia média, muito bem selecionada a moderadamente selecionada, semelhante ao setor de praia (P6 - P), com curtose e grau de assimetria indicando que praticamente não ocorreu mudança nas condições de energia, ocorrendo remoção de sedimentos finos, com limites para muito leptocúrtica e assimetria muito negativa, respectivamente (Figura 54).

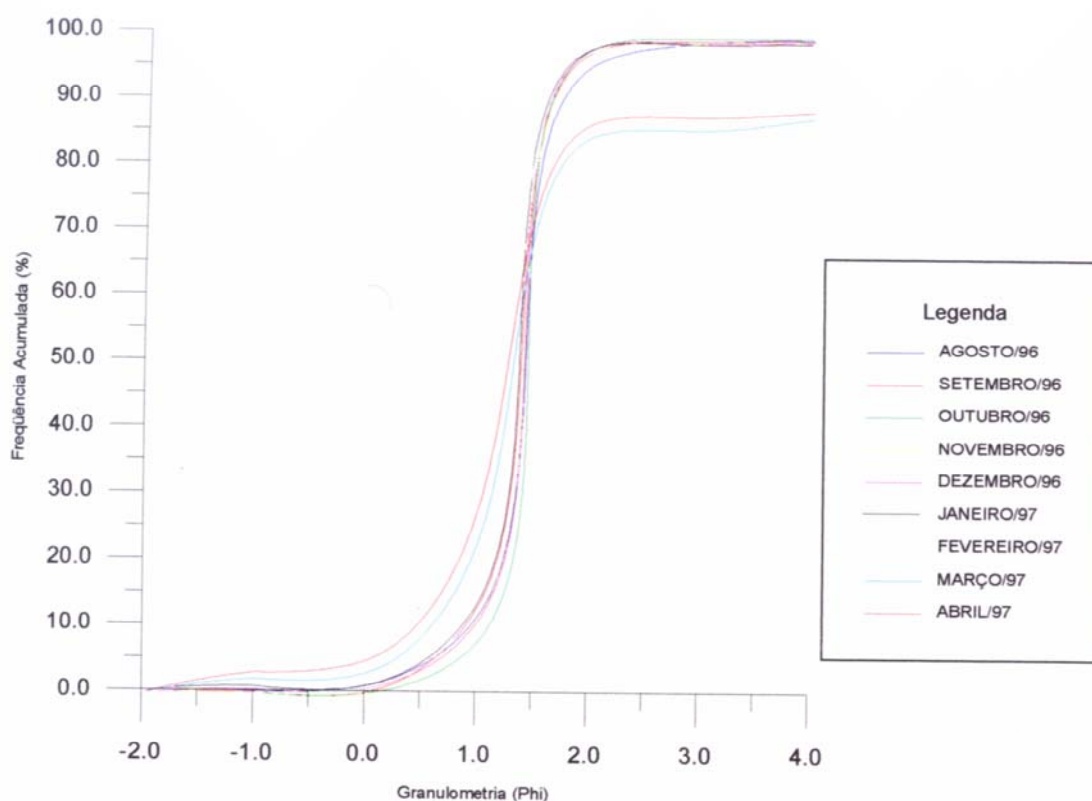


Figura 54. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no banco arenoso.

Dominantemente, ocorreu ação do transporte por saltação, com energia moderada, e secundariamente por suspensão, cuja distribuição granulométrica média apresenta 0,57 % de cascalho, 96,02 % de areia e 3,41 % de lama (Figura 55).

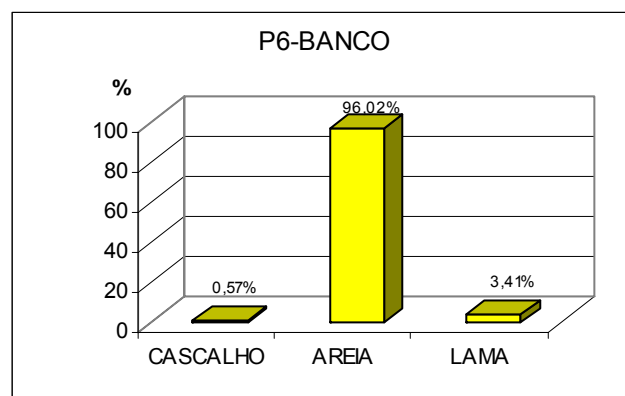


Figura 55. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6 no banco arenoso.

#### - Setor de Antepraia (P6 - AP).

Setor cuja granulometria apresentou variação de areia muito fina a muito grossa, predominando o primeiro tamanho médio, com grau de seleção variando de muito bem selecionado a pobremente selecionado. A curtose passou de platicúrtica a muito leptocúrtica, sugerindo que ocorreu variação nas condições de energia, uma vez que o material apresenta bimodalidade, com assimetria muito negativa, predominantemente, indicando que ocorreu remoção de sedimentos finos (Figura 56).

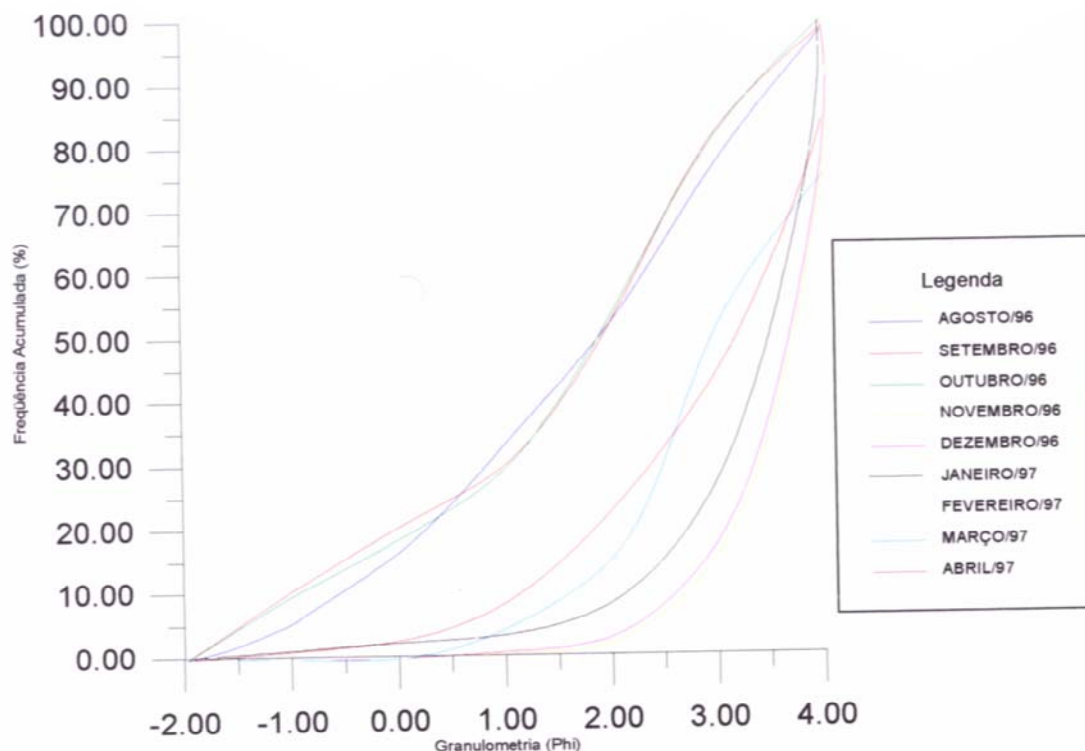


Figura 56. Curvas acumulativas das amostras coletadas no ponto P6, no setor de antepraia.

Ocorreu predomínio do transporte por saltação, com uma distribuição granulométrica formada por 0,30 % de cascalho, 98,11 % de areia e 1,59 % de lama (silte + argila), representada na (Figura 57).

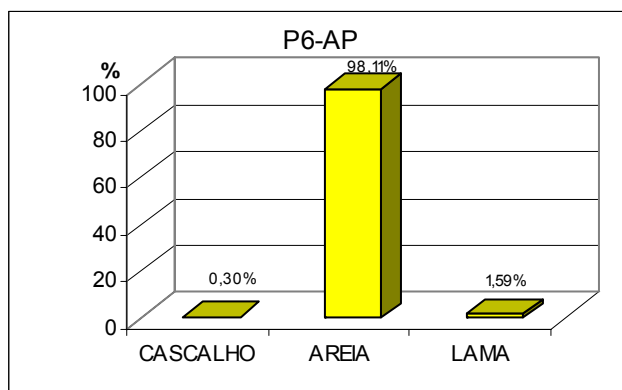


Figura 57. Representação gráfica da média das frações granulométricas no ponto de coleta P6 no setor de antepraia.

#### 4.4.2 - Morfoscopia e Composição dos Sedimentos

A morfoscopia é um método qualitativo capaz de auxiliar na interpretação da história geológica dos depósitos sedimentares.

As formas das partículas podem fornecer subsídios com os quais pode-se ter uma noção sobre a origem e a estrutura interna das mesmas. Por exemplo, partículas de natureza terrígena, afetadas pelo intemperismo na área fonte, apresentam-se com várias formas.

Segundo SUGUIO (1980), grãos mais arredondados e esféricos são índices de grau de maturidade mais alto.

Existem vários fatores correlacionados com a forma de um grão, tais como: a forma original do fragmento; a estrutura do grão; a resistência do material de origem; a natureza do agente geológico; e o tempo e/ou a distância através da qual o sedimento foi transportado.

Em geral, os grãos de areia de origem subaquática possuem superfícies polidas, enquanto que os de origem eólica apresentam as mesmas foscas.

A identificação dos graus de arredondamento e esfericidade foi feita baseada na visualização gráfica sugerida por KRUMBEIN & SLOSS (1963 *apud* PONZI, 1995). O estudo destes graus, além da textura superficial, concentrou-se nas características apresentadas pelos grãos de quartzo, por ser este o mineral de maior resistência e percentagem encontrado ao longo da área estudada.

De acordo com os resultados da morfoscopia, representados na Tabela 12, para o período de verão (novembro a dezembro de 1996 e janeiro de 1997), e na Tabela 13, que inclui a estação de inverno (agosto de 1996 e março a abril de 1997), os sedimentos tiveram poucas variações no que diz respeito aos graus de arredondamento e esfericidade, à textura superficial e à composição, cujas características serão descritas a seguir, separadas por cada setor de praia.

#### • Setor de Pós-Praia

A Figura 58 apresenta os graus de arredondamento e de esfericidade, a textura superficial e a composição dos sedimentos, descritos a seguir.

O grau de arredondamento variou de anguloso a subarredondado, predominando subanguloso (45 %), no período de verão, e subarredondado (45 %), no inverno, indicando que os sedimentos são moderadamente maduros.

Os sedimentos, nos dois períodos, possuem um grau de esfericidade predominantemente baixo (60 a 55 %) e, um pouco menos (40 a 45 %), médio, refletindo as condições deposicionais do material sedimentar.

A textura superficial é essencialmente do tipo sacaroidal fosco (90 a 95 %) e polido (10 a 5 %), sugerindo um retrabalhamento eólico.

No verão, a composição dos sedimentos é formada por quartzo (69 %), feldspato (1%) e componentes bióticos (30%), enquanto que no inverno ficou compreendido por quartzo (85%) e componentes bióticos (15%).

#### • Setor de Praia ou Estirâncio

Neste setor, o grau de arredondamento variou de anguloso a arredondado, como pode ser visto na Figura 59, com predomínio de subanguloso (45 %), no verão, e subarredondado (45 %), no inverno, indicando um melhor retrabalhamento em relação ao setor anterior, onde os grãos alcançaram o índice de arredondado, com variação de 5 a 15%.

O grau de esfericidade teve o seu grau aumentado, com predomínio do índice médio (70 a 55 %) sobre o baixo (30 a 45 %), ao longo dos dois períodos (Figura 59).

O aspecto da textura superficial mudou em relação ao setor anterior, ocorrendo os tipos sacaroidal fosco e polido (60 a 50 %), predominantemente, e o incremento do mamelonar fosco e polido, representados na Figura 59, que possivelmente indica que estes sedimentos sofreram uma maior ação subaquática.

SETOR	Arredondamento					Esféricidade				Textura Superficial						Composição dos Sedimentos					
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	Sacaroidal		Mamelonar		Liso		Quartzo	Feldspato	Componentes Bióticos	Mica	Fragmentos de Rochas	Minerais Pesados
										Fosco	Polido	Fosco	Polido	Fosco	Polido						
P1-pp	X	X	X			X	X			X						X		X			
P1-P	X	X	X	X			X	X		X	X					X	X	X			
P1-AP		X	X	X			X	X		X	X					X		X			
P2-pp	X	X	X			X	X	X		X						X		X	X		
P2-P	X	X	X	X		X	X			X	X					X	X	X			
P2-AP	X	X					X	X		X	X					X		X			
P3-P	X	X	X	X		X	X	X		X	X					X		X	X		
P3-AP	X	X	X			X	X	X		X	X					X		X			
P4-P		X	X			X	X			X	X					X	X	X			
P4-AP	X	X	X				X	X		X	X					X		X			
P5-pp	X	X	X			X	X			X						X	X	X			
P5-P		X	X	X			X	X		X	X					X	X	X			
P5-AP	X	X	X	X		X	X			X	X					X	X	X			
P6-PP		X	X	X			X	X		X						X	X	X			
P6-P	X	X	X			X	X			X	X					X		X	X		
P6-Banco		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X			
P6-AP		X	X	X		X	X			X	X					X		X			

SETORES

Pós-Praia (PP)

Praia (P)

Antepraia (AP)

LEGENDA

ARREDONDAMENTO

Anguloso (0,1)

Sub-anguloso (0,3)

Sub-Arredondamento (0,5)

Arredondado (0,7)

Bem Arredondado (0,9)

ESFERICIDADE

Baixa (0,3)

Média (0,5-0,7)

Alta (0,9)

Tabela 12 – Resultados, em percentagem, das análises morfológicas e composicional no período de verão.

SETOR	Textura Superficial								Composição dos Sedimentos											
	Arredondamento				Estericidade				Sacaroidal		Mamelonar		Liso		Quartzo	Feldspato	Componentes Bióticos	Mica	Fragmentos de Rochas	Minerais Pesados
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	Fosco	Polido	Fosco	Polido	Fosco						
P1-pp	X	X	X			X	X			X					X		X		X	
P1-P	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	
P1-AP	X	X				X	X			X	X				X		X		X	
P2-pp	X	X	X			X	X			X					X		X		X	X
P2-P	X	X	X	X		X	X			X	X				X	X	X		X	X
P2-AP	X	X	X			X	X			X	X				X		X		X	
P3-P	X	X	X			X	X	X		X	X				X		X		X	X
P3-AP	X	X				X	X			X	X				X		X		X	
P4-P	X	X	X			X	X			X	X				X	X	X		X	
P4-AP	X	X	X	X		X	X			X	X				X		X		X	
P5-pp	X	X	X			X	X			X					X		X		X	
P5-P	X	X	X	X		X	X	X		X	X				X	X	X		X	X
P5-AP		X	X	X			X	X		X	X				X		X		X	
P6-pp	X	X	X			X	X			X					X		X		X	
P6-P		X	X	X		X	X			X	X	X	X		X	X	X		X	X
P6-Branco	X	X	X				X	X		X	X	X	X		X		X		X	X
P6-AP	X	X	X	X		X	X			X	X				X		X		X	

SETORES

Pós-Praia (PP)

Praia (P)

Antepraia (AP)

LEGENDA

ARREDONDAMENTO

Anguloso (0,1)

Sub-anguloso (0,3)

Sub-Arredondamento (0,5)

Arredondado (0,7)

Bem Arredondado (0,9)

ESFERICIDADE

Baixa (0,3)

Média (0,5-0,7)

Alta (0,9)

Tabela 13 – Resultados, em percentagem, das análises morfológicas e composicional no período de inverno.

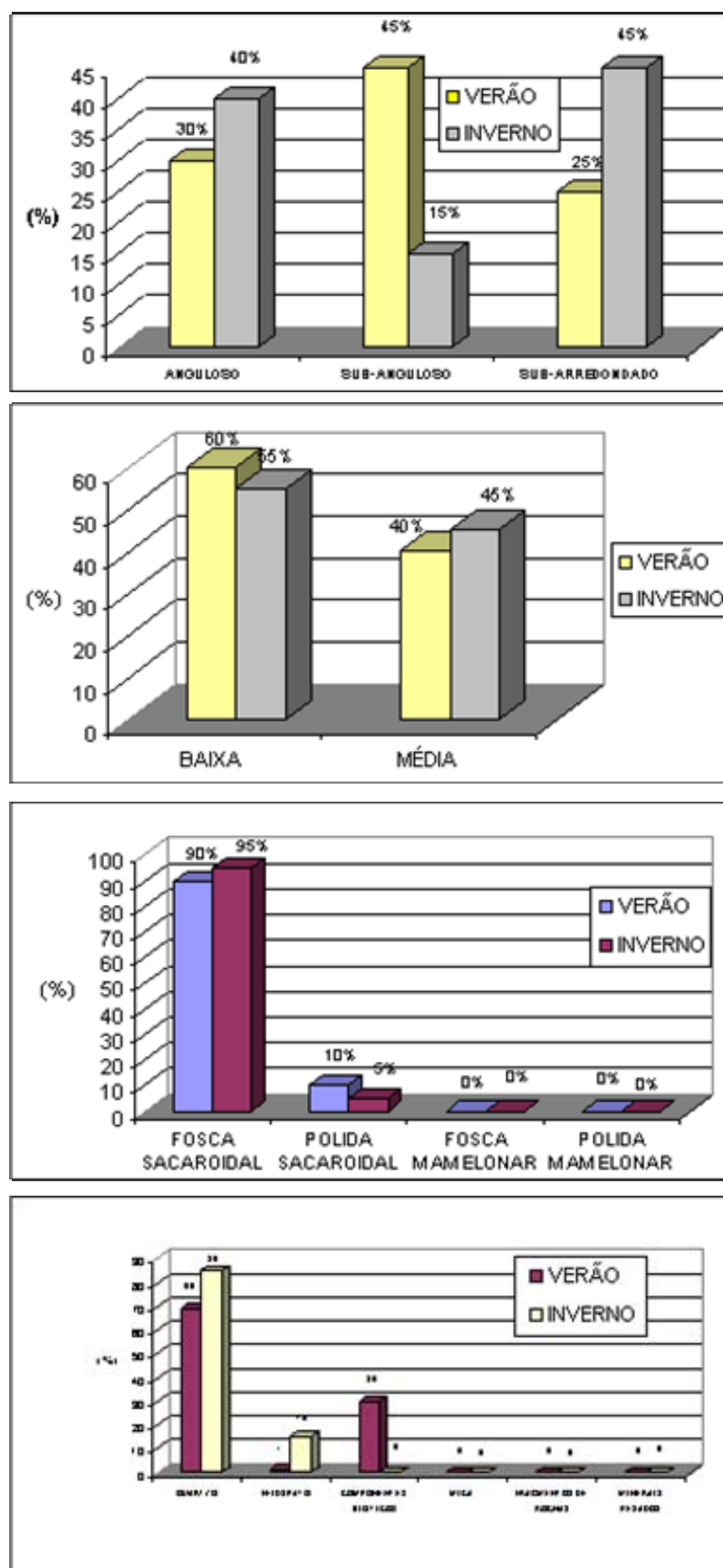


Figura 58. Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor póspraia, nos períodos de verão e inverno.

A composição (Figura 59) ficou formada por quartzo (58 %), feldspato (1 %), componentes bióticos (30 %), mica (1 %), fragmentos de rochas (5 %) e minerais pesados (5 %), no período de verão, e quartzo (60 %), componentes bióticos (25 %), fragmentos de rochas (5 %) e minerais pesados (10 %), no inverno. A presença dos minerais pesados está provavelmente relacionada à existência uma rocha fonte localizada nas proximidades da área de estudo.

- **Setor de Antepraia**

O grau de arredondamento (Figura 60) da antepraia apresenta uma certa semelhança com o setor de estirâncio, variando de anguloso a arredondado, predominando o índice subarredondado com 60 %, no período de verão, e 65 %, no inverno, indicando um moderado retrabalhamento dos grãos e possivelmente um estágio de maturidade chegando a maturo, principalmente pela presença do índice arredondado, que alcançou 10 % nestes períodos.

Permaneceu, ao longo do verão e inverno (Figura 60), a textura superficial do tipo sacaroidal fosca (40 a 45 %) e polida (60 a 55 %), indicando que a ação subaquática foi mais intensa.

Praticamente não houve alteração no aspecto composicional dos sedimentos nestes períodos (Figura 60), sendo formados por quartzo (60 a 50 %), componentes bióticos (35 a 45 %) e minerais pesados (5 % em ambos períodos), mostrando um acréscimo no percentual de componentes bióticos.

- **Banco Arenoso da Praia da Barra das Jangadas**

Destacando-se como o único banco arenoso que aflora nas marés baixas ao longo da área estudada, este depósito possui um grau de arredondamento que varia de subanguloso a bem arredondado (Figura 61), este último indicando que ocorreu retrabalhamento em vários ciclos sucessivos, gerando uma maturidade de moderada a boa, possivelmente originada na interface dos ambientes estuarino (rios Jaboatão e Pirapama) e marinho.

A esfericidade também variou de baixa a média, sendo esta última dominante e atingindo 80 %, no verão e 75 % no inverno (Figura 61).



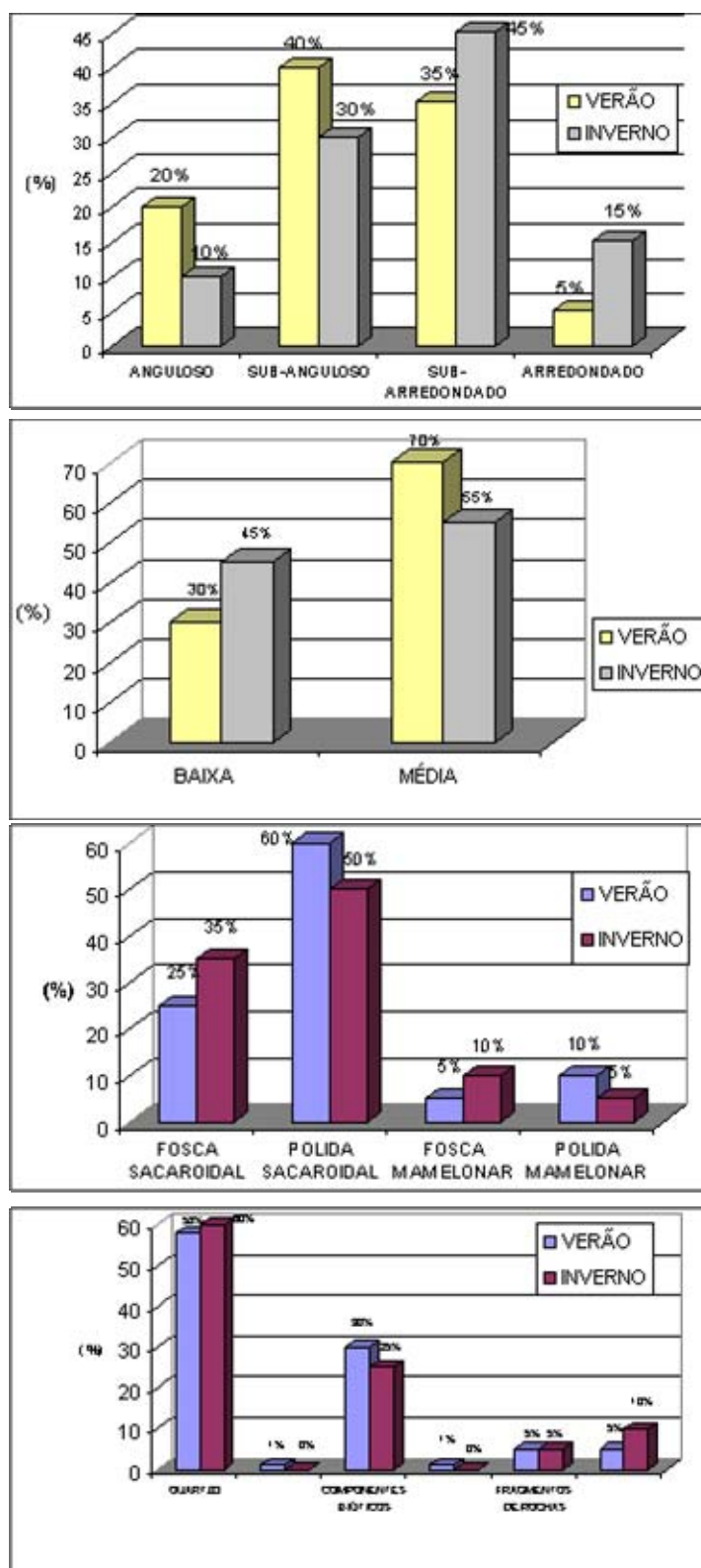


Figura 59. Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor praia, nos períodos de verão e inverno.

A esfericidade também variou de baixa (45 a 40 %) a média (55 a 60 %), o que reflete as condições no momento da deposição (Figura 60).

Na textura superficial, prevaleceu o tipo de grão sacaroidal, sendo fosco com 30 a 40 %, e polido de 55 a 50 %. Secundariamente, apresentou o tipo mamelonar fosco, de 10 a 5 %, e polido com 5 % nos dois períodos, o que continua indicando predomínio do ambiente subaquático (Figura 61).

E, por último, a composição do material, que se apresenta bastante semelhante ao setor de antepraia, sendo formada por quartzo (55 a 45 %), componentes bióticos (35 a 40 %) e minerais pesados (10 a 15 %) (Figura 61).

#### **4.5 - Características Hidrodinâmicas e Morfodinâmicas Locais**

O ambiente costeiro é regido por uma complexa interação existente entre os ventos, as marés, as correntes, as ondas e o transporte de sedimentos.

As ondas que chegam à costa têm alturas diferentes. As mais altas quebram a profundidades maiores, gerando a zona de arrebentação.

Nas zonas de arrebentação e espriamento, ocorre a dissipação das enormes quantidades de energia trazidas pela ondulação oceânica, como função do trem de ondas e do tipo de arrebentação, e da qual dependem o perfil praial e o tamanho dos grãos dos sedimentos (MANSO *et al.*, 1995).

Ocorre uma considerável modificação na energia das ondas que incidem na costa no momento em que estas encontram pela frente uma linha de recifes, tanto pelo fato de ocorrer perda de energia através da arrebentação, quanto por haver uma modificação do espectro de ondas resultante, que é substituído por ondas de baixa frequência.

Agindo como grandes barreiras naturais, os recifes tendem a concentrar a energia das ondas no lado interno, provocando a deposição de sedimentos através dos processos de refração e difração. A Figura 62 ilustra os efeitos das ondas sobre uma linha de recifes contínua ou interrompida, e as conseqüências sobre a geometria da linha de praia adjacente.

Na área estudada, a linha de recifes apresenta-se descontínua, com alguns cabeços isolados, modificando a intensidade da energia e a direção das ondas incidentes por difração.

Os dados hidrodinâmicos e morfodinâmicos foram coletados em pontos coincidentes aos perfis praiais (P1 a P6), encontrando-se seus parâmetros e características na Tabela 14, os quais foram obtidos por ocasião das marés mais altas, de acordo com as tábuas confeccionadas pelo Porto do Recife nos anos de 1996 e 1997.

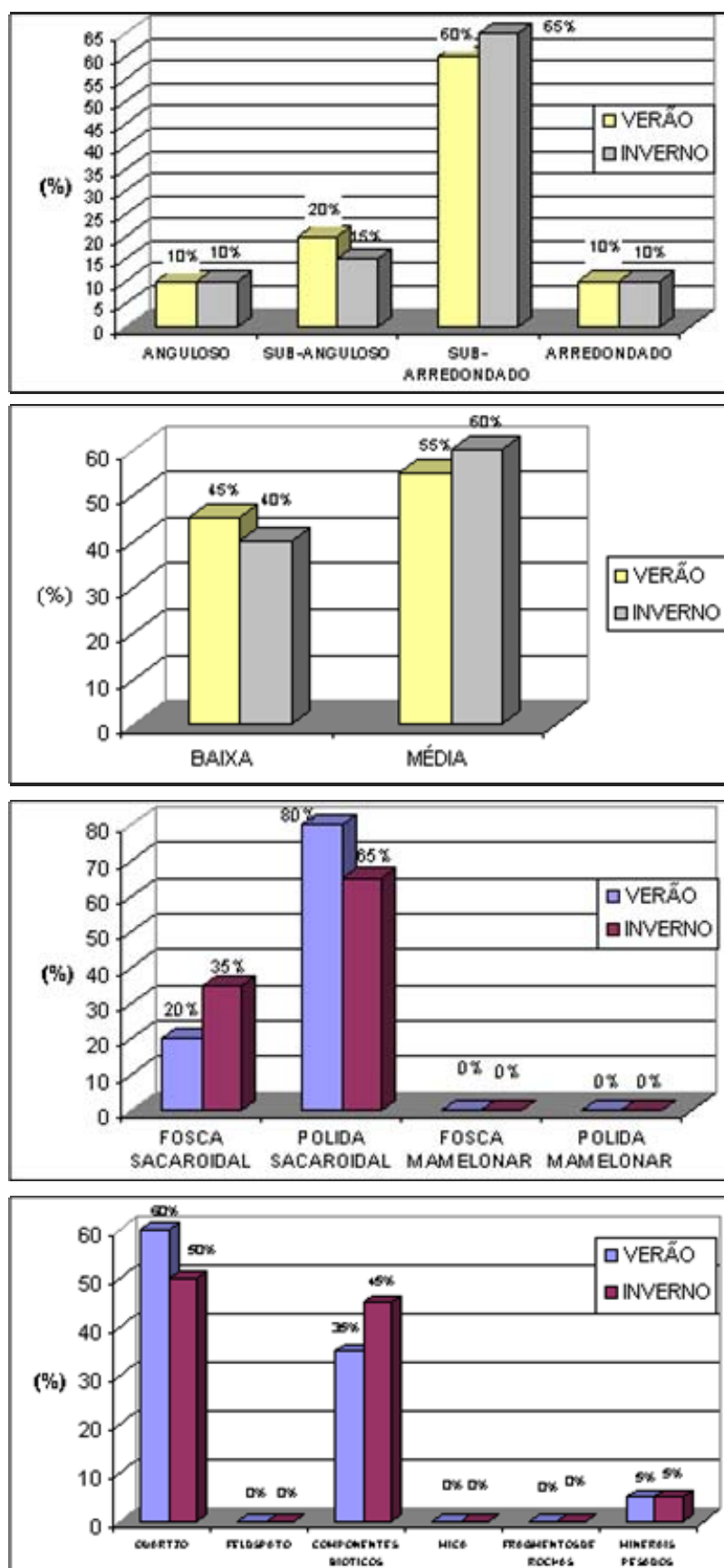


Figura 60. Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos do setor antepraia, nos períodos de verão e inverno.

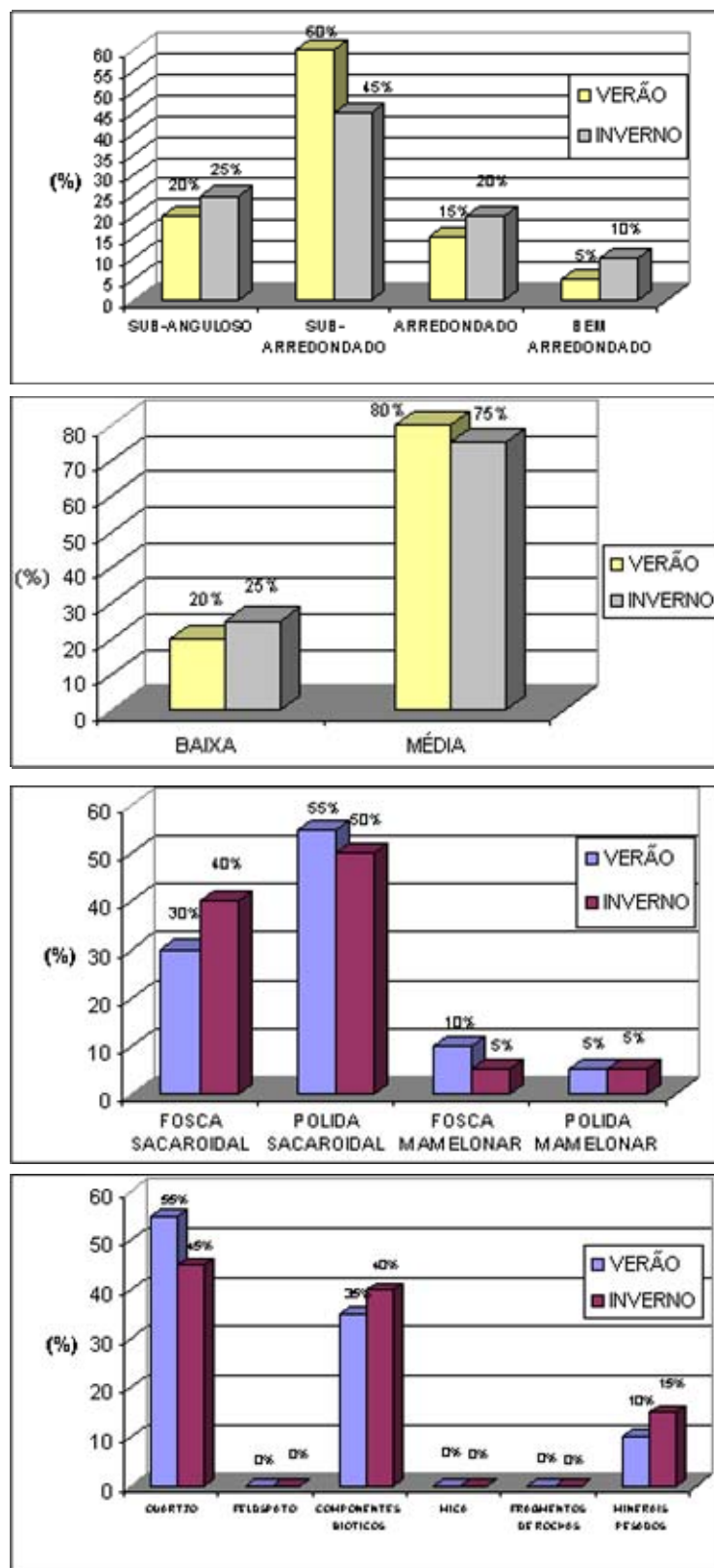


Figura 61. Representação gráfica, de cima para baixo, da média dos graus de arredondamento e esfericidade, da textura superficial e da composição dos sedimentos no banco arenoso, nos períodos de verão e inverno.

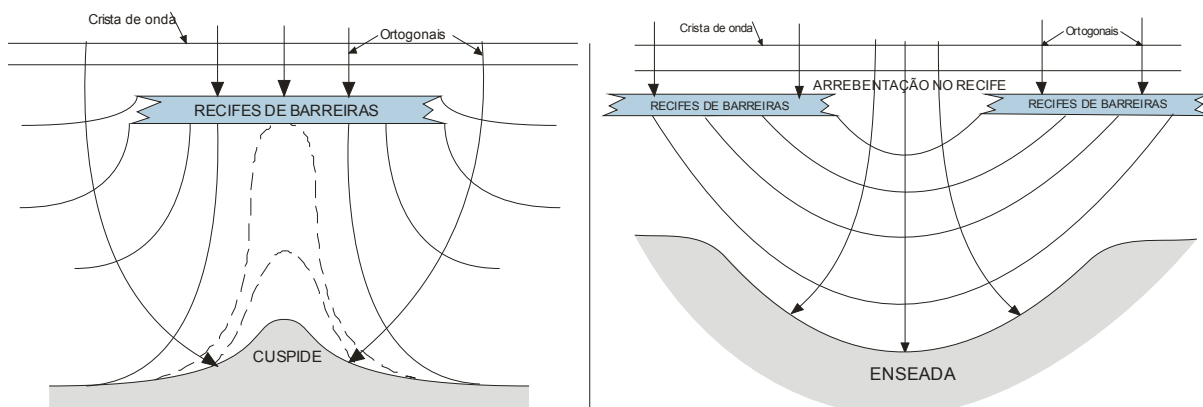


Figura 62. Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre as linhas de recifes: contínua (cima), com tendência de sedimentação na porção central; e descontínua (baixo), com retirada de sedimentos.

Ao longo da área ocorreu uma variação média da altura das ondas de 0,23 (Ponto P6) a 0,75 m (Ponto P1), como mostra a Figura 63, com um período médio de 7,5 (Ponto P4) a 10,5 s (Ponto P6), de acordo com a Figura 64.

Para as amostras de sedimentos coletadas no setor de estirâncio, foram comparadas, ainda, o diâmetro médio com a declividade deste setor, na tentativa de obter uma equação que melhor se ajusta a uma reta de regressão linear (Figura 65). Talvez, devido ao reduzido número de dados, não há indícios que haja correlação entre estes dois parâmetros.

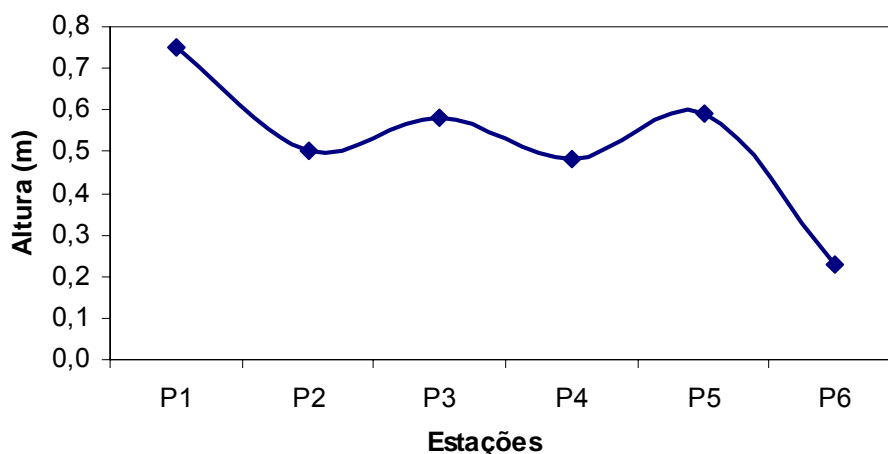


Figura 63. Representação da altura média das ondas nas estações de coleta.

Perfil	Data	Hora	Onda				Corrente		Direção do Vento	Características da Praia				
			Altura Média (m)	Período Médio (s)	Ângulo de Incidência (°)	Tipo	Velocidade (m/s)	Direção		Largura da Praia (m)	Espraçamento (m)	Arrebentação (m)	Cúspides (m)	Declividade do Estrâncio
P1	14/8/1936	11:50	0,30	10,00	10	Deslizante	0,25	S - N	NE - S-W	60,00	8,00	35,00	N50	5°
P1	26/11/1936	10:55	0,20	11,00	10	Deslizante	0,28	S - N	SE - NW	63,00	9,00	42,00	N50	5°
P1	22/4/1937	10:40	0,20	10,40	10	Deslizante	Irregular	S - N	NE - S-W	58,50	9,00	40,00	N50	4°
P2	25/9/1936	11:10	0,70	9,30	10	Mergulhante	Irregular	S - N	NE - S-W	60,00	4,70	13,00	N50	6°
P2	25/9/1936	14:30	0,89	8,50	0 - Frontal	Mergulhante	0,08	S - N	NE - S-W	13,70	6,00	15,00	N50	8°
P2	10/10/1936	11:00	0,45	7,10	15	Mergulhante	0,17	S - N	NE - S-W	35,00	5,00	17,00	N50	6°
P2	25/11/1936	11:00	0,36	6,30	45	Deslizante	0,22	N - S	NE - S-W	28,50	5,20	13,50	N50	5°
P2	26/12/1937	09:00	0,50	7,30	0 - Frontal	Mergulhante	Irregular	N - S	SE - NW	26,00	6,00	4,90	10,00	3°
P2	17/3/1937	11:45	0,50	10,20	20	Mergulhante	Irregular	N - S	NE - S-W	12,50	1,80	3,00	N50	14°
P2	14/4/1937	08:40	0,72	8,20	15	Mergulhante	0,05	S - N	NE - S-W	15,00	5,00	2,50	N50	11°
P3	14/8/1936	12:38	0,45	8,00	10	Mergulhante	0,23	S - N	NE - S-W	12,50	2,55	8,00	N50	7°
P3	26/11/1936	11:57	0,60	7,50	8	Mergulhante	0,19	N - S	NE - S-W	11,70	1,60	10,00	N50	7°
P3	22/4/1937	11:30	0,40	7,00	10	Mergulhante	0,25	S - N	NE - S-W	13,00	2,80	13,00	N50	6°
P4	10/10/1936	12:15	0,30	8,40	0 - Frontal	Mergulhante	0,23	S - N	NE - S-W	14,43	7,80	40,00	20,00	6°
P4	25/11/1936	13:00	0,52	9,30	10	Mergulhante	0,27	S - N	NE - S-W	15,70	8,30	13,50	20,00	10°
P4	10/12/1936	12:45	0,61	6,30	0 - Frontal	Deslizante	0,22	S - N	NE - S-W	18,43	9,55	13,74	N50	7°
P4	26/12/1937	09:35	0,40	9,50	0 - Frontal	Mergulhante	0,18	S - N	NE - S-W	34,00	7,55	15,00	15,00	3°
P4	17/3/1937	12:35	0,48	10,00	0 - Frontal	Mergulhante	0,14	N - S	NE - S-W	23,87	5,00	13,30	16,00	7°
P4	14/4/1937	09:24	0,55	7,80	0 - Frontal	Mergulhante	0,14	S - N	NE - S-W	19,00	8,00	3,50	20,00	7°
P5	14/8/1936	15:07	0,45	8,00	10	Mergulhante	Irregular	N - S	NE - S-W	55,00	13,00	20,00	N50	3°
P5	25/11/1936	14:00	0,60	7,50	7	Mergulhante	Irregular	S - N	NE - S-W	46,00	11,00	25,00	N50	4°
P5	14/4/1937	10:13	0,48	7,00	10	Mergulhante	Irregular	N - S	NE - S-W	47,00	12,60	22,00	N50	4°
P6	25/9/1936	11:48	0,64	7,6	0 - Frontal	Mergulhante	0,09	S - N	NE - S-W	24,60	8,60	12,00	N50	7°
P6	25/9/1936	14:35	0,89	7,2	0 - Frontal	Mergulhante	0,23	S - N	ESE - WNW	13,90	7,30	16,00	N50	10°
P6	10/10/1936	11:50	0,87	7,2	0 - Frontal	Mergulhante	0,31	S - N	NE - S-W	22,70	6,70	22,00	15,00	6°
P6	26/12/1937	08:55	0,59	8,7	0 - Frontal	Mergulhante	0,26	S - N	ESE - WNW	22,00	5,00	25,00	N50	3°
P6	14/3/1937	07:31	0,89	9,5	10	Mergulhante	0,30	S - N	SSE - MNW	17,30	9,00	25,00	N50	4°
P6	17/4/1937	13:24	0,63	6,4	0 - Frontal	Mergulhante	0,14	S - N	ESE - WNW	18,40	8,00	35,00	N50	5°

Tabela 14 - Parâmetros hidrodinâmicos e as respectivas características morfodinâmicas das estações de coleta.

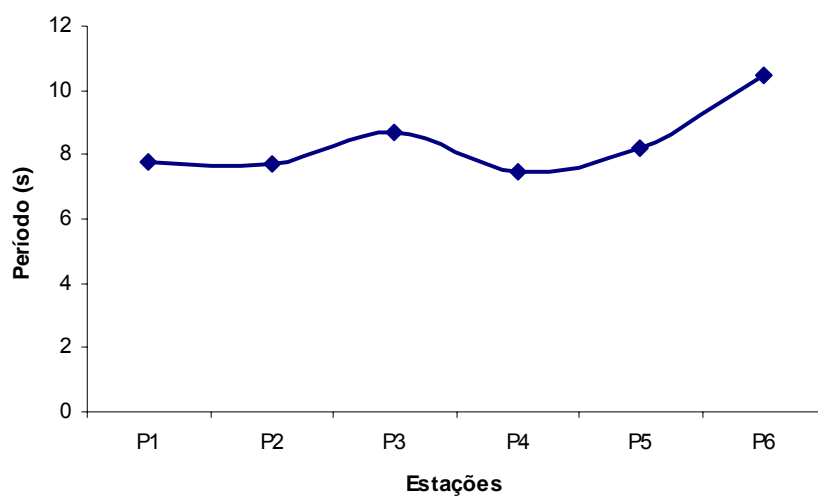


Figura 64. Representação do período médio das ondas nas estações de coleta.

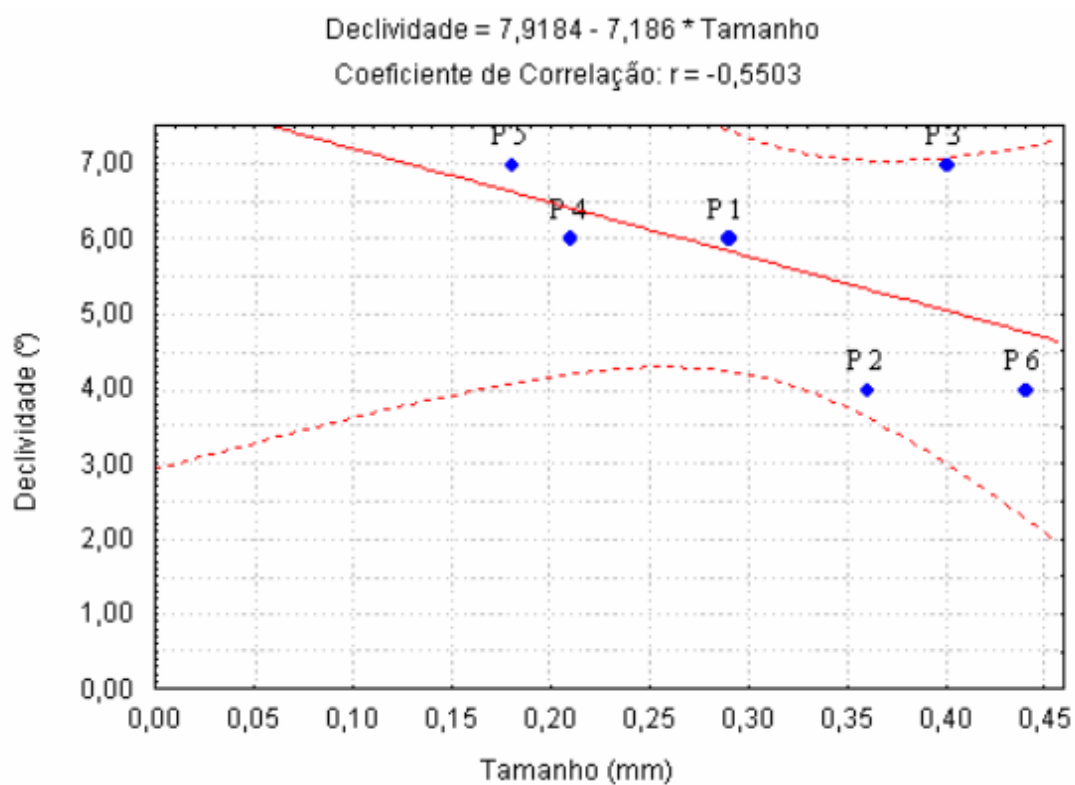


Figura 65. Gráfico da correlação linear da declividade média versus o tamanho médio dos grãos do estrâncio nas estações de coleta (P1 a P6).

- **Estação de Coleta P1 - Praia da Piedade**

É caracterizada pela existência de uma linha de recife localizada bem depois da zona de arrebentação, o que deixa este trecho da praia da Piedade totalmente exposto à ação das ondas, onde as mesmas atingem uma altura média de 0,75 m, com período médio de 7,77 s e um ângulo de incidência variando de 0 a 10°, sendo do tipo mergulhante. O deslocamento do material sedimentar pela deriva litorânea foi realizado com uma velocidade média de 0,37 m/s, de Sul para Norte, ocorrendo, ainda, uma grande variação na direção dos ventos, com atitudes NE - SW, ESE - WNW e SSE - NNW.

As características da praia mostraram uma largura média de 19,82 m, da escarpa de berma até o início do espraimento, aparecendo cúspides apenas no mês de outubro de 1996, com distância média entre eles de 15 m. A declividade média do estirâncio foi de 5°, enquanto o espraimento e a zona de arrebentação média apresentaram uma largura média de 7,53 m e 22,5 m, respectivamente.

- **Estação de Coleta P2 - Praia da Piedade**

Corresponde ao trecho mais protegido de toda a área de estudo, devido à presença da linha de recife próxima ao estirâncio inferior, cerca de 20 m de distância, que amortece o impacto das ondas. As mesmas alcançam, em média, 0,5 m altura de e período de 7,7 s, com ângulo de incidência de 9°, sendo do tipo mergulhante. A corrente é irregular, com sentido variando de Sul para Norte e de Norte para Sul, apesar da ação dos ventos terem permanecido com sentido constante de NE para SW.

Em relação ao ponto anterior (P1), a largura média da praia aumentou para 49,3 m e o espraimento médio para 12,2 m, com ausência de cúspides. A declividade média do estirâncio diminuiu, ficando com 3° e a zona de arrebentação média com uma largura de 22,30 m.

- **Estação de Coleta P3 - Praia da Piedade**

Apresenta algumas características semelhantes ao ponto de coleta P1, principalmente no que diz respeito à linha de recife, pois a mesma também se localiza bem após a zona de arrebentação, fazendo com que a faixa de praia seja submetida ao intenso ataque das ondas, tendo esta altura média de 0,58 m, período médio de 8,7 s e um ângulo



de incidência variando de 0 a 10°, com tipo predominantemente mergulhante e secundariamente deslizante. A corrente possui uma velocidade média de 0,20 m/s e sentido preferencial de Sul para Norte, com ventos de atitude NE - SW.

A largura média da praia é de 20,91 m, medida a partir da base da mureta que impermeabiliza o setor de pós-praia, sendo marcada pela presença de cúspides com distância média entre si de 15,17 m, indicando a existência de correntes de retorno. O espraimento médio possui 7,7 m de largura, com o estirâncio possuindo uma declividade média de 6° e a zona de arrebatção média com 16,51 m de largura.

#### • Estação de Coleta P4 - Praia das Candeias

É caracterizada por uma frente de onda que chega a zona de antepraia com forte energia, já que os recifes existentes neste trecho da praia não são capazes de amortecer, suficientemente, o impacto provocado pelas ondas, apesar das mesmas alcançarem uma altura média de apenas 0,48 m, com um período médio de 7,5 s, um ângulo de incidência médio de 9°, e o tipo mergulhante.

A corrente atua com uma velocidade média de 0,22 m/s, preferencialmente de Sul para Norte, e a ação dos ventos ocorre com direção de NE - SW.

Este trecho estudado é o que possui as características mais favoráveis para ocorrência dos processos erosivos. Inicialmente pelo setor de pós-praia, que, assim como o setor anterior (P3), encontra-se ocupado, e cuja impermeabilização foi feita com aterro de composição areno-argilosa e enrocamento no início do estirâncio superior, seguido pelo fato de apresentar as menores faixas de praia e espraimento, 12,4 m e 2,32 m, respectivamente, além da zona de arrebatção, que ocorre próxima ao estirâncio inferior, a 10,3 m do mesmo.

A declividade média do estirâncio é de 6°, não ocorrendo à presença de cúspides na faixa de praia.

#### • Estação de Coleta P5 - Praia das Candeias

Ao longo de toda a área monitorada, este é o local no qual ocorre a maior variação do ângulo de incidência, desde 0° (frontal) até 45°, devido às modificações sofridas pelas frentes de onda ao atingirem o recife e os bancos arenosos. As ondas possuem, em média, uma altura de 0,59 m e um período de 8,21 s, com tipo predominantemente mergulhante. A

corrente de deriva alcança 0,13 m/s, variando de Sul para Norte, com ventos de direção NE - SW.

O estirâncio apresenta a maior declividade de todo o trecho, com uma média de 7°, largura de 27,24 m e um espraimento de 4,81 m, além de apresentar a zona de arrebenção bastante próxima da sua porção inferior, com uma média de 9,84 m, que é a menor distância existente na área. Foi registrada a presença de cúspide apenas no mês de fevereiro/97, com distância média entre os mesmos de 10 m, indicando que praticamente não ocorreu modificação significativa com relação a entrada das correntes na faixa de praia.

- **Estação de Coleta P6 - Praia da Barra das Jangadas**

Localizada próxima à foz do estuário da Barra das Jangadas, é caracterizada pela ocorrência das ondas mais baixas e os períodos mais longos de toda a área, 0,23 m e 10,5 s, respectivamente, devido à presença de recifes, que provocam difração das ondas, e a existência de bancos arenosos (altos fundos), que causam a refração das mesmas. Por sua vez, o ângulo de incidência das ondas é de 10°, que são do tipo deslizante. A corrente de deriva média apresenta 0,27 m/s de velocidade e sentido de Sul para Norte, enquanto os ventos sopram na direção NE - SW.

Neste local, verifica-se a maior faixa de praia da área, com uma média de 60,5 m, e espraimento médio de 8,67 m; uma declividade média do estirâncio de 4°; e, também, a maior zona de arrebenção, com 39,0 m, além de não existir cúspides. Este conjunto de características faz deste trecho o mais bem preservado e o de melhor condição de equilíbrio de todo o setor monitorado.

#### **4.6 - Classificação Morfodinâmica das Praias**

O estado de equilíbrio de um perfil praiar é função direta das características hidrodinâmicas, morfodinâmicas e do aporte de sedimentos.

De uma maneira geral, ocorre variação sazonal do perfil de uma praia. No período de verão, as ondas são mais fracas e menos esbeltas, conseqüentemente possuem características construtivas, ocorrendo migração dos sedimentos do setor de antepraia para o estirâncio, chegando a pós-praia. Ao contrário, no inverno, devido à ação das ondas com maiores amplitudes, o material sedimentar é removido do estirâncio e da pós-praia, podendo formar barras arenosas imersas.

Se o ganho do verão for superior à perda de inverno, ocorrerá um estágio de deposição; ao contrário, tem-se erosão.

Como já foi visto anteriormente, WRIGHT & SHORT (1984), para tentar compreender a resposta morfodinâmica perante os efeitos dos parâmetros hidrodinâmicos, desenvolveram uma relação entre o estado dos setores de praia e as características das ondas e dos sedimentos, tomando como base o parâmetro ômega ( $\Omega$ ) de DEAN (1973), definido pela fórmula  $\Omega = H_b / W_s T$ , onde  $H_b$  é a altura da onda na zona de arrebentação;  $W_s$  é a velocidade de sedimentação do grão; e  $T$  o período da onda, da qual se pode obter os seguintes estágios de praia: reflectivo ( $\Omega \leq 1,5$ ); intermediário ( $2,4 \leq \Omega \leq 4,7$ ) ou dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ). No estágio intermediário, podem ocorrer os seguintes casos: terraço de baixa-mar ( $\Omega = 2,4$ ); bancos transversais ( $\Omega = 3,15$ ); banco e praia de cúspides ( $\Omega = 3,5$ ); e banco e calha longitudinal ( $\Omega = 4,7$ ).

O estado reflectivo é caracterizado por elevados gradientes de praia e fundo marinho adjacente, praticamente eliminando a zona de surfe. As ondas incidem e refletem na pós-praia, aumentando a declividade da escarpa de berma e tornando o perfil mais íngreme, com menor estoque de sedimentos na antepraia.

Os estados intermediários são marcados pela migração de bancos arenosos submersos, da zona de arrebentação em direção à praia. Pode ocorrer a presença de cúspides, marcando a existência de correntes de retorno. O estoque de sedimentos da pós-praia é maior do que na zona de surfe. A faixa de estirâncio é, geralmente, bastante larga e com declividade menor do que  $10^\circ$ .

O estado dissipativo, por sua vez, é caracterizado por apresentar grande ocorrência de energia, provocando a formação de ondas mais altas e de elevada esbeltez, podendo existir mais de uma zona de arrebentação. O perfil praial é suave, com a presença de sedimentos finos. A pós-praia é plana, ocorrendo elevado estoque de areia na zona de surfe. Ocorrem canais na antepraia com forte energia associada, tornando-os muito perigosos para a balneabilidade da praia, já que a corrente tende a levar o banhista para a zona de arrebentação.

Através do parâmetro ( $\Omega$ ) de DEAN (1973), foram classificados os perfis das praias estudadas, tendo sido utilizada, separadamente, a média dos dados para os períodos de verão, representado pelos meses de setembro a dezembro de 1996 e janeiro a fevereiro de 1997, e inverno, que incluem os meses de março e abril de 1997, a fim de relacionar alguma mudança entre os mesmos.

As alturas  $H_b$  (m) e os períodos  $T$  (s) das ondas foram obtidos na zona de arrebentação. O tamanho médio dos grãos  $M_z$  (mm) equivale ao setor de estirâncio, sendo que através deste valor é possível obter o valor da velocidade de queda do grão  $W_s$  (m/s),

através da proposta de RAUDKIVI (1990). Todos os parâmetros utilizados e as respectivas classificações das praias encontram-se na Tabela 15, cujos resultados serão discutidos a seguir.

- **Praia da Piedade**

No período de verão, os perfis P1 (v) e P3 (v) apresentaram um estágio morfodinâmico intermediário e o perfil P2 (v) reflectivo. No inverno, o perfil P1 (i) passou para dissipativo, enquanto os demais, P2 (i) e P3 (i), mostraram-se intermediários. A análise destes perfis e suas respectivas classificações morfodinâmicas indica que em uma mesma praia podem ocorrer estados morfológicos diferentes, dependendo das variações nos parâmetros hidrodinâmicos e morfodinâmicos, além da granulometria do aporte de sedimentos no setor de estirâncio.

- **Praia das Candeias**

Não ocorreram mudanças morfológicas nas estações de verão e inverno, onde os perfis P4 e P5 registraram um estágio morfodinâmico intermediário, sugerindo que as condições hidrodinâmicas e sedimentares desta praia permaneceram estáveis.

- **Praia da Barra das Jangadas**

O estágio morfodinâmico desta praia permaneceu reflectivo, ao longo dos períodos de verão e inverno. O perfil P6 indica que as características hidrodinâmicas e sedimentares permaneceram sem mudanças significativas, assim como ocorreu na praia das Candeias.

#### **4.7 - Transporte Longitudinal de Sedimentos na Área Estudada**

Várias correntes são geradas pela ação das ondas que chegam à praia, cujos padrões variam de acordo com o ângulo de incidência formado com a linha de praia.

Freqüentemente, estabelece-se uma série de células de circulação, cada uma caracterizada por uma corrente longitudinal, fluindo paralela à praia, e uma corrente de retorno, que atravessa a zona de arrebentação em fluxo rápido e concentrado, espalhando-se logo após, em forma de leque (MUEHE, 1994).

Perfil	Hb (m)	T (s)	Mz (Phi)	Mz (mm)	Ws (mm/s)	Ws (m/s)	Ws (m/s) x T (s)	Hb / (Ws x T)	Classificação	Mês
P1 (V)	0,75	7,68	1,79	0,29	25,80	0,0258	0,198	3,79	Intermediária	novembro-96
P1 (I)	0,76	4,95	2,23	0,21	25,80	0,0258	0,128	5,94	Dissipativa	abril-97
P2 (V)	0,60	7,50	0,95	0,52	79,70	0,0797	0,598	1,00	Reflectiva	novembro-96
P2 (I)	0,48	7,00	1,30	0,41	25,80	0,0258	0,181	2,652	Intermediária	abril-97
P3 (V)	0,61	8,53	1,55	0,34	25,80	0,0258	0,220	2,77	Intermediária	novembro-96
P3 (I)	0,52	8,90	1,74	0,30	25,80	0,0258	0,230	2,26	Intermediária	abril-97
P4 (V)	0,60	7,50	1,35	0,39	25,80	0,0258	0,194	3,09	Intermediária	novembro-96
P4 (I)	0,40	7,00	2,62	0,16	25,80	0,0258	0,181	2,21	Intermediária	abril-97
P5 (V)	0,58	7,82	1,86	0,28	25,80	0,0258	0,202	2,87	Intermediária	novembro-96
P5 (I)	0,61	9,20	2,76	0,15	25,80	0,0258	0,250	2,44	Intermediária	abril-97
P6 (V)	0,20	11,00	1,24	0,42	25,80	0,0258	0,284	0,70	Reflectiva	novembro-96
P6 (I)	0,20	10,40	0,92	0,53	79,70	0,0797	0,829	0,24	Reflectiva	abril-97

Tabela 15 - Classificação das praias estudadas, segundo o parâmetro de Dean, para os períodos de verão(V) e inverno (I).

As correntes litorâneas transportam os sedimentos que foram postos em movimento pela ação das ondas, ao longo de amplos trechos da costa, cujo movimento de areia é denominado de deriva litorânea, que se constitui num importante processo de transporte de sedimentos ao longo de costas arenosas (MANSO *et al.*, 1995).

O valor da velocidade da corrente longitudinal, medida à meia distância entre a zona de arrebentação e o setor de praia, pode ser estimada através da equação de LONGUET-HIGGINS (1970 a e b *apud* MUEHE, 1996):

$$V_1 = 1,19 \cdot (g \cdot H_b)^{0,5} \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b,$$

da qual tem-se que:

$V_1$  = a velocidade média da corrente longitudinal (m/s);

1,19 = a uma constante experimental;

$g$  = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );

$H_b$  = altura média da onda significativa na zona de arrebentação (m); e

$\alpha_b$  = ângulo de incidência das ondas (em graus).

A estimativa do volume de areia transportada por dia, pode ser feita através da equação estabelecida por KOMAR (1983 *apud* MUEHE, 1996):

$$Q_S = 3,4 \cdot (E \cdot C_n)_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b,$$

onde:

$Q_S$  = estimativa do volume de areia transportada por dia ( $\text{m}^3/\text{dia}$ );

3,4 = constante experimental;

$E$  = energia da onda ( $\text{joules/m}^2$ ); e

$C_n$  = velocidade do grupo de ondas ou celeridade (m/s). Em águas rasas, como é o caso das que ocorrem na área estudada,  $n = 1$ .

A energia da onda ( $E$ ) pode ser obtida pela equação KOMAR (1983 *apud* MUEHE, *op cit.*):

$$E = 1/8 \cdot (\rho \cdot g \cdot H_b^2),$$

em que:

1/8 = constante experimental; e

$\rho$  = densidade da água do mar =  $1032 \text{ Kg/m}^3$ .

Por aproximação,  $C = (g \cdot d)^{1/2}$ , daí  $C = \{g \cdot (d + H)\}^{1/2}$ , onde  $H$  = altura da onda significativa em relação à profundidade  $d$ . Como a onda se arrebenta quando a relação  $H/d$  se situa entre 0,75 e 1,2, considera-se que  $d = H_b$ . Logo, KOMAR (1983 *apud* MUEHE, 1996) definiu:

$$C = \{g \cdot (2 \cdot H_b)\}^{1/2}.$$

Baseando-se nestas equações, foram calculadas as velocidades médias das correntes longitudinais e os volumes estimados de areias transportadas nas estações de coletas, que são equivalentes às estações de monitoramento hidrodinâmico e morfodinâmico da área de estudo, cujos cálculos e resultados obtidos encontram-se resumidos na Tabela 16. Quando o ângulo de incidência das ondas é zero (0), a velocidade média da corrente longitudinal é nula, como mostra a equação  $V_1 = 1,19 \cdot (g \cdot H_b)^{0,5} \cdot \sin\alpha_b \cdot \cos\alpha_b$ , já que o seno deste ângulo é nulo, semelhante ao valor do volume estimado de areia transportado, calculado pela expressão  $Q_s = 3,4 \cdot (E \cdot C_n)_b \cdot \sin\alpha_b \cdot \cos\alpha_b$ . Assim sendo, desprezamos os valores da energia da onda e celeridade para estes casos.

O cálculo do volume estimado de areia transportado longitudinalmente ao longo das estações de coleta (Figura 66), indica que o maior valor obtido na área estudada foi na Praia da Piedade (Estação P1), com cerca de 2.345,79 m<sup>3</sup>/dia no mês de março/1996, seguido pela Praia das Candeias (Estação P5), com 2.090,52 m<sup>3</sup>/dia no mês de abril/1997. A Estação P6, na Praia da Barra das Jangadas, mostra o menor valor de areia transportado, possivelmente refletindo na grande concentração de bancos arenosos existentes na mesma, além da contribuição dos sedimentos oriundos do estuário da Barra das Jangadas.

#### • Estações de Coletas da Praia da Piedade

Na estação P1, a maioria dos meses estudados apresentaram um ângulo de incidência frontal (0°), ou seja, não ocorreu transporte longitudinal de sedimentos. O único mês que apresentou tal transporte foi março de 1997, cuja estimativa de volume de areia foi de 2.345,79 m<sup>3</sup>/dia, a uma velocidade média da corrente longitudinal de 0,59 m/s, que são os maiores valores obtidos na praia da Piedade.

Em P2, os maiores valores de volume de areia e velocidade de transporte encontrados foram relacionados ao mês de agosto de 1996, 501,14 m<sup>3</sup>/dia e 0,43 m/s, respectivamente. Por outro lado, o mês de novembro de 1996 apresentou os menores resultados desta praia, que foram de 63,01 m<sup>3</sup>/dia e 0,03 m/s, respectivamente.

No caso da estação P3, assim como ocorreu em P1, só ocorreu transporte longitudinal de sedimentos em um único mês, novembro de 1996, cujo volume foi de 611,13 m<sup>3</sup>/dia, com velocidade média de 0,45 m/s.

Estação de	Data	Altura Média da Onda (m)	Ângulo de Incidência (graus)	Velocidade Média da Corrente Longitudinal (m/s)	Energia da Onda (joules/m <sup>2</sup> )	Celeridade (m/s)	Volume Estimado de Areia Transportada (m <sup>3</sup> /dia)
P1	set/96	0,89	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P1	out/96	0,87	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P1	fev/97	0,59	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P1	mar/97	0,89	10	0,59	990,74	4,18	2.345,79
P1	abr/97	0,63	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P2	ago/96	0,45	10	0,42	253,28	2,97	426,10
P2	nov/96	0,60	7	0,03	450,28	3,43	63,01
P2	abr/97	0,48	10	0,43	288,18	3,07	501,14
P3	out/96	0,90	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P3	nov/96	0,52	10	0,45	338,21	3,19	611,13
P3	dez/96	0,61	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P3	fev/97	0,40	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P3	mar/97	0,48	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P3	abr/97	0,55	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P4	ago/96	0,45	10	0,42	253,28	2,97	426,10
P4	nov/96	0,60	8	0,04	450,28	3,43	73,52
P4	abr/97	0,40	10	0,39	200,12	2,80	317,40
P5	set/96	0,70	10	0,52	612,88	3,71	1.287,96
P5	out/96	0,45	15	0,63	253,28	2,97	645,03
P5	nov/96	0,36	45	1,13	162,10	2,66	739,03
P5	fev/97	0,50	0	Nula	Desprezada	Desprezada	Nulo
P5	mar/97	0,50	20	0,84	312,70	3,13	1.063,55
P5	abr/97	0,72	15	0,80	648,40	3,76	2.090,52
P6	ago/96	0,30	10	0,34	112,57	2,43	154,95
P6	nov/96	0,20	10	0,28	50,03	1,98	56,11
P6	abr/97	0,20	10	0,28	50,03	1,98	56,11

Tabela 16 - Estimativa dos cálculos de volume de areia transportado e velocidade média da corrente longitudinal nas estações de coleta



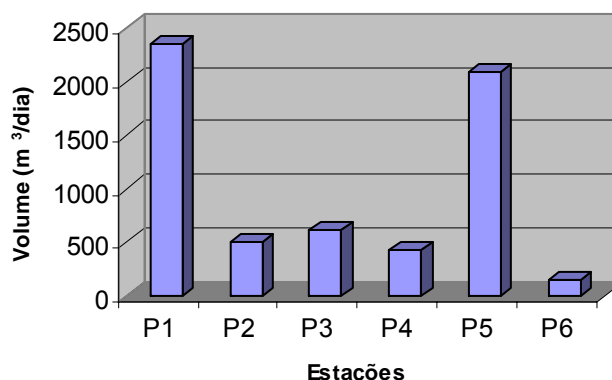


Figura 66. Volume estimado máximo de areia transportada em cada estação de coleta.

- **Estações de Coletas da Praia das Candeias**

A estação P4, no mês de agosto de 1996, apresentou valores semelhantes de volume de areia e velocidade de transporte de P2, ocorrido no mesmo mês, cujos valores encontrados foram  $426 \text{ m}^3/\text{dia}$  e  $0,42 \text{ m/s}$ , respectivamente. Em novembro de 1996, foram obtidos baixos valores de volume de areia ( $73,52 \text{ m}^3/\text{dia}$ ) e a sua respectiva velocidade de transporte ( $0,04 \text{ m/s}$ ), que são os menores encontrados na praia das Candeias.

Na estação P5, o maior volume transportado foi de  $2.090,52 \text{ m}^3/\text{dia}$ , com uma velocidade de transporte de  $0,80 \text{ m/s}$ , ocorrido em abril de 1997. Em novembro de 1996, apesar de terem sido registrados os maiores ângulo de incidência ( $45^\circ$ ) e velocidade de transporte longitudinal ( $1,13 \text{ m/s}$ ), o volume de sedimento calculado foi de  $739,03 \text{ m}^3/\text{dia}$ , que apenas superou o encontrado em outubro de 1996 ( $645,03 \text{ m}^3/\text{dia}$ ), tendo como principal causa a ação das baixas alturas de ondas ( $0,36 \text{ m}$ ) ao longo do mês.

- **Estação de Coletas da Praia da Barra das Jangadas**

De posse dos dados, verifica-se que, nos meses de novembro de 1996 e abril de 1997, ocorreram os mesmos volumes de areia e velocidades de transporte longitudinal, respectivamente  $56,11 \text{ m}^3/\text{dia}$  e  $0,28 \text{ m/s}$ , cujo volume estimado é o menor de toda a área estudada, influenciado pela incidência das menores ondas registradas ( $0,20 \text{ m}$ ). No mês de agosto de 1996, o volume de areia foi de  $154,95 \text{ m}^3/\text{dia}$  e a velocidade de transporte de  $0,34 \text{ m/s}$ .

#### 4.8 - Plataforma Continental Interna Local

A plataforma continental, como província fisiográfica, pertence à morfologia da margem continental, segundo a classificação de HEEZE & MENARD (1966 *apud* MANSO, 1997), e é definida como sendo a extensão submarina do bloco continental, apresentando-se mais ou menos plana e com mergulho desde a praia até uma acentuada mudança de gradiente, conhecida como borda ou ruptura da plataforma.

Sua origem está relacionada às atividades erosivas e deposicionais, intimamente ligadas a uma série de transgressões e regressões marinhas, ocorridas nas épocas de glaciação global.

COUTINHO (1976 *apud* MANSO, *op cit.*), baseando-se nos vários aspectos da morfologia e distribuição dos tipos de sedimentos na plataforma do nordeste, sugeriu sua divisão em três segmentos:

- plataforma interna → corresponde à área entre a linha de praia e a isóbata de 20 m;
- plataforma média → situada entre as isóbatas de 20 e 40 m, com relevo bem mais irregular;
- plataforma externa → a partir de 40 m até a borda da plataforma.

No Estado de Pernambuco, a plataforma continental é caracterizada por uma importante e ativa produção carbonática orgânica, marcando a grande existência de fundos de algas calcárias.

A plataforma continental interna da área estudada é limitada pela isóbata de 15 m e apresenta um relevo suave, com algumas irregularidades, devido à presença de linhas de recifes, alguns canais e bancos arenosos. É composta por areia terrígena média a fina, cascalho e “manchas” de lama encontradas a sotamar dos recifes.

A análise da carta batimétrica (Figura 67) mostra que as isóbatas seguem a morfologia da costa, que, por sua vez, depende da continuidade ou de interrupções nas linhas de recifes, resultando no aspecto sinuoso mostrado pelas praias da Piedade e das Candeias.

Quando a linha de recife apresenta-se de forma contínua, geralmente há tendência da linha de praia crescer em direção à barreira. Ao contrário, quando ocorrem descontinuidades no corpo recifal, forma-se uma enseada na linha de praia em frente ao canal.

De um modo geral, os perfis situados a norte do balneário do SESC (praia da Piedade) apresentam uma morfologia mais suave, contrastando com aqueles encontrados a sul.

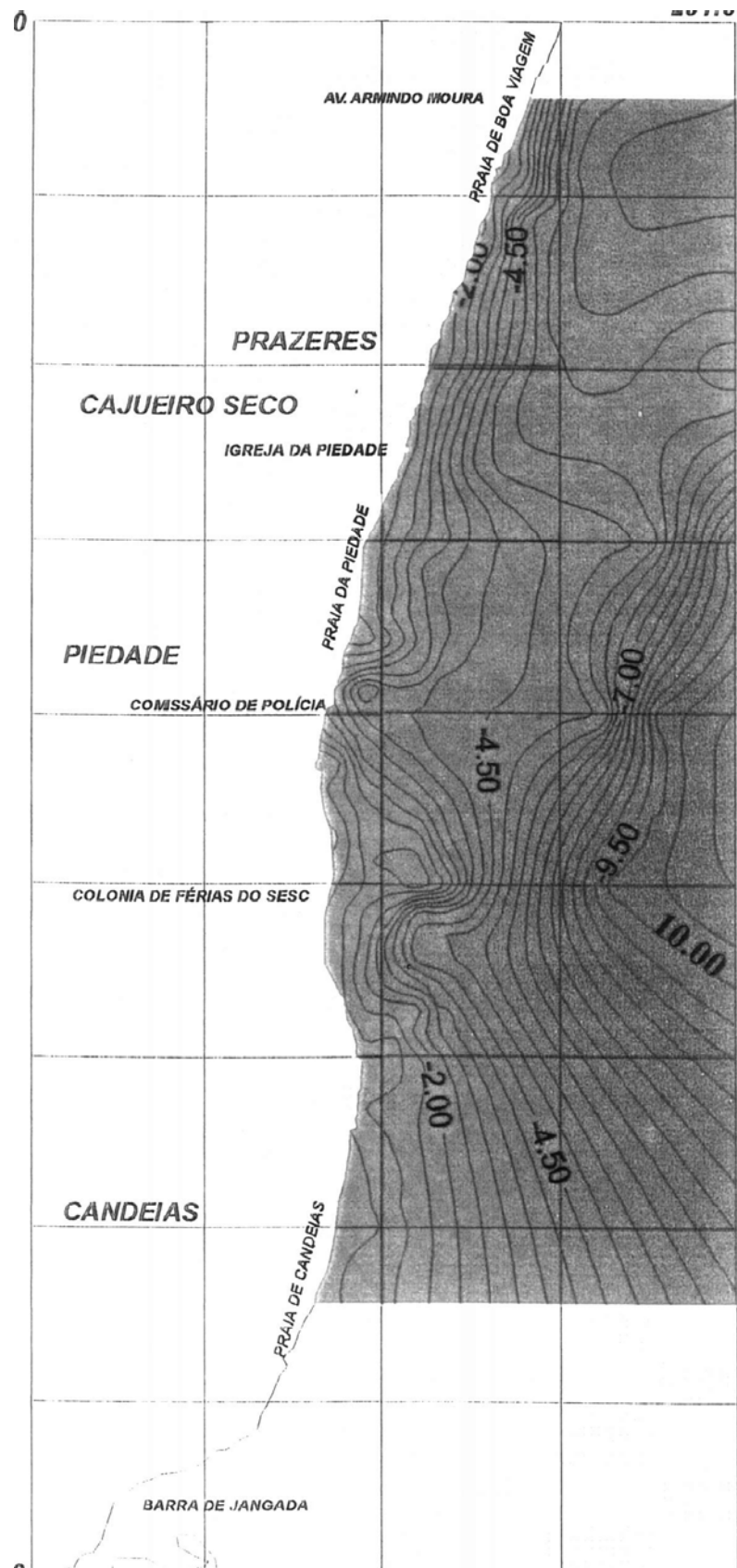


Figura 67 – Mapa batimétrico de parte da plataforma continental interna da área estudada. (Fonte: COUTINHO *et al.*, 1997)



## CAPÍTULO 5 - VULNERABILIDADE DA ZONA COSTEIRA ESTUDADA

Para realizar um estudo do zoneamento costeiro é muito importante definir o grau de vulnerabilidade, que está diretamente relacionado ao deslocamento da linha de costa, à estabilidade, aos processos hidrodinâmicos, morfodinâmicos e sedimentares, às intervenções humanas e ao grau de urbanização, resultando na definição de setores ou células costeiras.

A praia pode proteger a área a sua retaguarda, desde que apresente uma tendência de progradação ou estabilidade, uma berma alta e bem desenvolvida, um declive suave para o mar e recifes e/ou barras arenosas na antepraia (COUTINHO *et al.*, 1997).

De acordo com os parâmetros citados, foram determinados três graus de vulnerabilidade, segundo (COUTINHO *et al.*, *op. cit.*):

- baixo grau - caracterizado por uma praia com tendência à progradação, com pós-praia e estirâncio bem desenvolvidos e ausência de obras de contenção;
- médio grau - quando a praia apresenta uma frágil estabilidade ou ligeira tendência erosiva, com a pós-praia e o estirâncio pouco desenvolvidos e presença de obras de fixação; e
- alto grau - a pós-praia está ausente; o estirâncio é reduzido; e há uma forte presença de estruturas de proteção.

No presente trabalho, os parâmetros que definiram o estudo da vulnerabilidade da área foram a morfologia da linha de costa, que ora se apresenta retilínea ora com embaixamentos, com a presença ou não de recifes; sua evolução ao longo dos anos, comparando-se sua posição atual (1997) com as relativas aos anos de 1974 e 1983; e a ocupação urbana do ambiente praial. Os resultados deste estudo, juntamente com as principais características sedimentológicas, morfodinâmicas e hidrodinâmicas do ambiente praial, estão apresentados no mapa em anexo.

BIRD (1985) chama a atenção para a diferença entre os termos linha de costa (coastline) e linha de praia (shoreline), às vezes tendo sido usadas como sinônimos. O mesmo definiu “linha de costa” como sendo a margem da terra voltada para o mar, enquanto que “linha de praia” é a linha d’água que se move com as variações de maré. Nesse contexto, a linha de costa é usualmente equivalente à linha de praia de maré alta de sizígia e, neste trabalho, ambas serão usadas como sinônimos.

## 5.1 - Vulnerabilidade das Praias

Em 1997, COUTINHO *et al* dividiram o litoral do município de Jaboatão dos Guararapes em 5 células, com base na variedade de feições morfológicas, condições hidrodinâmicas, processos evolutivos, sedimentologia da praia e antepraia e intervenções antrópicas.

No presente trabalho, distinguimos 4 setores, subdivididos em células, num total de 7, de acordo com as condições particulares morfológicas e de ocupação, conforme metodologia aplicada por MARTINS (1997), cujos limites estão representados na Foto 1. Esta imagem satelital (SPOT - Pancromática) cobre toda a área, mostrando os seus limites norte e sul, com as praias da Boa Viagem e do Paiva, respectivamente, e caracterizando as variações morfológicas da mesma.

A seguir, tem-se a descrição detalhada dos setores e de suas respectivas células.

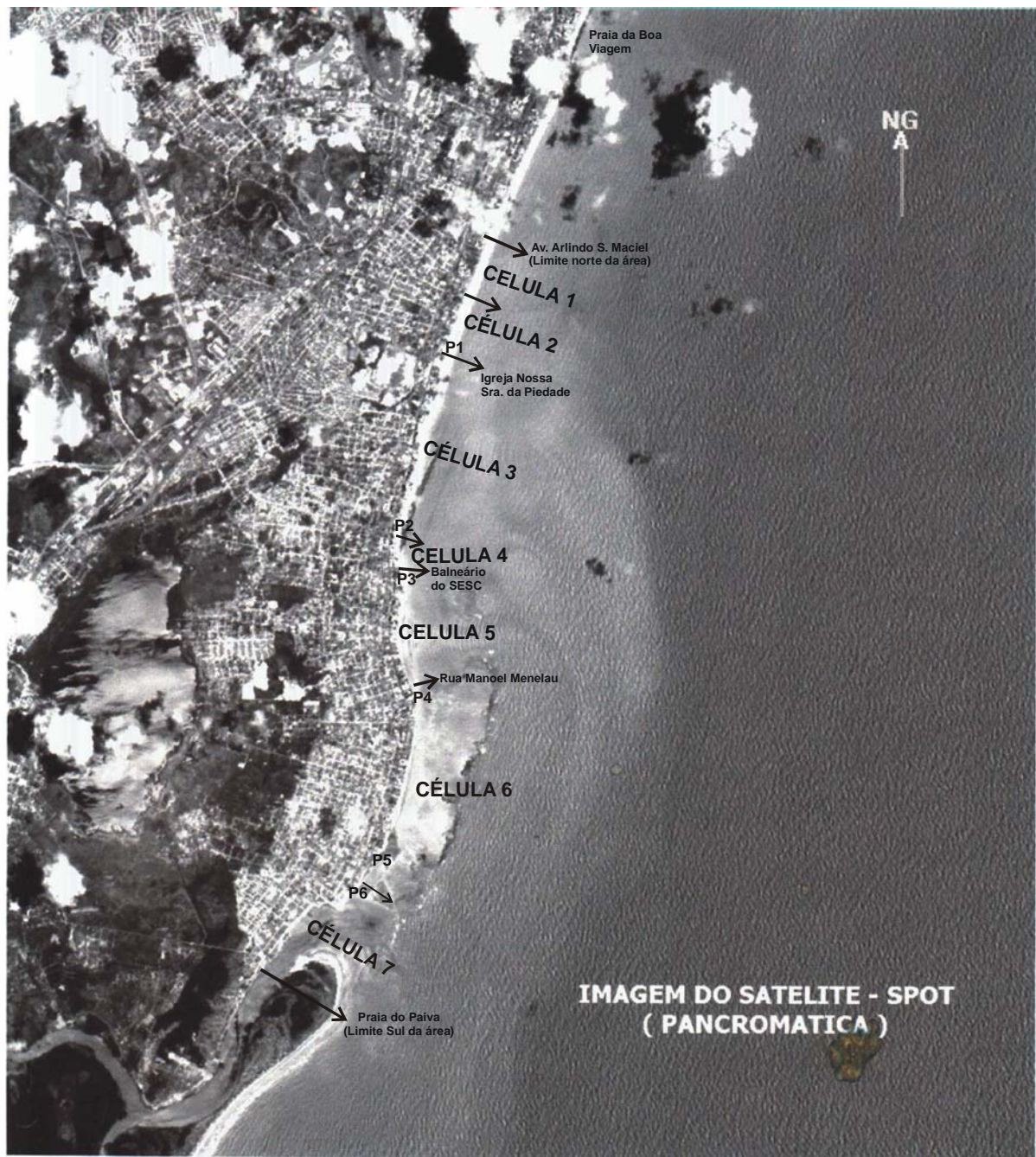
### SETOR 1

Este setor, situado entre as ruas Arlindo S. Maciel, limite norte da área, e Miguel Arcanjo, à frente do perfil P1, junto à Igreja de Nossa Senhora da Piedade, foi definido por apresentar uma retilinidade na morfologia do litoral, com uma direção N21E, podendo ser destacadas duas células de características distintas (Células 1 e 2).

A Célula 1, entre as ruas Arlindo S. Maciel e Osório Borba, caracteriza-se pela presença de uma pós-praia preservada, fixada por vegetação e apresentando, ainda, pequenas acumulações de origem eólica (Foto 2). Em frente ao Hospital da Aeronáutica, a distância entre a mureta do calçadão, onde é registrado um processo de sedimentação de areia fina na base da mesma, até a escarpa de berma é de 12 m. O grau de vulnerabilidade é baixo.

A Célula 2, da rua Osório Borba ao perfil P1, difere da anterior pela redução e posterior desaparecimento do setor de pós-praia e pela presença de estruturas de contenção (enrocamento), da rua João Dourado Filho até a frente da Igreja Nossa Senhora da Piedade (Foto 3). A colocação destas estruturas remonta à década de 1970, o que indica um processo erosivo antigo neste ponto do litoral ou uma resposta à implantação da Avenida Beira Mar, na década de 1960. A falta de estudos técnicos no momento desta implantação impede uma melhor apreciação deste problema. Estas características conferem à célula um grau médio.

De uma maneira geral, o Setor 1 apresenta um equilíbrio dinâmico, como mostrado pela análise das linhas de costa referentes aos anos de 1974 e 1997 (mapa em anexo).



ESCALA 1:58.000

Data da Imagem: 21/04/96

Foto 1. Imagem Satélite (SPOT Pancromática) mostrando a área de estudo, as características morfológicas e suas respectivas células de vulnerabilidade.





Foto 2 – Trecho de praia retilíneo (Célula 1), caracterizado pela presença de uma pós-praia preservada, fixada por vegetação e apresentando, ainda, pequenas acumulações eólicas.



Foto 3 – Setor de pós-praia, à frente da Igreja de N. Sra. da Piedade, ocupado por enrocamento (final da Célula 2).



## SETOR 2

Estende-se da rua Miguel Arcanjo (perfil P1) à rua Goiana (perfil P3), à frente do balneário do SESC. Este setor caracteriza-se por apresentar uma ampla praia arenosa, onde são registrados deslocamentos de 8 até 40 m, traduzindo um processo de progradação significativo, tendo sido subdividido em duas células (Células 3 e 4).

A Célula 3, entre os perfis P1 e P2 (rua Domingos Sávio), apresenta o grau de vulnerabilidade variando de baixo a médio. Isto se deve à presença de recifes em toda a sua extensão, no entanto nem sempre ocorrendo de forma contínua. Esta descontinuidade ocasiona a formação de um embaiamento à frente do Hotel Golden Beach, como mostrado na Foto 4. Neste ponto, na década de 1980, segundo informações, registrou-se um processo erosivo, o qual ocasionou a arrebentação das ondas diretamente sobre os muros das residências existentes. Atualmente, neste local, constata-se um aumento na faixa de praia, havendo uma preservação da pós-praia, ocupada apenas por coqueiros, pequenas acumulações de sedimentos de origem eólica e fixada por vegetação nativa e um recuo de 35 m das edificações com relação à escarpa de berma (Foto 5) e conforme a análise do mapa em anexo. Os recifes comportam-se como um anteparo natural contra o impacto das maiores ondas, proporcionando um maior desenvolvimento da pós-praia.



Foto 4 – Descontinuidade da primeira linha de recifes, ao longo da Célula 3, provocando um embaiamento na linha de costa (em primeiro plano).

Entre o perfil P1 e o prolongamento da avenida Barreto de Menezes, nota-se uma sensível aproximação das linhas de costa relativas a 1974 e 1997, significando um equilíbrio

dinâmico para este trecho. À frente da rua Nossa Senhora do Loreto, próximo ao perfil P2, observa-se que a pós-praia está ocupada por pequenos bares e muros de concreto, todavia não há indícios de erosão, já que foi deixada uma faixa de 15 m até a escarpa de berma, cujo recuo está sendo suficiente para manter o equilíbrio morfodinâmico. Em frente ao edifício Catuama (perfil P2), rua Domingos Sávio, a escarpa de berma dista 18 m do seu muro. Neste local, tem-se o encontro da linha de recife com o continente (Foto 6).



Foto 5 – Vista parcial da Célula 3, onde se vê uma pós-praia preservada, ocupada apenas por coqueiros e pequenas acumulações de sedimentos eólicos fixadas por vegetação e um recuo das edificações em relação à escarpa de berma.

A Célula 4, localizada entre os perfis P2 e P3, mostra uma ampla praia, com todos os setores morfológicos bem desenvolvidos e sem necessidade de estrutura de contenção, uma vez que, de uma maneira geral, os imóveis neste trecho de praia não avançaram sobre a pós-praia, não impedindo o processo natural e sazonal de troca de areia entre os setores da praia pela ação das ondas e correntes. O grau de vulnerabilidade é baixo, apesar de, no limite com a Célula 5, junto ao balneário do SESC, existir uma construção de concreto (peixaria) ocupando indiscriminadamente o setor de estirâncio, cuja base está acumulando sedimentos carbonáticos (Foto 7).



Foto 6 – Final da Célula 3, na praia da Piedade, marcado pelo encontro da linha de recifes com o continente.



Foto 7 – Exemplo de uma construção de concreto ocupando indiscriminadamente todo o setor de pós-praia e parte do estirâncio, junto ao balneário do SESC, no limite entre as Células 4 e 5.



Foto 8 – Descontinuidade nos recifes à frente da primeira grande concavidade da linha de costa na praia das Candeias, correspondendo à Célula 5.

### SETOR 3

Corresponde ao setor compreendido entre o balneário do SESC (perfil P3) e o perfil P6 (situado no lado norte do restaurante Pontal da Barra), tendo sido definido por apresentar, em toda a sua extensão, um grande número de intervenções antrópicas, resultando em um alto grau de vulnerabilidade, ocasionando um acentuado recuo da linha de costa (mapa em anexo). Este setor foi subdividido em duas células (Células 5 e 6).

A Célula 5, entre os perfis P3 e P4 (à frente da rua Manuel Menelau), correspondendo à primeira grande concavidade da linha de costa, para sul, como mostrado nas Fotos 1 e 8. Este trecho é caracterizado pela ausência de pós-praia, apresentando enrocamentos destruídos pelas ondas de preamar (Foto 9), rampas de acesso e muros verticais (“seawalls”), acentuando a forte retirada de sedimento do estirâncio superior. Os “seawalls” representam o maior exemplo de obra mal sucedida nesta célula. Construído pela Prefeitura Municipal entre o balneário do SESC e o clube SNIPE, e inaugurado em 29/09/96, teve, como consequência imediata, a aceleração da erosão neste trecho. Como agravante desta construção, para repor o material perdido, utilizou-se areia da própria praia, que já apresentava um grande déficit de sedimento (Foto 10).





Foto 9 – Enrocamento destruído pela ação direta das ondas de preamar.

Conforme se pode constatar nas Fotos 11 e 12, a ultrapassagem das ondas sobre o muro o danificou devido à percolação da água por baixo das placas verticais de concreto, colocando em risco não só a estabilidade da estrutura, mas de todo o conjunto de obras de engenharia civil associado, tais como: aterro entre o muro e o calçadão; escadas de acesso à praia; e rampas e muretas de concreto, que, além de estarem impermeabilizando o setor de pós-praia, foram construídos verticalmente, aumentando a energia provocada pelo impacto das ondas sobre as mesmas. Próximo ao limite com a Célula 6 registramos a formação de uma linha de recifes (Foto 13), possuindo uma diagênese baixa e formados essencialmente por areia quartzosa e componentes bióticos. Durante o período estudado, a mesma aflorou com maior intensidade no mês de outubro de 1996, marcando um período de remoção de sedimentos neste trecho de praia.

A Célula 6 inclui o trecho de praia que se estende entre os perfis P4 e P6, onde se verifica, observando-se a Foto 1, uma grande alteração da morfologia do litoral, com relação à célula anterior, equivalendo a grande convexidade da linha de costa. Uma característica marcante nesta célula é a forte ocupação do setor de pós-praia pelos edifícios, com seus muros e rampas de contenção, (Foto 14), passando a sofrer o ataque das ondas mais fortes e a impedir o fluxo de sedimentos proveniente das correntes. Em direção ao perfil P5, nas proximidades do Conjunto Residencial Candeias II, é possível observar os vestígios da base da antiga Igreja Nossa Senhora das Candeias (Foto 15), ocupando o setor de estirâncio. Segundo informações, ela teria sido construída entre os séculos XVIII e IX. Independente desta data, o local onde a mesma encontra-se é suficiente para se ter uma noção do recuo

da linha de costa neste trecho de praia. Pontualmente, no entanto, a linha de praia apresenta uma ligeira progradação, como visto no trecho entre a rua Cel. Kleber de Andrade e o nº 5822 da Avenida Bernardo Vieira de Melo, chegando a 5 m.



Foto 10 – Exemplo de obra mal sucedida, na Célula 5 (praia das Candeias), no qual um “seawall” associado a rampas de acesso, ocupando a pós-praia e parte do estirâncio, apresenta destruição parcial, agravada pela retirada de areia de sua base, necessitando de pequenos enrocamentos para sua proteção.



Foto 11 - Mesmo local da foto anterior, mostrando a ultrapassagem das ondas na preamar.



Foto 12 – Outro trecho da Célula 5, com incidência frontal das ondas e arrebatção direta no “seawall”. Em primeiro plano, vê-se a retirada de sedimentos sob a rampa devido à percolação das águas.



Foto 13 – Linha de recifes em formação, na Célula 5, próximo ao limite com a Célula 6 (praia das Candeias).





Foto 14 – Vista parcial da Célula 6 (praia das Candeias), mostrando a pós-praia ocupada por edifícios com seus muros e rampas de contenção.



Foto 15 – Vestígios da base da antiga Igreja Nossa Senhora das Candeias, evidenciando o recuo da linha de costa na Célula 6.

No trecho equivalente ao perfil P5, em frente à rua Pe. Melo, ocorre um muro de troncos de coqueiros na pós-praia, respeitando um recuo de 15 m em relação à escarpa de berma, que, ao contrário do muro de concreto, permite o fluxo de sedimentos entre os



setores de praia (Foto 16). Isto, no entanto, não indica um processo progradacional neste local, como se pode observar no mapa em anexo. Cerca de 400 m a sul desta rua, a partir do restaurante Candelária, acentua-se um processo erosivo, uma vez que o mesmo ocupa a pós-praia e parte do estirâncio superior (Fotos 17 e 18), interrompendo o fluxo de sedimento em deriva litorânea dirigido localmente para sul, com o conseqüente agravamento da erosão, a uma taxa de 1,0 m/ano, calculada pelo recuo da linha de costa, no período de 1974 a 1997, de 24 m.



Foto 16 – Muro de troncos de coqueiros na pós-praia, respeitando um recuo em relação à escarpa de berma, permitindo uma estabilidade no ambiente praial (perfil P5 – praia das Candeias).

Este processo predomina até o final da avenida Bernardo Vieira de Melo, sendo que em alguns pontos, como ao lado do edifício Maria Eulália, onde não existem intervenções antrópicas, ocorre sedimentação de areia fina a média e nenhum indício de erosão. A partir deste edifício, no entanto, há implantação de enrocamentos associados a gabiões (Foto 19). No limite com a Célula 7, tem-se uma pequena praia preservada, cujo setor de pós-praia encontra-se preservado, fixado por vegetação (Foto 20). Isto, provavelmente, decorre da presença de extensos bancos arenosos no setor de antepraia da mesma (Fotos 21 e 22).



Foto 17 – Posicionamento inadequado de uma construção, ocupando a pós-praia e parte do estirâncio superior (restaurante Candelária - praia das Candeias).



Foto 18 – Detalhe do enrocamento à frente da construção da foto anterior, que avança sobre o estirâncio superior.





Foto 19 – Detalhe de enrocamentos associados a gabiões, na praia das Candeias a sul do restaurante Candelária, demonstrando a ineficiência deste tipo de obra.



Foto 20 – Detalhe de uma pequena praia, a norte do perfil P6, praia da Barra das Jangadas, onde se vê o setor de pós-praia fixado por vegetação.



Foto 21 – Detalhe do banco arenoso no setor de antepraia do perfil P6 (praia da Barra das Jangadas).



Foto 22 – Vista aérea do mesmo local da foto anterior, mostrando o desenvolvimento dos bancos arenosos justapostos aos recifes algálicos.

## SETOR 4

Este setor, que corresponde à Célula 7, foi individualizado pela influência direta exercida pelo estuário da Barra das Jangadas (Foto 23). Encontra-se delimitado pelo perfil P6 e a rua Cruz Sul. Caracteriza-se ora pelo avanço ora pelo recuo da linha de costa, predominando este último.



Foto 23 – Vista aérea da Célula 7, podendo-se observar o estuário da Barra das Jangadas e, em primeiro plano, próximo ao perfil P6 (A), o impacto provocado pela construção inadequada de um restaurante avançando sobre o estirâncio, reduzindo o aporte de sedimentos a sul do mesmo e conseqüente recuo da linha de costa (B).

Uma feição marcante nesta célula são os numerosos bancos arenosos na antepraia, resultantes da complexa hidrodinâmica oriunda da interface dos ambientes marinho e estuarino. Ocorrem algumas intervenções antrópicas que afetam o trecho, de tal modo a funcionar como se fora um espigão, como é o caso do restaurante Pontal da Barra, situado próximo ao perfil P6, que ocupa a pós-praia e parte do estirâncio (Foto 24), provocando erosão na porção sul da área e pondo em risco a estabilidade da célula, decorrendo a implantação de obras de contenção, como espigões e guia corrente na margem esquerda do estuário (Foto 25). Em conseqüência da construção deste último, houve a formação de uma praia, a norte, com os três setores bem definidos (Foto 26). O grau de vulnerabilidade deste setor é médio a alto.





Foto 24 – Detalhe da foto anterior, onde se vê o avanço da construção sobre o setor praial e o enrocamento instalado para sua proteção.



Foto 25 – Vista aérea do final da Célula 7, destacando-se, em primeiro plano, uma sedimentação na praia do Paiva; o guia corrente construído na margem esquerda do estuário da Barra das Jangadas (centro); e a Lagoa Olho d'Água (ao fundo).



Foto 26 – Detalhe da praia formada a norte do guia corrente, na Célula 7, decorrente da implantação do mesmo, sendo caracterizada pelo desenvolvimento dos três setores do ambiente praial.





## **CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

As zonas costeiras, apresentando-se como as mais populosas em todo o mundo, requerem estudos específicos, com a finalidade de instaurar um equilíbrio ambiental decorrente desta ocupação. Os estudos realizados em Jaboatão dos Guararapes, entre maio de 1996 e abril de 1997, possibilitaram-nos compreender sua condição atual e, através deste conhecimento, sugerir algumas soluções para minimizar os problemas encontrados.

- De uma maneira geral, a pós-praia apresentou-se relativamente equilibrada, constituída por areia média, cuja escarpa de berma mostrou-se com mais acreção do que diminuição do aporte de material sedimentar. O estirâncio foi o setor que apresentou as maiores variações morfológicas, tendo ocorrido um predomínio do estágio de erosão sobre a deposição, com uma composição granulométrica variando de fina a média e uma declividade que variou de 3 a 14°, enquanto que o setor de antepraia indicou ora deposição de bancos arenosos ora retirada dos mesmos, com uma variação textural desde areia muito fina até grossa.
- Os monitoramentos realizados mostraram que nem sempre ocorre um ciclo deposicional no período de verão e erosivo no inverno, em termos genéricos, e que fatores morfológicos, hidrodinâmicos, sedimentológicos e obras de engenharia nos setores de pós-praia e estirâncio, particularmente, podem, também, controlar a morfologia de uma determinada praia.
- A menor taxa de erosão média anual calculada foi de 7,56 m<sup>3</sup>/m/ano no perfil P1 (Praia da Piedade), enquanto que a maior foi de 48,91 m<sup>3</sup>/m/ano no perfil P4 (Praia das Candeias).
- A Estação de Coleta P3 (Praia das Candeias) é a que apresenta a maior altura média das ondas, chegando a 0,90 m, enquanto que a Estação P6 (Praia da Barra das Jangadas) alcançam apenas 0,20 m. O maior período médio obtido é de 11,0 s, na Estação P6, e o menor é o da Estação P1 (Praia da Piedade), com 6,4 s.
- A classificação das praias, segundo o Parâmetro de Dean, mostrou que pode ocorrer variação morfodinâmica, em um mesmo trecho de praia, nos períodos de verão e inverno, como é o caso dos perfis P1 e P2, na Praia da Piedade, nos quais ocorreram os estágios

intermediário a dissipativo e reflectivo a intermediário, respectivamente. Os demais perfis não se modificaram ao longo dos mesmos, permanecendo com estágios intermediários, nas praias da Piedade (P3) e Candeias (P4 e P5), além de reflectivo na Barra das Jangadas (P6).

- Comparando os valores da velocidade da corrente (m/s) obtidos pelo método do levantamento hidrodinâmico adotado em campo, com os resultados adquiridos através da equação de LONGUET-HIGGINS (1970 a, b *apud* MUEHE, 1996), podemos concluir que ocorre uma aproximação, como no caso da estação P1, na qual, para o primeiro caso, o valor é de 0,30 m/s e no outro alcança 0,59 m/s, chegando a ocorrer os mesmos valores em ambos os casos, como observamos na estação P6, cujo valor é 0,28 m/s.
- No litoral do município do Jaboatão dos Guararapes foram distinguidos 4 setores, subdivididos em células, num total de 7, de acordo com as condições morfológicas particulares e de ocupação da pós-praia. O Setor 1 situa-se entre o limite norte da área e o perfil P1, definido por apresentar uma retilinidade na morfologia do litoral, podendo ser destacadas duas células de características distintas (Células 1 e 2). O Setor 2 estende-se do P1 ao P3, caracterizando-se por apresentar uma ampla praia arenosa, tendo sido subdividido em Células 3 e 4. O Setor 3 corresponde ao trecho entre o P3 e o P6, tendo sido definido por apresentar, em toda a sua extensão, um grande número de intervenções antrópicas, resultando em um alto grau de vulnerabilidade, ocasionando um acentuado recuo da linha de costa, e que foi subdividido em duas células (Células 5 e 6). E, por último, o Setor 4, que corresponde à Célula 7, foi individualizado pela influência direta exercida pelo estuário da Barra das Jangadas, encontrando-se delimitado pelo perfil P6 e o limite sul da área.
- Recomenda-se a retirada das construções mal inseridas ao longo do trecho monitorado, que ocupam a pós-praia e parte do estirâncio e impedem a troca natural de sedimentos entre os setores da praia, como, por exemplo, o muro ("seawall") que ocupa grande parte do trecho compreendido entre os perfis P3 e P4, que impermeabiliza todo o setor de pós-praia; a peixaria (próxima ao balneário do SESC); muros e enrocamentos dos Restaurantes da Candelária (junto ao P5) e Pontal da Barra (próximo ao P6).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

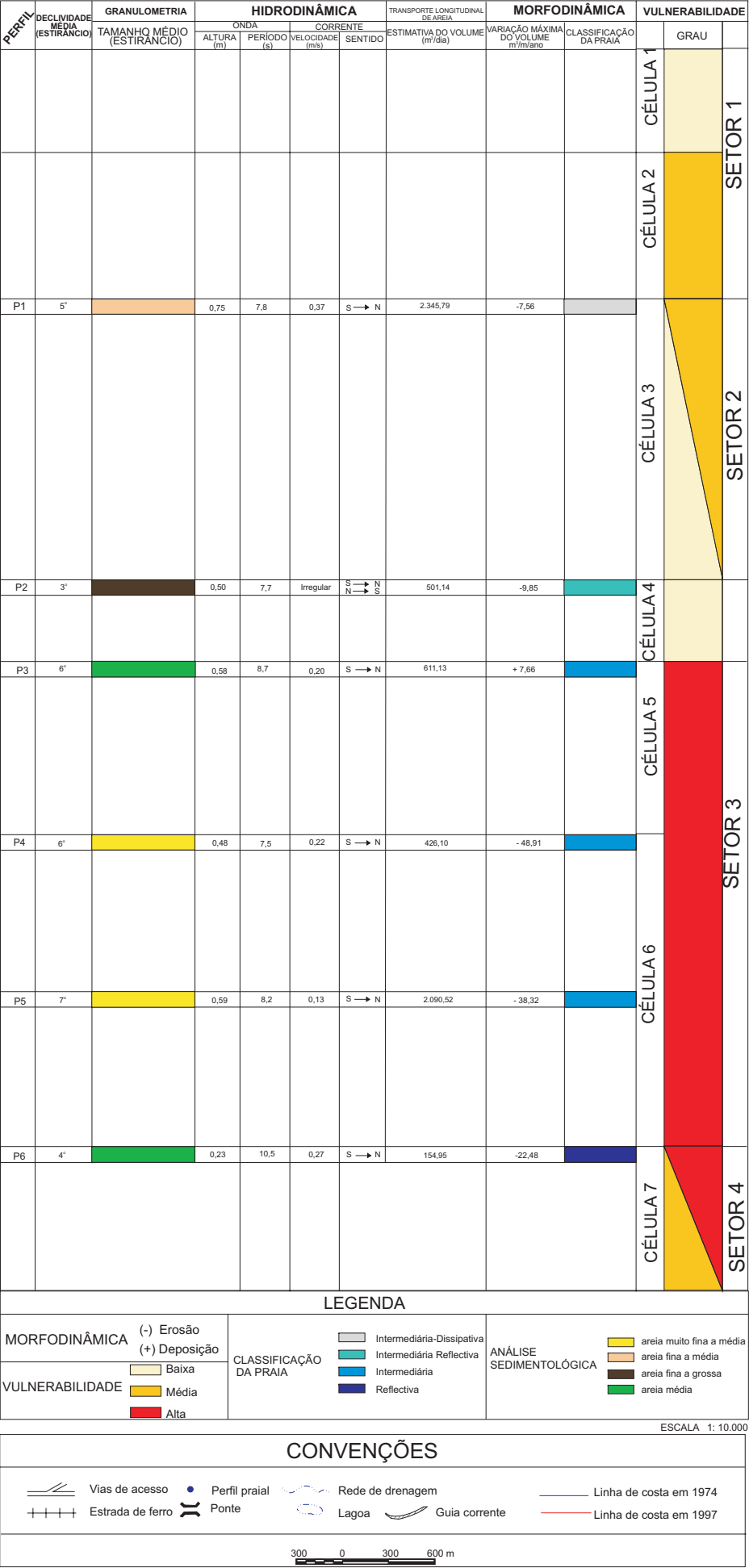
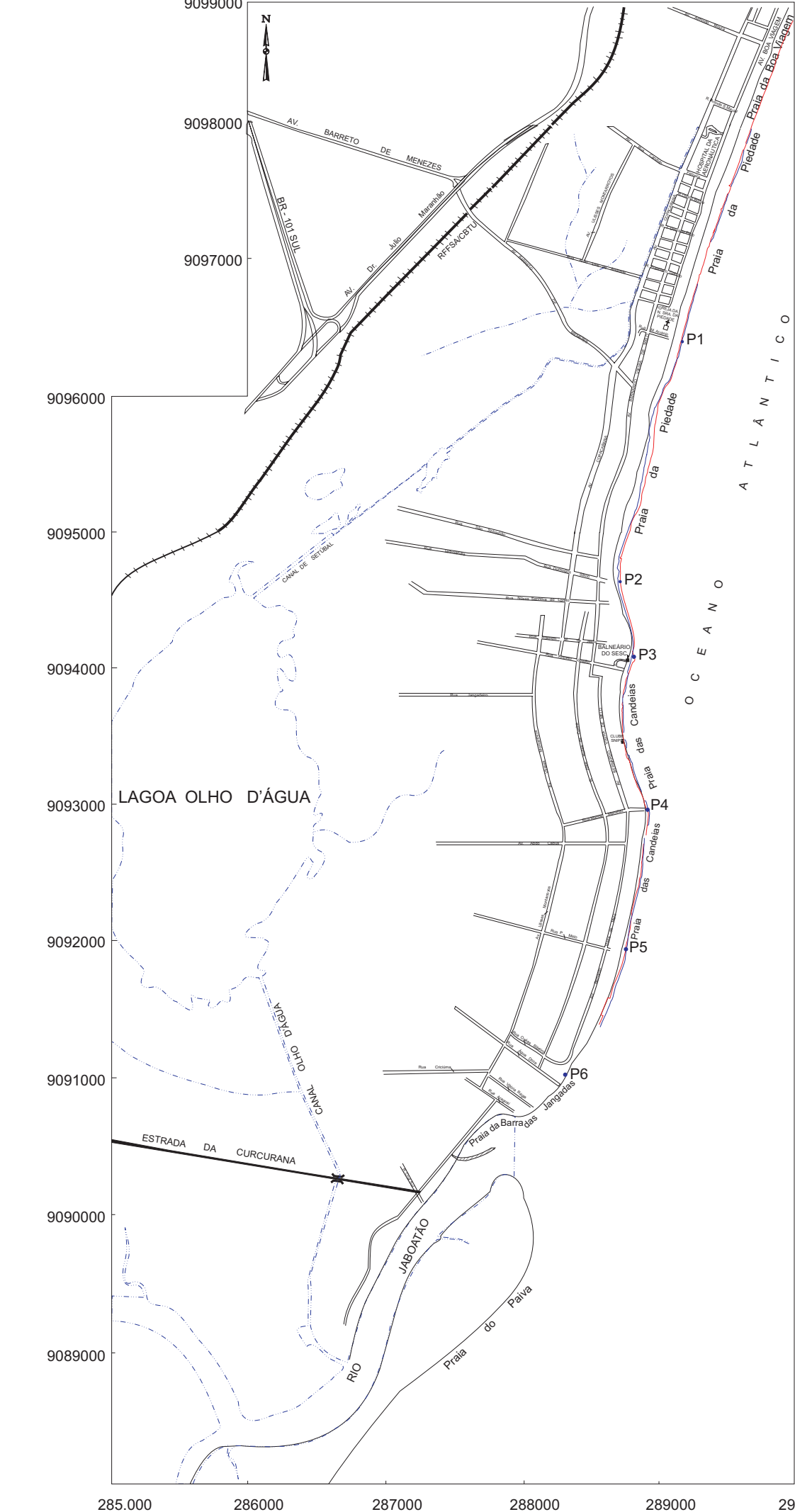
- AMARAL, R. F.; LIMA, A. F.; ASSIS, H. M. B. & MANSO, V. A. V., 1990. Estudo do comportamento atual da linha de costa entre as desembocaduras do rio Timbó e do canal de Santa Cruz - Paulista. In: Congresso Brasileiro Geologia, 36. Natal, 1990, Anais... Natal, SBG. v. 2, p. 676-689;
- BALSILLIE, JAMES H., 1995. Particle size and nomenclature. In: TANNER, W. F. (Organizador). Environmental Clastic Granulometry. 164 p. p. 3-34.
- BIRD, E. C. F., 1985. Coastline changes: a global review. New York: J.Wiley & Sons, 219p.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M., 1979. Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil). In: Simpósio Internacional sobre a Evolução Costeira no Quaternário, São Paulo. Atas ...São Paulo. p.232-253.
- BRANNER, J. C., 1902. The stone reefs of Brazil their geological and geographical relation, with a chapter on the coral reefs. Cambridge: Museum of Comparative Geology. p. 285.
- CARVALHO, R. R. & COUTINHO, P. N., 1979. Evolução da área da lagoa Olho d'Água (Recife-PE). Atas ...IX Simp. Geol. Nordeste, Natal. p. 182-202.
- CAVALCANTI, L. B. & KEMPF, M., 1970. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). (1). II - Metodologia e Hidrologia. Trabalhos Oceanográficos. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 9/11, p. 149-158;
- CHAVES, N. S., 1996. Beachrocks do litoral pernambucano: estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Dissertação de Mestrado, 80 p;
- CONSULPLAN, 1992. Complexo industrial portuário de Suape. Análise das ondas de Suape medidas pelo INPH no período de 1980 a 1983.
- COUTINHO, P. N., 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Tese Livre Docência. Univ. Fed. Pernambuco, 119 p;
- COUTINHO, P. N.; MANSO, V. A. V.; LIMA FILHO, M. F.; LIMA, A. T. O; MEDEIROS, A. B.; PEDROSA, F. J. A.; MARTINS, M. H. A.; CHAVES, N. S.; SAMPAIO, A. S.; LIRA, A. R. A.; MENEZES, M. C. B.; & BRITO, M. F., 1994. Coastal Quaternary of Pernambuco. Brazil. 14th International Sedimentological Congress. Atas..., Recife, Abstracts, D-31;
- COUTINHO, P. N.; LIMA, A. T. O; QUEIROZ, C. M.; FREIRE, G. S. S.; ALMEIDA, L. E. S. B.; MAIA, L. P.; MANSO, V. A. V.; BORBA, A. L. S.; MARTINS, M. H. A.; & DUARTE, R. X., 1997. Estudo da erosão marinha nas praias de Piedade e de Candeias e no estuário de Barra de Jangadas. Município de Jaboatão dos Guararapes-PE. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha-LGGM/UFPE. Relatório Técnico. 154 p. + 3 mapas em anexo;

- DAVIS, R. A., 1978. Beach and nearshore zone. In: Davis, R. A. (Editor). Coastal sedimentary environments. New York: Springer-Verlag. 420 p. p. 237-286;
- DEAN, R. G., 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. Conference of Eng. Dyn. in the Surf Zone. Sydney, Australia, 7 p;
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N. & AZEVEDO, A. E. G., 1990. Geologia do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências, p. 35-47;
- DUARTE, R. X., 1997. Caracterização do Ambiente Praia: Morfologia, Sedimentologia e Aspectos Hidrodinâmicos. Universidade Federal de Pernambuco, Pós-Grad. Geociências. Recife, Seminário de Qualificação, 68 p.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain parameters. Journal of Sedimentary Petrology. v. 27 n. 1. p. 3-26;
- HAYES, M. O. 1979. Barriers island morphology as a function of tidal and wave regime. Leatherman, S.P. (Ed), Barrier Island from the Gulf of Mexico. Academia Press, New York;
- KENNETT, J., 1982. Marine geology. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 812 p.
- LIRA, A. R. A., 1997. Caracterização morfodinâmica do litoral entre as praias da Enseadinha e Maria Farinha, Paulista-PE. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Dissertação de Mestrado. 61 p. + anexo.
- MABESOONE, J. M. 1983. Sedimentologia. 2ª Edição. Recife: Editora Universitária. 477 p.
- MABESOONE, J. M. 1987. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento. Recife: UFPE/FINEP/PADCT. Relatório Interno. 60 f.
- MANSO, V. A. V., 1997. Geologia da planície costeira e da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré – Litoral Sul de Pernambuco. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Tese de Doutorado. 148 p + anexos.
- MANSO, V. A. V.; LIMA FILHO, M. F.; LIMA, A. T. O.; MEDEIROS, A. B.; PEDROSA, F. J.; MARTINS, M. H. A.; MENEZES, M. O. B.; CHAVES, N. S.; KATER, K.; COUTINHO, P. N.; LIRA, A. R. A. & OLIVEIRA, L. A., 1992. Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco - Folha Itamaracá (SB-25-Y-C-VII). Convênio LGGM-DEMI-UFPE/CPRH. Relatório Técnico. 45 p + 4 mapas em anexo;
- MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. N.; LIMA, A. T. O.; MEDEIROS, A. B.; BORBA, A. L. S.; LIRA, A. R. A.; PEDROSA, F. J. A.; MARTINS, M. H. A.; CHAVES, N. S.; DUARTE, R. X.; ALMEIDA, L. E. S. B.; TOLDO JR. E. E. & IVO, P. S., 1995. Estudo da erosão marinha na praia da Boa Viagem. Convênio EMLURB/FADE/LGGM-UFPE. Relatório Final. Recife. 106 p.;
- MARTINS, M. H. A., 1997. da ilha de Itamaracá-PE. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Dissertação de Mestrado. 111 p. + anexo.

- MCMANUS, J., 1988. Grain size determination and interpretation. In: TUCKER, M. (Organizador). Techniques in Sedimentology. 394 p. p. 63-85.
- MEDEIROS, A. B., 1996. Compartimentações Geológico-Geomorfológica e Geoambiental na Faixa Costeira Sul da Região Metropolitana do Recife- Folha Ponte dos Carvalhos (SC.25-V-A-III/1-SE) e Folha Santo Agostinho (SC.25-V-A-III/3-NO). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Dissertação de Mestrado. 146 p. + anexos.
- MUEHE, D., 1994. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Organizadores). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 427 p. p. 253-308;
- MUEHE, D., 1996. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (Organizadores). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. 345 p. p. 191-238;
- NETTO, A. S. T., 1980. Manual de Sedimentologia. Salvador:PETROBRÁS/SEPES/DIVEN. Setor de Ensino na Bahia. 194 p.,
- OKUDA, T. & NÓBREGA, R., 1960. Distribuição e movimento da cloridade - quantidade de corrente. Trabs. Inst. Biol. Marit. Oceanogr., Univ. Recife, 2(1): 175-191.
- OTTMANN, F.; NÓBREGA, R.; COUTINHO, P. N. & OLIVEIRA, S. P. B., 1959. Estudo topográfico e sedimentológico de um perfil da praia de Piedade - Recife - Pernambuco. Trabs. Inst. Biol. Marit. Oceanogr., Univ. Recife, 1(1): 19-37.
- OTTMANN, F. C., 1967. Introducción a la geología marina y litoral. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires. 287 p;
- PONÇANO, W. L., 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. Revista Brasileira de Geociências. v. 16, n. 2, p. 157-170.
- PONZI, V. R. A. 1995. Métodos de Análises Sedimentológicas de Amostras Marinhas. Resultados através de gráficos e mapas. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. 36 p. + anexos.
- RAUDKIVI, A. J., 1990. Loose boundary hydraulics, Third Edition, Pergamon Press, 627 p.
- REINECK, H. E. & SINGH, J. B., 1975. Depositional sedimentary environments. Berlin: Springer-Verlag. 439 p..
- SAHU, B. K., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. In: Journal of Sedimentary Petrology. Tulsa, Okla., v. 34, n. 1, p. 73-83.
- SHEPARD, F. P. 1973. Submarine geology. 3ª edição. New York: Harper & Row, Publishers. 517 p.
- SUDENE, 1973. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, v. 1, 359 p. (1 mapa).
- SUGUIO, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 318 p.

- SUGUIO, K., 1980. Rochas Sedimentares. Propriedades - gênese - importância econômica. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 500 p.
- SUGUIO, K., 1992. Dicionário de Geologia Marinha (com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol). São Paulo: T. A. Queiroz (ed.). 171 p.
- SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; 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. Revista Brasileira de Geociências, v. 15, n. 4, p. 273-286.
- TOLDO JR., E. E. & DORNELLES, C. E., 1991. Programa de Análise Completa (PANCOM). Sistema de Análise Granulométrica (ECD). Pesquisas. Instituto de Geociências/UFRGS;
- UNESCO, 1993. Coasts: Managing Complex Systems. Environment and Development. Briefs. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. 16p.
- VIEIRA, H. M., 1995. Contribuição ao estudo da sedimentologia da Lagoa Mirim-RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Tese de Doutorado. 383 p. + anexos.
- VILAS BOAS, G. S.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Variação da energia e sua repercussão nas características composicionais e texturais em sedimentos praias atuais: exemplo da costa leste da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Geociências. v. 22, n. 3, p. 311-320, 1992.
- WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine geology, Amsterdam, 56: 93-118.

## **ANEXOS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO - GEOLOGIA SEDIMENTAR

MAPA SÍNTESE DAS  
CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE PRAIAL E DA  
VULNERABILIDADE DAS PRAIAS DA PIEDADE,  
CANDEIAS E BARRA DAS JANGADAS-PE

AUTOR: ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA  
ORIENTADOR: VALDIR DO AMARAL VAZ MANSO  
RECIFE - 1999