UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**SUBSÍDIOS SEDIMENTOLÓGICOS E
GEOMORFOLÓGICOS AO ZONEAMENTO
GEOAMBIENTAL DA FOLHA RECIFE (PE)
(SC. 25-V-A-III)**

Fábio José de Araújo Pedrosa

Orientador: Prof. Dr. Vicente José Fulfaro

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO
1995

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005379

**SUBSÍDIOS SEDIMENTOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS AO
ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA FOLHA RECIFE (PE)
(SC.25-V-A-III)**

Fábio José de Araújo Pedrosa

Orientador: Prof. Dr. Vicente José Fulfaro

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar**

SÃO PAULO

1995

**"O MAIOR OBSTÁCULO ÀS
REALIZAÇÕES DO AMANHÃ SÃO
AS NOSSAS DÚVIDAS DE HOJE"
(Franklin D. Roosevelt).**

ÍNDICE

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMENTOS	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.OBJETIVOS.....	1
1.2. METODOLOGIA DO TRABALHO	3
1.3. ASPECTOS FISIOGRAFICOS	6
2. GEOLOGIA REGIONAL.....	9
2.1. INTRODUÇÃO.....	9
2.2.COMPARTIMENTAÇÃO DA FAIXA SEDIMENTAR PERNAMBUCO- PARAÍBA-RIO GRANDE DO NORTE	9
2.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA ÁREA ESTUDADA.....	12
3. SEDIMENTAÇÃO PRÉ-QUATERNÁRIA DA ÁREA.....	21
3.1. FORMAÇÃO CABO.....	21
3.2. FORMAÇÃO IPOJUCA.....	24
3.3. FORMAÇÃO ESTIVAS	26
3.4. FORMAÇÃO ALGODOAIS	27
3.5. FORMAÇÃO BEBERIBE	28
3.6. FORMAÇÃO GRAMAME.....	31
3.7. FORMAÇÃO BARREIRAS	32
4. SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA.....	34
4.1. INTRODUÇÃO.....	34
4.2. DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS DA ÁREA.....	36
4.2.1. TERRAÇOS MARINHOS	36
4.2.1.1. TERRAÇOS MARINHOS PLEISTOCÊNICOS	36
4.2.1.2. TERRAÇOS MARINHOS HOLOCÊNICOS	37

4.2.2. DEPÓSITOS DE MANGUES	37
4.2.3. DEPÓSITOS ATUAIS DE PRAIA.....	40
4.2.4. ARENITOS DE PRAIA E RECIFES DE CORAIS E ALGAS CORALINAS	41
5. GEOMORFOLOGIA.....	45
5.1. GENERALIDADES	45
5.2. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA REGIONAL.....	46
5.3. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA	46
5.3.1. MODELADO CRISTALINO	47
5.3.2. TABULEIROS COSTEIROS	47
5.3.3. DOMÍNIO COLINOSO.....	50
5.3.4. PLANÍCIE COSTEIRA.....	50
5.3.4.1. TERRAÇOS FLUVIAIS.....	50
5.3.4.2. TERRAÇOS MARINHOS SUPERIORES	51
5.3.4.1. TERRAÇOS MARINHOS INFERIORES.....	51
5.3.4.4. BAIXIOS DE MARÉ	53
5.3.4.5. FLECHAS LITORÂNEAS E ALINHAMENTOS DE CORDÕES LITORÂNEOS.....	53
5.3.5. BANCOS DE ARENITOS E RECIFES DE CORAIS.....	54
6. ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA FOLHA RECIFE	55
6.1. COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA.....	55
6.2. PRINCIPAIS PROBLEMAS GEOAMBIENTAIS DA FOLHA RECIFE	58
6.2.1. INTERVENÇÕES INDISCRIMINADAS EM ZONAS ÚMIDAS	58
6.2.2. OCUPAÇÃO DE ÁREAS ESTUARINAS.....	63
6.2.3. EROSÃO MARINHA	66
6.2.3.1. CAUSAS NATURAIS.....	66
6.2.3.2. CAUSAS ANTRÓPICAS.....	67
6.2.4. ASSOREAMENTO DE RIOS E LAGOAS	73
6.2.4.1. DESMATAMENTOS CLANDESTINOS	73

6.2.4.2. RETIRADA DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CÍVIL.....	75
6.2.5. DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS	77
6.2.6. POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS.....	80
6.2.7. INUNDAÇÕES	81
6.2.8. SUBSIDÊNCIA DE TERRENO.....	83
7. A EROSÃO MARINHA NA PRAIA DA BOA VIAGEM	85
7.1. INTRODUÇÃO.....	85
7.1.1. HISTÓRICO DO PROBLEMA.....	85
7.1.2. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	86
7.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA PRAIA DA BOA VIAGEM	87
7.3. MORFOLOGIA DO AMBIENTE PRAIAL	91
7.3.1. CLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE PRAIAL	91
7.3.2. ORIGEM DO MATERIAL E BALANÇO SEDIMENTAR.....	91
7.3.3. VARIAÇÕES SAZONAIS NOS PERFIS DE PRAIA	93
7.3.4. PERFIL DA PRAIA DA BOA VIAGEM.....	96
7.3.5. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS.....	96
7.3.5.1. INTRODUÇÃO	96
7.3.5.2. RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	97
7.3.5.3. VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS GRANU- LOMÉTRICOS ESTATÍSTICOS.....	103
7.4. CARACTERÍSTICAS DOS PARÂMETROS FÍSICOS.....	107
7.4.1. INTRODUÇÃO	107
7.4.2. VENTOS.....	107
7.4.3. ONDAS.....	108
7.4.4. CORRENTES LITORÂNEAS E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	113
7.4.5. MARÉS.....	116
7.5. EROSÃO DAS PRAIAS	116
7.5.1. CAUSAS NATURAIS.....	116
7.5.2. CAUSAS ANTRÓPICAS.....	117

7.6. DEFESA DAS PRAIAS	118
7.6.1. INTRODUÇÃO	118
7.6.2. ESPIGÕES	118
7.6.3. MUROS DE PROTEÇÃO	118
7.6.4. QUEBRA-MARES.....	120
7.6.5. ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DAS PRAIAS	122
7.7. CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA DA BOA VIAGEM	122
7.8. DINÂMICA SEDIMENTAR	123
7.9. CONCLUSÕES	125
 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
9. BIBLIOGRAFIA.....	130
ANEXOS	

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da área (Folha Recife).....	2
Figura 2 - Mapa tectônico da faixa sedimentar sul do Estado de Pernambuco....	11
Figura 3 - Localização da Bacia Pernambuco-Paraíba.....	13
Figura 4 - Localização da Bacia Cabo.....	16
Figura 5 - Arcabouço estrutural da área	17
Figura 6 - Mapa gravimétrico Bouguer	18
Figura 7 (a,b) - Coluna litoestratigráfica das bacias CABO e PERNAMBUCO/PARAÍBA.....	19
Figura 8- Estágios evolutivos da sedimentação quaternária costeira durante o fim do Terciário e o Quaternário ao longo da costa brasileira (trecho compreendido entre Macaé-RJ e Recife - PE)	35
Figura 9 - Mapa de classificação dos setores geomorfológicos da costa pernambucana.....	89
Figura 10 - Unidades geomorfológicas do ambiente praial	90
Figura 11- Ganhos e perdas de sedimentos na praia.....	92
Figura 12 - Variações sazonais do perfil de praia	93
Figura 13 - Características morfológicas dos seis estágios de praia.....	95
Figura 14 - Localização dos perfis topográficos na Praia da Boa Viagem	98
Figura 15a- Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de novembro de 1994 (Boa Viagem) .	99
Figura 15b- Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de dezembro de 1994 (Boa Viagem) .	100
Figura 15c- Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de janeiro de 1995 (Boa Viagem)	101
Figura 16 - Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras de trincheiras (Boa Viagem).....	104
Figura 17 - Variação do diâmetro médio para cada setor da Praia da Boa Viagem.....	106
Figura 18 - Representação gráfica da distribuição da direção dos ventos na praia da Boa Viagem.....	109
Figura 19 - Representação gráfica da distribuição de velocidades dos ventos	

na Praia da Boa Viagem	109
Figura 20 - Tipos de arrebentação das ondas	110
Figura 21 - Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre as linhas de recifes	112
Figura 22 - Representação gráfica de altura significativa das ondas na Praia da Boa Viagem.....	114
Figura 23 - Representação gráfica da variação do período das ondas na Praia da Boa Viagem.....	114
Figura 24 - Representação gráfica da variação das correntes litorâneas	115
Figura 25 - Efeitos negativos resultantes da construção de espigões.....	119
Figura 26 - Efeitos negativos resultantes da construção de um muro com enrocamento sobre a praia	120
Figura 27 - Efeito da construção de um quebra-mar sobre o comportamento da morfologia da praia	121
Figura 28 - Tendência do transporte sedimentar na praia do Boa Viagem, Segundo Sunamura, 1973)	124
Figura 29 - Representação gráfica da variação das correntes longitudinais na Praia da Boa Viagem	124
Figura 30 - Mapa planimétrico mostrando a disposição dos quebra-mares e espigões projetados para a Praia da Boa Viagem.....	127

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 - Quadro representativo das unidades Geoambientais da área	59
Tabela 2 - Probabilidade de perdas materiais e de vida por grau de risco, em períodos chuvosos	79
Tabela 3 - Fatores de risco considerados para as encostas habitadas do Recife no inverno	79

ÍNDICE DAS FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Arcósio da Formação Cabo cortado por diques de rochas vulcânicas da Formação Ipojuca	25
Fotografia 2 - Arenito da Formação Beberibe	30
Fotografia 3 - Visão geral dos manguezais nas proximidades da Praia de Porto de Galinhas	39
Fotografia 4 - Visão geral da região do Cabo de Santo Agostinho e baía de Suape	42
Fotografia 5 - Visão geral dos tabuleiros da Formação Barreiras na porção norte do município do Recife	49
Fotografia 6 - Rampas de colúvio da Formação Barreiras na região do Cabo de Santo Agostinho	49
Fotografia 7 - Terraços marinhos inferiores (holocênicos) na Praia da Gamboa	52
Fotografia 8 - Imagem de satélite mostrando parte dos municípios de Recife e Olinda (1984)	56
Fotografia 9 - Imagem de satélite mostrando parte dos municípios de Recife e Olinda (1991)	57
Fotografia 10 - Aterros de mangues (município de Olinda)	61
Fotografia 11a - Vista geral da faixa costeira do município do Recife	68
Fotografia 11b - Detalhe do molhe construído, no começo do século, para ampliação do Porto do Recife	68
Fotografia 12- Visão geral dos espigões e quebra-mares construídos ao longo da orla marítima do município de Olinda	69
Fotografia 13- Detalhe dos quebra-mares construídos na Praia da Casa Caiada (município de Olinda)	70
Fotografia 14 - Vista de um gabião construído na zona de estirâncio na Praia Candeias (município de Jaboatão dos Guararapes)	72
Fotografia 15- Aspecto da destruição parcial do calçadão na Praia da Boa Viagem (município do Recife)	74

Fotografia 16- Vista do enrocamento emergencial construído em trecho atacado pela erosão marinha na Praia da Boa Viagem	74
Fotografia 17- Retirada indiscriminada de material para construção civil em morros da Formação Barreiras no município de Olinda	76
Fotografia 18- Deslizamento de encostas da Formação Barreiras (município do Recife)	78
Fotografia 19- Lixão colocado sobre Área de Recarga do Aquífero Beberibe (município de Olinda).....	82

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa geológico-geomorfológico mostrando o Zoneamento Geoambiental da
Folha Recife

Anexo 2 - Mapa planimétrico mostrando a variação da linha de costa entre 1974 e
1995 (Praia da Boa Viagem)

Anexo 3 - Planilha de dados do Monitoramento da Erosão Marinha na Praia da Boa
Viagem

RESUMO

A área em estudo situa-se na porção central da costa de Pernambuco, abrangendo grande parte da Região Metropolitana do Recife, a qual é ocupada por cerca de 40% da população do estado.

A maior parte da área está ocupada pelas bacias cretáceas do Cabo e Pernambuco-Paraíba (Sub-Bacia Olinda), ambas com suas histórias evolutivas intimamente associadas à Reativação Sul-Atlântica.

O Lineamento Pernambuco é uma grande estrutura de direção E-W, que limita as duas bacias. A Bacia Cabo, situada a sul deste lineamento, apresenta grandes semelhanças litológicas e estruturais com a Bacia Sergipe-Alagoas, possuindo, ainda, uma importante ocorrência magmática, a Formação Ipojuca, representada pelos vulcanitos e pelo granito da região do Cabo Santo Agostinho. A Bacia Pernambuco-Paraíba, por sua vez, está localizada a norte do Lineamento Pernambuco, apresentando um caráter homoclinal, que se estende até o Rio Grande do Norte.

Uma expressiva sedimentação quaternária é observada na área, principalmente no grande anfiteatro onde se localiza a cidade do Recife, associada a importantes flutuações do nível do mar ocorridas desde o Pleistoceno.

O Zoneamento Geoambiental proposto para a Folha Recife, tomou como base as unidades geológico-geomorfológicas observadas na área, em função de suas dinâmicas distintas.

Desta forma, foram identificadas em Recife três áreas de características distintas: Áreas de Desenvolvimento, Conservação e Preservação. Esta classificação é baseada no conceito de capacidade de suporte (carrying capacity), que é o limite da quantidade de vida que um habitat específico é capaz de suportar, ou o potencial de ocupação de um ambiente.

Os graves problemas geoambientais existentes na Folha Recife são devidos principalmente às características físicas da área, constituída essencialmente por uma planície costeira predominantemente arenosa, circundada por formações sedimentares pré-quaternárias. A expansão urbana desordenada, principalmente dos últimos 30 anos, têm agravado substancialmente os problemas existentes, tais como,

escorregamentos de encostas, subsidência da planície onde se localiza a cidade do Recife, poluição e salinização de aquíferos, inundações, além de processos erosivos.

A erosão marinha constitui atualmente o maior problema geoambiental da Região Metropolitana do Recife, que apresenta diversas praias atingidas pelo avanço do mar, devido a causas naturais e, principalmente, antrópicas.

Desta forma, foi realizado um estudo na Praia da Boa Viagem visando identificar as causas da erosão, além de indicar à Prefeitura da Cidade do Recife as obras mais adequadas de proteção daquele trecho do litoral. O estudo revelou que houve um recuo de aproximadamente 20 m entre 1974 e 1995, acelerado a partir de 1983, devido à intensificação das atividades antrópicas na Praia da Boa Viagem.

O perfil praiado estudado não apresenta os três setores que caracterizam um perfil bem desenvolvido. A pós-praia, juntamente com o estirâncio, está rebaixada e sob intenso processo erosivo. A praia apresenta um caráter intermediário, levemente reflexivo, com tendência erosiva.

Através dos grupos de perfis topográficos realizados, observa-se uma redução significativa dos volumes de sedimentos, atingindo $578,46 \text{ m}^3$ no grupo 2. O transporte longitudinal de sedimentos é preferencialmente S-N, durante o inverno, enquanto no verão ocorre no sentido N-S. A capacidade de transporte de sedimentos no sentido N-S é da ordem de $15000 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Para a proteção do trecho estudado, foram propostas duas opções: restauração da praia com reposição de areia, juntamente com a construção de quatro quebra-mares.

ABSTRACT

The area under study is located in the central part of the coast of Pernambuco, which includes a large part of the Metropolitan Recife Region, where 40% of the state's population lives.

The major part of the area is in the Cabo and Pernambuco/Paraíba (Olinda Sub-basin) cretaceous basins, both of which have their evolutionary history related to the South-Atlantic reactivation.

The Pernambuco Lineament is a large structure running E-W that separates both basins. The Cabo Basin, on the southside of the lineament, shows many lithological and structural similarities with the Alagoas-Sergipe Basin, and includes an important magmatic occurrence, the Ipojuca Formation, represented by volcanic rocks, and the granite of the Santo Agostinho Cape region.

The Pernambuco/Paraíba basin, on the other hand, is located north of the Pernambuco Lineament, and exhibits a homocline character, that extends to the State of Rio Grande do Norte.

A significant Quaternary sedimentation that occurs in the area, mainly in the large amphitheatre where Recife is located, is linked to important sea level fluctuations that happened during the Pleistocene.

The geoenvironmental zoning proposed for the Recife Area, was based on geomorphological-geological units in the area, because of their distinct dynamics.

Three areas with distinct characteristics were identified in Recife: areas of development, conservation and preservation. This classification is based on the carrying capacity concept, which is the amount of life that a specific habitat can support or the potential occupation of an environment.

The very serious geoenvironmental problems in the Recife area are related to its physical characteristics, composed mainly by an essentially sandy coastal plain, surrounded by Pre-Quaternary sedimentary formations.

The disorderly urban growth, mainly of the last 30 years, has worsened the existent problems of landslides, land subsidence, aquifer pollution, flood, and erosion.

Beach erosion now constitutes the major geoenvironmental problem of the Metropolitan Recife, where the sea has invaded several beaches because of natural and anthropic influences.

A study of the Boa Viagem beach was conducted to identify the cause of erosion and to advise Recife city hall of the most appropriate way to protect that part of the coast. This study showed that a coastal retreat of approximately 20 meters occurred between 1974 and 1995, and was accelerated since 1993, due to an intensification of human activities on the beach.

The backshore and the beach have been severely eroded. The beach presents an intermediate character, slightly reflective with an erosional tendency.

Several topographic profiles showed a significant volume reduction in sediments, reaching to 57,46 m³ in the group 2. During the winter, S to N longitudinal drift is favored, while in the summer is from N to S. The transportation capacity in the N to S direction is approximately 15000 m³/year.

For the protection of this studied sector of coast, the following procedures were proposed: artificial nourishment and the construction of four breakwaters.

AGRADECIMENTOS

Ao CRIADOR, fonte inesgotável de LUZ, imprescindível na realização dos nossos Projetos Acadêmicos, Profissionais e , principalmente, de VIDA.

Aos meus pais e a minha irmã Patrícia pelo apoio e incentivo de todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Vicente José Fulfaro, cujo apoio e orientação em todos os aspectos, foi inestimável, especialmente nas etapas cruciais deste trabalho.

A todos os amigos e companheiros do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, da Universidade Federal de Pernambuco, coordenado pelo Prof. Valdir do Amaral Vaz Manso, pelo suporte logístico, entre tantos outros, indispensável à realização deste trabalho.

À grande amiga Tereza Neuma de Araújo, cujo abrigo, material e espiritual, tornou possível a minha estada em São Paulo.

À Mônica Menezes, querida amiga que me acolheu e ajudou em várias etapas desse trabalho.

À Keila Cristina e sua família, pela amizade e acolhida sempre carinhosas.

Aos colegas e amigos da Universidade de São Paulo, particularmente a Alcina Magnólia Franca Barreto, por toda colaboração e companheirismo.

Ao amigo Arandi Maciel Campelo pelas valiosas discussões e colaboração ao longo de várias etapas deste trabalho.

À Lúcia Oliveira pelo carinho, apoio e compreensão, especialmente na fase final deste trabalho.

Finalmente, aos amigos de todas as épocas que tiveram um papel importante no nosso processo de aprendizado.

I - INTRODUÇÃO

1.1 - Objetivos

Os objetivos principais desta pesquisa, que tem um caráter inédito no âmbito do Estado de Pernambuco, são o Zoneamento Geoambiental da Folha Recife (PE), resultando em subsídio ao Planejamento Regional, com base principalmente nas características geológicas e geomorfológicas observadas no meio físico desta área, situada na parte central da costa de Pernambuco.

A pesquisa aborda, ainda, os principais problemas geoambientais e riscos geológicos da área ocupada pela Região Metropolitana do Recife, que abriga cerca de 40% da população do Estado de Pernambuco, apresentando graves problemas relacionados à ocupação desordenada do meio físico.

Tendo em vista tratar-se do problema geoambiental mais grave registrado atualmente na área em estudo, a erosão marinha é abordada de forma destacada, com enfoque para a praia da Boa Viagem (Recife), onde foi realizado recentemente um estudo visando identificar as causas locais do problema, indicando à Prefeitura da Cidade do Recife as obras de proteção da costa mais adequadas para o trecho atingido da praia da Boa Viagem, constituindo-se em um exemplo de pesquisa aplicada à proteção do meio físico.

A área estudada compreende a porção emersa da Folha Recife (SC.25-V-A-III), escala de 1:100.000, abrangendo uma área aproximada de 480 km² (Fig.1).

35°00' W
8°00' S

34°30' W

2

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA
FOLHA RECIFE (SC.25-V-A-III)

1.2 - Metodologia de Trabalho

Para a execução da pesquisa foram realizadas três etapas distintas de trabalho:

a) Mapeamento sedimentológico e geomorfológico da área, que serviu de base para o zoneamento geoambiental. Foram utilizadas as etapas usualmente seguidas em trabalhos geológicos:

- Levantamento bibliográfico, incluindo mapas, relatórios e outros trabalhos desenvolvidos na área;
- Estudo de fotografias aéreas nas escalas de 1:30.000 e 1:70.000, obtidas a partir de levantamentos aerofotográficos de 1969 (1:70.000), 1978 (1:30.000) e 1986 (1:30.000);
- Análise de ortofotocartas nas escalas de 1:2.000 e 1:10.000, executadas respectivamente em 1979 e 1987;
- Análise de imagens de satélite, tendo sido selecionada a imagem multiespectral LANDSAT-TM, nas bandas 1 a 7, quadrante WRS 214,66 de 28/7/84 e 21/4/91, escala 1:75.000, disponíveis no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Pernambuco;
- Estudo de afloramentos e testemunhos de sondagens existentes na área;
- Análise petrográfica e granulométrica das amostras coletadas;

b) Elaboração do zoneamento geoambiental, a partir da metodologia desenvolvida por Clark (1977), baseada no conceito de capacidade de suporte (carrying capacity), que é o limite da quantidade de vida que um habitat específico é capaz de suportar, ou o potencial de ocupação de um ambiente.

Desta forma, foram identificadas na Folha Recife três áreas de características distintas: Desenvolvimento, Conservação e Preservação. Seis critérios foram utilizados na distinção destas áreas:

- 1) Importância ecológica da área e sua tolerância às alterações do meio provocadas pelas intervenções antrópicas;
- 2) Presença de corpos de água;
- 3) Aptidão agrícola e geotécnica dos solos existentes;
- 4) Suscetibilidade da área a inundações e deslizamentos;

- 5) Importância arqueológica e histórica da área;
- 6) Características ambientais particulares, as quais devem ser asseguradas por proteção governamental.

Com base nestes critérios, a Folha Recife foi assim dividida:

Áreas de Desenvolvimento - São áreas nas quais as condições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, entre outros fatores, permitem o desenvolvimento de atividades antrópicas, com reduzido impacto para o meio. Neste contexto, pode haver a ocupação antrópica e/ou exploração dos recursos naturais, obedecendo as normas usuais estabelecidas pelos órgãos de Controle Ambiental.

Áreas de Conservação - São aquelas nas quais pode haver ocupação e/ou exploração dos recursos naturais, desde que monitoradas de forma intensiva por parte dos órgãos de Controle Ambiental.

Áreas de Preservação - São áreas vetadas a qualquer tipo de ocupação/intervenção antrópica, tendo em vista a fragilidade e importância ambiental dos ecossistemas associados (por exemplo: manguezais).

c) Estudo da erosão marinha da praia da Boa Viagem, tendo sido utilizada a metodologia de Wright & Short (1984), baseada no conceito de estágios morfodinâmicos de uma praia. A aplicação deste conceito resulta na identificação de seis diferentes configurações morfodinâmicas praias, com dois extremos bem distintos: (1) praia totalmente dissipativa, apresentando declividade suave, extensa e com grande estoque de sedimentos subaquosos; (2) altamente reflexiva, com declividade mais íngreme, pequeno aporte de sedimentos subaquosos, porém com grande quantidade de sedimentos subaéreos.

Morfodinamicamente, os dois extremos podem ser estabelecidos pelo "surf scaling parameter" (Ω), segundo Wright & Short (op. cit.):

$$\Omega = a_b W^2 / g \operatorname{tg}^2 m,$$

onde a_b corresponde à amplitude da onda de arrebentação, w corresponde à frequência angular da onda incidente, g corresponde à aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$), $\operatorname{tg} m$ corresponde à tangente da declividade do perfil praias.

Na Praia da Boa Viagem foi realizado um estudo do trecho atingido pela erosão marinha, tendo sido medidos os seguintes parâmetros:

- **Parâmetros Morfodinâmicos:** através de duas medições diárias das seguintes feições da praia:

- a) Largura da faixa de praia;
- b) Largura da zona de espraiamento;
- c) Largura da zona de arrebentação;
- d) Altura de berma (quando existente);
- e) Distância entre cúspides (quando existentes);
- f) Declividade da praia;
- g) Taxas de sedimentação/erosão, medidas através do levantamento de perfis topográficos (mensais).

- **Parâmetros Hidrodinâmicos:** através de duas medições diárias dos seguintes componentes:

- a) Altura da onda, medida na zona de espraiamento;
- b) Período da onda;
- c) Ângulo de incidência da onda;
- d) Altura da maré, através da leitura da tábua de marés do Porto do Recife;
- e) Velocidade da corrente de deriva litorânea;
- f) Sentido da corrente de deriva litorânea.

- **Parâmetros Meteorológicos:**

- a) Sentido dos ventos;
- b) Velocidade dos ventos.

Foi realizada, ainda, uma restituição topográfica da linha de costa, através da análise de fotografias aéreas de 1974 e 1983, comparando-as com as medições realizadas durante a pesquisa, concluída em janeiro de 1995, de modo a avaliar a retrogradação da costa no trecho de praia estudado.

1.3 Aspectos Fisiográficos

1.3.1 Clima

Segundo a classificação de Koeppen (apud Sudene, 1973), o clima encontrado em todo o litoral de Pernambuco é do tipo Ams', tropical chuvoso, com uma precipitação pluviométrica anual em torno de 2000 mm, devida às chuvas de monção. A temperatura média anual é superior a 24°C. O trimestre mais úmido corresponde aos meses de maio-junho-julho, sendo este último o mês de menor temperatura e maior pluviosidade. O trimestre mais seco corresponde aos meses de outubro-novembro-dezembro, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes.

1.3.2 Hidrografia

Os principais rios encontrados na área são: Capibaribe, Beberibe, Jaboatão, Pirapama, Massangana, Tatuoca e Ipojuca, todos de pequena a média extensão (até cerca de 400Km).

Apresentam, de uma forma geral, um padrão de drenagem irregular a dendrítico, podendo ser localmente retilíneo, aproveitando-se de alguns alinhamentos estruturais de direção geral leste-oeste, com regime perene, possuindo, ainda, estuários sempre associados a manguezais.

1.3.3 Vegetação

Os levantamentos realizados pela SUDENE (1973), indicam a predominância na área de dois tipos de formações florestais: a floresta subperenifólia e as formações litorâneas.

A floresta subperenifólia é uma formação densa e alta (árvores de 20-30 m), rica em espécies, tendo sido, ao longo dos últimos 450 anos, substituída pelo cultivo da cana-de-açúcar.

As formações litorâneas abrangem um número significativo de tipos florestais, entre os quais destacam-se: a floresta perenifólia de restinga, os manguezais, as formações de praia e os campos de várzea.

A floresta perenifólia de restinga é uma formação pouco densa, com árvores de troncos finos, que ocorrem normalmente associadas aos terraços arenosos holocênicos da baixada litorânea.

Os manguezais são formações lenhosas de aspecto característico, situadas nos terrenos alagados da orla marinha e desembocaduras de rios, sob influência das marés.

As formações de praia são representadas por uma vegetação rasteira, freqüentemente rala e uniforme, ocorrendo nas porções próximas do mar.

Os campos de várzea ocorrem nas várzeas úmidas e alagadas, periferia de cursos de água, brejos e banhados.

1.3.4 Solos

O clima é, aliado ao relevo, ação de organismos, material de origem e tempo, um dos condicionantes dos processos pedogenéticos. Atuando de forma intensa, pode obliterar, ou até mesmo destruir por completo, feições sedimentares como as estratificações. Este fato é particularmente marcante na faixa costeira do Estado de Pernambuco, onde predomina um clima quente e úmido, com formação generalizada de espessos perfis de solos, não raras vezes ultrapassando 2 m.

Segundo Mabeoone (1987), predominam na área os seguintes tipos de solos:

- Latossolos: são ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com textura areno-argilosa, geralmente ácidos. Ocorrem associados principalmente à Formação Barreiras.
- Podzólicos: ocorrem associados às rochas do embasamento cristalino, Formação Cabo e Formação Barreiras, sendo geralmente areno-argilosos.
- Podzols: apresentam-se com um horizonte A espesso, arenoso, com migração de matéria orgânica. Ocorrem associados principalmente às fácies mais arenosas (fluviais) da Formação Barreiras, à Formação Beberibe e aos terraços quaternários marinhos.
- Terras roxas estruturadas: são o produto da decomposição das rochas vulcânicas básicas, sendo bastante argilosos com horizonte B textural.

- Vertissolos: são solos pouco profundos, argilosos, ricos em filossilicatos expansivos, apresentando pH neutro a moderadamente alcalino. Ocupam áreas restritas, pois se desenvolvem apenas nos carbonatos encontrados na Folha Recife, representados pela Formação Gramame (a Formação Estiva, apesar de ser carbonática, ocupa uma área em superfície muito reduzida, não tendo permitido a formação de solos específicos sobre a mesma).
- Areias quartzosas: são solos profundos, apresentando sequência de horizonte A e C. Texturalmente, pertencem à classe arenosa, estando associados à Formação Barreiras, além dos terraços quaternários marinhos.
- Classes de solos da planície costeira: são observados solos gley indiscriminados, solos indiscriminados de mangue, solos orgânicos, solos aluviais, areias quartzosas marinhas e podzols.

II- GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Introdução

A área estudada pertence, segundo a classificação de ALMEIDA et al. (1977), à entidade geotectônica da Província Costeira, compreendendo parte da faixa costeira do Estado de Pernambuco. Está limitada a oeste pela Província Borborema, estabilizada no Proterozóico Superior, a leste pelo Oceano Atlântico, a sul pela Bacia Sergipe/Alagoas e a norte pela Bacia Pernambuco/Paraíba.

A Província Costeira, caracterizada por ser muito estreita e alongada, sendo descontínua em alguns pontos, ocorre tanto na porção emersa quanto submersa do continente.

Interpretações para sua formação têm sido sugeridas desde a década de 60, inicialmente por BEURLIN (1961), que, baseado nas relações estratigráficas e paleontológicas, admitiu o desenvolvimento do Atlântico Sul por um sistema de rifts, introduzindo assim, novos conceitos sobre o mecanismo de abertura do Atlântico e com isto, propiciou a realização de vários trabalhos, sempre tentando relacionar o comportamento estrutural e a sedimentação nas bacias marginais costeiras brasileiras, entre os quais destacamos: ASMUS & PORTO, 1972; ASMUS et al., 1973; ASMUS, 1975; PONTE & ASMUS, 1976; ASMUS & CARVALHO, 1978; SZATMARI et al., 1987.

A área sedimentar desta parte da Província Costeira é denominada Faixa Sedimentar Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte.

2.2 Compartimentação da Faixa Sedimentar Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte

Esta faixa sedimentar, comumente denominada de Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, está inserida na Província Costeira, de direção geral N-S, que se estende desde o limite sul do estado de Pernambuco até a cidade de Natal (RN), com largura média de 30 Km. Trabalhos recentes na porção sul desta bacia, em uma área que se estende da cidade do Recife até o limite sul do estado de Pernambuco,

têm sugerido que esta área pertença à parte mais setentrional da Bacia Sergipe/Alagoas (ALHEIROS et al., 1989 e BRITO et al., 1991).

A área estudada no presente trabalho pertence à Sub-Bacia Olinda, da Bacia Pernambuco-Paraíba, e à Bacia Cabo.

A Bacia Pernambuco-Paraíba, por ser considerada a área de ligação final entre os continentes sulamericano e africano, tem sido bastante estudada, principalmente em superfície. Os conhecimentos em subsuperfície são escassos, devido à suposta ausência de petróleo na área, não sendo, portanto, de interesse para a indústria petrolífera, que detém tecnologia e recursos para tais investigações. Apesar disto, com base em dados sedimentológicos, estratigráficos, tectônicos e geofísicos, esta bacia tem sofrido várias divisões em compartimentos tectônicos. Destas divisões, salienta-se aquela proposta por RAND (1976), que, considerando os aspectos tectônicos e informações geofísicas obtidas na bacia, individualizou para o Estado de Pernambuco, a Sub-Bacia Recife, limitada a norte pela Bacia João Pessoa, através da falha no vale do rio Goiana (divisa entre os estados de Pernambuco e Paraíba), e a sul pelo embasamento cristalino, que chega a aflorar nas proximidades da costa., na região de Maragogi (divisa entre Pernambuco e Alagoas). Esta Bacia foi subdividida pelo mesmo autor em duas sub-bacias: Sub-Bacia Norte; e Sub-Bacia Sul, limitadas pelo Lineamento Pernambuco (figura 2).

Em 1980, DANTAS, considerando o comportamento diferenciado da evolução tectono-sedimentar a norte e a sul do Lineamento Pernambuco, divide, no estado de Pernambuco, a faixa costeira Pernambuco-Paraíba, em Faixa Vulcano-Sedimentar Sul de Pernambuco e Faixa Sedimentar Norte de Pernambuco.

Em 1984, CORDANI et al., por razões estratigráficas e estruturais, separaram a faixa sedimentar em Sub-Bacia sul do Recife, Sub-Bacia Central Recife-João Pessoa e Sub-Bacia Norte Paraíba-Rio Grande do Norte.

PETRI (1987), individualizou a Bacia Cabo, com base nas suas características estratigráficas, bem como na evolução tectono-sedimentar.

MABESOONE & ALHEIROS (1988), considerando importantes estruturas tectônicas e a litologia do embasamento cristalino, dividiram a Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba em cinco sub-bacias: Sub-Bacia Cabo; Sub-Bacia Olinda; Sub-

Figura 2. Mapa Tectônico da Faixa Sedimentar Sul do Estado de Pernambuco.

Bacia Alhandra; Sub-Bacia Canguaretama; e Sub-Bacia Natal , e levantaram a possibilidade de novas divisões à medida que surgissem novos dados (Figura 3).

LIMA FILHO et al. (1991), com base em dados geofísicos, sedimentológicos e estruturais, dividiram a Bacia Cabo em: Sub-Bacia Cabo Norte e Sub-Bacia Cabo Sul, delimitadas por um Alto Estrutural identificado na região do Cabo Santo Agostinho, de direção geral NW-SE.

Na Sub-Bacia Cabo Norte, compreendida entre o Lineamento Pernambuco e a falha NW-SE (Falha de Santo Agostinho) que limita a borda sul do Granito do Cabo de Santo Agostinho, ocorrem sedimentos imaturos da Formação Cabo (conglomerados polimíticos, arcósios, siltitos e argilitos); os vulcanitos da Formação Ipojuca (incluindo o granito do Cabo de Santo Agostinho); um pacote de arenitos conglomeráticos, indicativos de uma seqüência fluvial correlacionada aos arenitos pré-Barreiras, encontrados ao norte da Planície do Recife (Pedrosa et al., 1991); sedimentos clásticos da Formação Barreiras e uma extensa sedimentação quaternária.

A Sub-Bacia Cabo Sul, por sua vez, apresenta todas as litologias encontradas na porção norte, com exceção dos arenitos conglomeráticos pré-Barreiras, sendo caracterizada pela presença de rochas carbonáticas da Formação Estiva, evidenciando uma subsidência mais acentuada, a qual permitiu ingressões marinhas ao sul do alto estrutural representado pelo Granito do Cabo de Santo Agostinho.

2.3 Arcabouço Estrutural da Área Estudada

Na análise de fotografias aéreas na escala de 1:30.000, e com auxílio de imagens de radar na escala de 1:100.000, foram identificadas na área compreendida pela Bacia Cabo, duas tendências principais de falhas e fraturas. Uma tendência na direção NE-SW, e uma outra na direção NW-SE, além de dois lineamentos E-W, o Lineamento Pernambuco e o Lineamento Maragogi .

As falhas de direção NE-SW desenvolveram-se no Aptiano, geradas provavelmente pelo rifteamento sul-atlântico, os quais limitaram a Bacia Cabo a oeste, e que governaram a deposição da Formação Cabo, representada na sua porção

Figura 3. Localização da Bacia Pernambuco-Paraíba (Fonte: Mabesoone & Alheiros, 1988).

proximal, por conglomerados polimíticos depositados por leques aluviais continentais, que segundo Alheiros (1987), são progradantes para leste, onde teria existido um lago de origem tectônica.

A tendência NW-SE é observada nas rochas do embasamento representadas pelo Maciço Pernambuco/Alagoas, e influenciou, decisivamente, a construção do arcabouço e a compartimentação do rift do Cabo, limitando, inclusive, o posicionamento do Granito do Cabo de Santo Agostinho. Esse falhamento funciona como um elemento divisor da Bacia Cabo em dois compartimentos: Sub-Bacia Cabo Norte e Sub-Bacia Cabo Sul (Brito et al., 1991). Esta influência ainda é sentida nos sedimentos da Formação Barreiras e alguns depósitos quaternários nesta bacia.

A relação de uma bacia com seu embasamento envolve uma evolução petrogenética das rochas metassedimentares e ígneas que as constituem. Analisando esta relação, notamos que parte da Bacia Pernambuco/Paraíba ora encontra-se com seu embasamento dominado por rochas supracrustais, e outras vezes, por rochas graníticas e migmatíticas. Devido a movimentos tangenciais a que elas foram expostas (provavelmente durante o quebramento da crosta), as respostas diante de uma massa rochosa granítica/migmatítica e outra de textura foliada (como é o caso das supracrustais), são distintas, ou seja, nas rochas cristalífolianas a fricção interna é bem menor. As rochas supracrustais por possuírem densidade superior às das rochas infracrustais granitizadas, conduzem a um afundamento bem maior em suas porções de ocorrência. Provavelmente por este motivo, criaram-se altos estruturais dentro da bacia, que conseqüentemente, influenciaram na sua sedimentação.

A norte do Lineamento Pernambuco, na área ocupada pela Sub-bacia Olinda, o comportamento estrutural é bastante distinto, mostrando-se como um homoclinal desde o contato com o embasamento cristalino, representado pelo Sistema de Dobramentos Pajeú-Paraíba (Brito Neves, 1975), até a plataforma submersa. A espessura de sedimentos varia entre 1000 e 1500 m, mergulhando suavemente para leste, podendo atingir 4000 sobre o Platô de Pernambuco (Mabesoone & Alheiros, 1988).

A Sub-bacia Olinda (Mabesoone e Alheiros, op.cit.), está compreendida entre o Lineamento Pernambuco e a Falha de Goiana (ver Figura 3). Trabalhos geofísicos realizados nesta sub-bacia, levaram Rand (1967) a admitir uma estrutura simples do tipo Plataforma, com embasamento mergulhando suavemente para leste.

A estrutura homoclinal observada é representada pelas camadas, dispostas com mergulho monótono e suave para leste.

A Bacia Cabo ocupa toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco e possui uma forma alongada na direção N40°E, extensão de 80 km e a largura média de 12 Km na porção emersa (Figura 4). O limite desta bacia, a sul, é feito pelo Alto de Maragogi (limite dos estados de Pernambuco e Alagoas), a norte, pelo Lineamento Pernambuco (na cidade do Recife), e a oeste através de falhas normais com o Maciço Pernambuco/Alagoas, o qual é constituído por granitos, gnaisses e migmatitos de idade Pré-Cambriana, que em discordância é recoberta pelos sedimentos de idade Cretácea até o Recente que preenchem a bacia. Sedimentos desta bacia são encontrados em continuidade na porção submersa, como mostrado por ALVES & COSTA (1986), em estudos no Platô de Pernambuco.

O tectonismo pós-rift na Bacia Cabo é observado marcadamente no condicionamento estrutural da deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, persistindo em alguns depósitos quaternários, onde é evidenciado pela ocorrência de arenitos de praia bastante fraturados, segundo as direções E-W e N-S, indicando prováveis reativações de antigas linhas estruturais existentes nesta bacia (Medeiros et al, 1991).

A tendência NE-SW apresenta-se como falhas escalonadas em direção à plataforma continental, formando meio-grabens paralelos à linha da costa, com a seqüência rift alcançando mais de 3000m de espessura (Figura 5). Pode ser cortado transversalmente por falhas menores, formando pequenos blocos mais profundos (Rand, 1976). Os mapas Bouguer de parte das sub-bacias, sugerem meio-grabens nesta direção, caracterizando grandes depocentros, similares aos existentes na Bacia Sergipe/Alagoas (Figura 6).

Esta bacia se diferencia em estrutura e estratigrafia das demais que compõem a Bacia Pernambuco-Paraíba: estruturalmente devido ao seu aspecto não homoclinal, comum às outras bacias; parece ser truncada por um gráben alongado de direção NNE (gráben do Cupe ou do Cabo); e do ponto de vista estratigráfico por possuir as unidades líticas mais antigas de toda a Faixa Sedimentar Pernambuco-Paraíba

Fig.4. Localização da Bacia Cabo.

Figura 5. Arcabouço Estrutural da área (Fonte: Rand, 1976).

As figuras 7a e 7b mostram as Colunas Litoestratigráficas das bacias Pernambuco-Paraíba e Cabo.

LEGENDA

PERÍODO	IDADES				CONVENÇÕES
		PLATAFORMA CONTINENTAL	PLAT. MARINHA		
QUATERNÁRIO	HOLOCENO			Qal - Aluvião	$\frac{A}{B}$ Falha de gravidade $\frac{A}{B}$ Falha de gravidade inferida
	PLEISTOCENO			Qi - Quaternário indiferenciado	
TERCIÁRIO	PLIOCENO			Qm - Mangue	$\frac{A}{B}$ Falha de gravidade inferida Falha transcorrente
	MIOCENO			Qfl - Sedimentos flúvio-lagunares	
	OLIGOCENO			Qap - Areia de praia	
	EOCENO			Tmh - Terraco marinho holocênico	
	PALEOCENO			Tmp - Terraco marinho pleistocênico	
CRETÁCEO				Lq - Leques aluviais pleistocênicos	
				Tqb - Fm. Barreiras (arenitos conglomeráticos, argilitos, siltitos)	
				Tmf - Fm. Maria Farinha (calcários)	
				Kg - Fm. Gramame (calcários)	
				Kb/Ar - Fm. Beberibe (arenitos conglomeráticos esbranquiçados/Arenito conglomerático do Cabo St. Agostinho)	
				Ke - Fm. Estivas (calcários)	
				Kv - Fm. Ipojuca (vulkanitos)	
	MASTRICHTIANO			Kig - granito do Cabo St. Agostinho	
	LAMPANIANO			Kc - Fm. Cabo (conglomerados, arenitos e folhelhos)	
	SANTONIANO			PC - Macico PE/AL (granitos)	
	CONIACIANO				
	TURONIANO				
	CENOMANIANO				
	ALBIANO				
	APTIANO				
	PRÉ-CAMBRIANO				

Figura 7a. Coluna Litoestratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba (Fonte: Lima Filho, 1994).

Figura 7b. Coluna Litoestratigráfica da Bacia Cabo (Fonte: Lima Filho, 1994).

III - SEDIMENTAÇÃO PRÉ-QUATERNÁRIA DA ÁREA

3.1 Formação Cabo

Desde a década de 50, vários pesquisadores têm discutido os processos deposicionais que levaram à gênese desta formação.

KEGEL (1959) relacionou a deposição da Formação Cabo a fluxos aquosos torrenciais, derivados de relevos bem escarpados, em épocas de clima árido.

COBRA (1960), estudando os conglomerados do Cabo, definiu aquele pacote sedimentar formalmente como Formação Cabo, constituído por fácies brechóide, conglomerática e arcossiana. O conglomerado é polimítico gradando para fácies arcossianas em direção ao litoral. A gênese destes sedimentos, segundo este autor, estaria ligada à reativação de antigas falhas longitudinais à costa, onde o conglomerado foi depositado ao longo da escarpa.

ANDRADE & LINS (1961) sugeriram uma origem a partir de acumulação coluvial de pé de escarpa, sob regime torrencial semiárido com grandes quantidades de blocos, gerados por intensa esfoliação esferoidal em falésias vivas do embasamento cristalino. Denominaram-no de "Conglomerado do Baixo Pirapama".

BIGARELLA & ANDRADE (1964) igualmente associam a gênese a processos morfoclimáticos em ambientes continentais de clima árido, procedendo de um material originado principalmente por desagregação física.

MABESOONE (1966) advogou a hipótese de origem por corridas de lama e, em 1971, sugeriu que o arredondamento dos blocos era devido a processos deposicionais ao pé de escarpas de falhas. FALCÃO (1976) concorda com esta hipótese, sugerindo que 2/3 dos blocos foram arredondados por transporte fluvial e 1/3 em ambiente praial.

AMARAL & MENOR (1979) identificaram nesta formação uma porção inferior continental, onde os arcósios e blocos representariam leques de piemontes passando a fácies fluvial entrelaçado e os pelitos representariam um regime fluvial meandrante até estuarino. Uma fácies intermediária (com sulfetos) representando um ciclo transgressivo, com intercalação de carbonatos; com a fácies mais superior representando um ciclo argilo-carbonático, de caráter transicional; e a porção mais

superior representando um terceiro ciclo, transgressivo, francamente marinho, constituído pelo calcário da Formação Estiva.

ALHEIROS (1987) e ALHEIROS & FERREIRA (1989) admitiram que esta formação foi depositada por um sistema de leques aluviais coalescentes, formados em ambiente continental ao pé de falésias de falhas normais de grandes rejeitos, progradando para um lago tectónico e sobre estes desenvolvendo-se um sistema fluvial entrelaçado que evolui para E-SE, sendo o sistema lacustre invadido pelos clastos grossos dos leques aluviais progradantes ciclicamente, governado pelos pulsos tectónicos.

ROCHA (1990), considerando as características dos sedimentos da Formação Cabo, sugeriu que estes foram depositados próximos à área fonte, nas cabeceiras de leques inundados por fluxos de água, e cuja construção se deu em um corpo lacustre, sendo portanto um leque deltaico ("fan delta"). As freqüentes intercalações de pelitos de coloração esverdeada observadas na Formação Cabo, indicativas de ambiente redutor, além de um padrão de organização na deposição dos conglomerados, sugerem que o modelo apresentado por Rocha (op. cit.) seja, atualmente, o mais plausível para a gênese da Formação Cabo.

BRITO (1992), em mapeamento faciológico realizado nesta formação, reconheceu tal como ALHEIROS (1987), as fácies de leque aluvial (proximal, mediano e distal), acrescentando às observações deste último autor as fácies de leque aluvial proximal e mediano pós-vulcânico, supostas anteriormente por COBRA (1960).

As rochas vulcânicas cortam e recobrem esta formação, tendo sido datadas por VANDOROS et al. (1966), em idades entre 87 a 114 m.a., determinando desta maneira que esta não pode ser mais considerada com idade pós-turoniana, porém seu limite inferior ainda não é bem conhecido.

No gráben do Cupe, a PETROBRÁS perfurou o poço 2-CPE-1-PE-poço X (ver Figura 4), que atravessou um pacote de rochas siliciclásticas da Formação Cabo, onde foram descritas as palinozonas P-260, P-270 e P-280, segundo o esquema proposto por REGALI et al. (1974), correspondendo ao Neoalagoas/Eoalbiano.

Datações radiométricas através do método K-Ar (Mizusaki, 1986 apud Dias, 1991) em rochas extrusivas (riodacitos), intercaladas às rochas sedimentares correspondentes à palinozona P-280, apresentaram o valor de $102,5 \pm 3,8$ m.a, o que confirma a idade Eoalbiana para o topo da Formação Cabo.

A Formação Cabo era anteriormente reconhecida em superfície, apenas entre as localidades de Ponte dos Carvalhos (PE) e o Rio Formoso (PE), porém ALHEIROS et al. (1989) encontraram afloramentos também na cidade do Recife. Esta formação é correlacionada ao Membro Carmópolis da Formação Muribeca da Bacia Sergipe-Alagoas, com a qual mostra grande similaridade faciológica, não havendo nesta última bacia a correspondência das manifestações efusivas da área do Cabo (PE) (ALHEIROS & FERREIRA, 1986). Esta ausência é atribuída a uma anomalia térmica crustal associada a um jogo de esforços transpressivos desenvolvidos ao longo do Lineamento Pernambuco, pela migração da microplaca Sergipana (MILANI, 1987).

A Formação Cabo é composta por conglomerados, arcósios e argilitos e, de acordo com a caracterização sedimentológica feita por ALHEIROS (1987), apresenta-se com as seguintes características:

Conglomerados - São polimodais, polimíticos, apresentando blocos bem arredondados, com diâmetro variando de poucos centímetros até 2 m, em uma matriz fragmentar escassa de composição arcosiana, com blocos e matriz apresentando composição típica de rocha granítica e matriz classificada de arcósio imaturo ferrífero. Os blocos são bem arredondados e de alta esfericidade, gerados por esfoliação esferoidal causada pelo intemperismo químico. A matriz é fragmentar, angulosa e imatura, estas características indicando pouco transporte.

Arcósios - os arcósios ocorrem com duas feições distintas com lentes dentro do conglomerado ou em pacotes espessos com blocos dispersos. Apresentam, em geral, cor cinza esbranquiçada a cinza esverdeado, podendo apresentar cor avermelhada a castanho violeta. Tem granulometria média, são moderadamente selecionados, constituídos principalmente por quartzo, feldspato e biotita. Estes arcósios são classificados como arcósios calcíticos imaturos a arcósios conglomeráticos imaturos, quando ocorrem com seixos de natureza granítica.

Siltitos - Ocorrem em camadas pouco espessas, intercaladas aos arcósios conglomeráticos. Possuem cor marrom avermelhada, ocorrendo, algumas vezes, de coloração verde.

3.2 Formação Ipojuca

A Formação Ipojuca (AMARAL & MENOR, 1979) abrange as rochas ígneas, de idade cretácea, que ocorrem na porção sul do estado de Pernambuco, ou seja, dentro da Bacia Cabo (Foto 1). Compreende rochas vulcânicas (basaltos, andesitos, traquitos, riolitos, tufos e brechas), além do granito do Cabo de Santo Agostinho. Estas rochas apresentam formas variadas, podendo ocorrer como derrames, diques, chaminés, intrusões subvulcânicas (soleiras e lacólitos), "plugs" e "stocks" (BORBA, 1975).

VANDOROS et al. (1966), através de datações radiométricas realizadas nas rochas vulcânicas, no atual nível de erosão, obtiveram idades próximas a 90 m.a.

As datações radiométricas em rochas vulcânicas, realizadas por VANDOROS & VALARELLI (1976), ofereceram idades no intervalo 90 e 114 m.a, que marcam, por sua vez, o intervalo entre o Aptiano e Turoniano.

LANA & MILANI (1986) atribuíram a intrusão destes corpos vulcânicos a uma compressão associada à microplaca Leste Brasileira.

Segundo SIAL et al (1987), o magmatismo ligado ao granito do Cabo ($104,8 \pm 1,8$ m.a) representa a extremidade sul do alinhamento de focos ígneos que se estende desde a Nigéria e do Níger, no continente africano, até a América do Sul, estando sua formação ligada à abertura do Oceano Atlântico.

Estes autores propuseram, então, um processo de geração da província vulcânica em dois estágios: no primeiro, um magma basáltico teria sido aprisionado em sua ascensão, gerando fusão parcial da crosta, que teria intrudido na forma de granito e riolito, os sedimentos da Formação Cabo; no segundo estágio o magma basáltico teria sido liberado e ascenderia à superfície, dando origem aos derrames basálticos, andesíticos e traquíticos.

Foto 1. Arcósio da Formação Cabo cortado por diques de rochas vulcânicas da Formação Ipojuca nas proximidades da Fábrica Redímix (PE-60).

GUIMARÃES et al (1992), associaram a gênese das rochas vulcânicas à fusão parcial da crosta continental devido ao aumento de temperatura causado pela injeção de basaltos ao longo do rifte, nos estágios iniciais do quebramento continental.

De acordo com os trabalhos apresentados por BORBA (1975), estas rochas apresentam as seguintes características gerais e distribuição: Os traquitos são os mais representativos da área. Apresentam morfologia típica de derrame, com textura afanítica porfirítica e vesicular. Quando intemperizados, os minerais de feldspato são transformados em minerais de argila e os ferromagnesianos são totalmente dissolvidos pelo intemperismo químico.

Os riolitos ocorrem em "plugs" e diques, possuem coloração rósea, textura porfirítica com fenocristais de sanidina e quartzo distribuídos em uma matriz microgranular.

Os basaltos e andesitos estão distribuídos de modo irregular, quase sempre alterados, apresentando coloração cinza escura a cinza esbranquiçado.

O granito ocorre como um "stock", constituído por quartzo, feldspato alcalino e riebeckita.

3.3 Formação Estiva

Os calcários aflorantes e subaflorantes presentes na Bacia Cabo têm sido comumente tratados, nos trabalhos mais recentes, como sendo correlatos e agrupados na Formação Estiva.

Estudados pela primeira vez por MORAIS (1928), o qual reconheceu que estes calcários possuem ocorrência esparsa, sendo conhecidos no Engenho Gameleira (proximidades da praia de Tamandaré), na praia de Cocaia e do Outeiro Alto. Com base em dados paleontológicos, diferentes idades foram sugeridas para este litotipo, desde Turoniana (MAURY, 1930 apud ALHEIROS et al., 1989); Albiana (BEURLIN & COBRA, 1960); Turoniana ou Emscheriana (MUNIZ & ALMEIDA, 1988).

3.4 Formação Algodoads

Trabalhos recentes desenvolvidos no âmbito da Bacia Cabo, identificaram uma nova unidade litoestratigráfica constituinte desta bacia: A Formação Algodoads.

A primeira referência ao termo Algodoads, foi dada por Rocha (1990) para designar um pacote de arenito friável, maciço, composto de fragmentos angulosos de quartzo e feldspato em matriz mais fina, areno-argilosa, com cor avermelhada. No topo ocorrem tufos intemperizados com arenitos em bancos, com estratificação gradativa bem perceptível. Lateralmente, interdigitando-se com esses arenitos, ocorrem conglomerados com seixos de rochas vulcânicas desorganizados, com matriz areno-argilosa de cor creme.

A este conjunto de rochas, Rocha (op.cit), designou de Membro Algodoads pertencente à Formação Cabo, posicionando cronologicamente no Coniaciano, por estar superposto aos calcários da Formação Estiva, numa ocorrência ao sul da área mapeada (Fazenda Gameleira).

Devido à área de ocorrência ser mapeável e que, apesar do processo que ocasionou sua deposição ser semelhante aos que depositaram a Formação Cabo, ou seja, uma recorrência de processos de fluxos gravitacionais na bacia causados principalmente por eventos tectônicos, Lima Filho et al (1994) elevaram o Membro Algodoads à categoria de formação, por pertencer a um estágio tectônico posterior que se instalou na bacia no Albiano.

A existência de uma possível fácies arcossiana pós-vulcânica já tinha sido sugerida por COBRA (1960), que julgou que esta fácies teria sido depositada após a própria Formação Cabo haver passado por um período erosivo, seguido de intrusões e derrames vulcânicos.

A seção tipo desta unidade localiza-se no Engenho Algodoads, aflorando ao longo de uma estrada de ferro, a 4 km a sul do cruzamento desta com a PE-28. Como localidades de referência, têm-se a TDR-norte, a 500m da PE-28 no sentido sul, e a 4 Km da mesma estrada, logo após o viaduto sobre a estrada de ferro. Na estrada de acesso ao estaleiro Diamar, ocorre um outro afloramento desta unidade.

Seu contato inferior com a Formação Ipojuca e a Formação Cabo é brusco. Com o arenito conglomerático (correlacionável à Formação Beberibe), este contato é lateral ou em paleocanais escavados na Formação Algodoads.

Com relação à idade da Formação Algodoads, a Formação Ipojuca, subjacente, oferece idades entre 90 a 114 ma, que marcam, por sua vez, o intervalo entre o Aptiano e o Turoniano. No poço do Cupe, foram descritas as palinozonas P-260, P-270 e P-280, correspondendo ao Neo-Alagoas/Eoalbiano.

Considerando que os arenitos conglomeráticos sejam correlatos à Formação Beberibe que ocorre na Bacia Pernambuco/Paraíba, de idade Campaniana, Lima Filho et al. (1994) admitem que a idade da Formação Algodoads estaria no intervalo Coniaciano/ Santoniano. A este fato junta-se a ocorrência descrita por Rocha (1990), na Fazenda Gameleira, onde ocorre sobrejacente aos calcários da Formação Estiva.

3.5 Formação Beberibe

Kegel (1955) aplicou o termo Beberibe para designar uma camada fossilífera intercalada nas areias argilosas aflorantes no vale do rio Beberibe, próximo aos limites entre os municípios de Olinda e Recife, incluindo-a na Formação Itamaracá sob a denominação de Membro Beberibe. Contudo, o termo Formação Itamaracá deve ser abandonado seguindo sugestão de Muniz & Lima (1979, in: Mabesoone, 1987), e o membro Beberibe no presente trabalho será conservado como Formação Beberibe. A Formação Beberibe foi intensamente estudada na porção norte da Bacia Pernambuco-Paraíba, onde ocorre repousando sobre o embasamento cristalino, por uma discordância erosiva. Nesta porção é representada por depósitos fluviais com fácies de canais entrelaçados, com arenitos quartzosos grossos (podendo chegar a conglomeráticos), intercalados a depósitos finos de planície aluvial e depósitos de ambiente lagunar, representados por siltitos argilosos a arenosos (NÓBREGA & ALHEIROS, 1991).

Este espesso pacote de arenitos monótonos e estéreis, com granulação variável e com uma espessura que pode atingir mais de 300m, segundo BEURLIN (1967), dá início à sequência sedimentar da Bacia Pernambuco/Paraíba.

Na base há predominância de leitos arenosos, freqüentemente conglomeráticos, intercalados com níveis argilosos. Na parte superior aparecem arenitos finos com níveis de siltito e argilas cinzentas contendo restos de vegetais carbonizados.

Trata-se de uma formação de idade cretácica (Santoniano-Maestrichtiano), onde, segundo BEURLIN (op. cit.), distinguem-se três fácies interdigitadas, predominando a fácies fluvial, ocasionalmente a estuarina e raramente a lagunar. A transição para a fácies marinha é feita gradualmente, com várias interdigitações, englobando sedimentos marinhos na Formação Itamaracá.

MEDEIROS (1991), realizando mapeamento geológico de detalhe na Bacia Cabo, reconheceu ocorrências de um arenito conglomerático nas proximidades do granito do Cabo de Santo Agostinho.

Através do estudo destas ocorrências, PEDROSA et al (1991) advogaram a similaridade deste arenito conglomerático, de idade Pré-Barreiras, com a Formação Beberibe da Bacia Pernambuco/Paraíba, correlacionando-os litológica e cronologicamente, tendo em vista as características sedimentológicas e petrográficas.

Estão representados na área em estudo, por um arenito conglomerático de cor creme, granulometria média a grossa, essencialmente quartzoso, onde estes grãos apresentam-se subarredondados a sub-angulosos (Foto 2). Apresenta uma diagênese fraca (friável), estrutura maciça e de acordo com PEDROSA et al. (1991), este arenito quando intemperizado, se desagrega totalmente formando um solo arenoso, de cor branca, o qual possui, no horizonte B, um nível de cor escura com matéria orgânica, o que pode ser caracterizado como um "podzol" (MABESOONE e FERREIRA, comunicação verbal).

Foto 2. Arenito da Formação Beberibe aflorando às margens do rio homônimo.

3.6 Formação Gramame

A Formação Gramame recebeu esta denominação de Oliveira em 1940 (in: Dantas, 1980), referindo-se às ocorrências de calcários margosos no vale do rio Gramame (Paraíba). Repousa concordantemente sobre os clásticos da Formação Beberibe, interdigitando-se, inclusive, com as fácies mais distais desta última.

Possui idade maestrichtiana e é constituída de calcários clásticos fossilíferos na base, de origem plataformal de alta energia, passando para uma fácies fosfática depositada em locais mais tranquilos, em consequência de ressurgência devida à uma soleira submarina (Mabesoone, 1987). Estes fosfatos existentes no topo da Formação Gramame foram descobertos por Duarte (1949), tendo sido explorados até a década de 60.

Os calcários com os domínios de biomicritos argilosos, constituem a fácies marinha calcária e apresentam espessuras de 55 m, sendo 2/3 de calcários cinzentos, com intercalações de margas e argilas cinzentas. No topo, é formada por calcários argilosos que, segundo Mabesoone (op. cit.), talvez tenha sido depositada em um gráben tectônico invadido pelo mar, havendo ainda a contínua ação de ressurgência. Na base, os calcários são dolomíticos e no topo são calcíticos puros.

Fauna abundante, com gastrópodes, cefalópodes, restos de crustáceos, equinodermos, dentes de peixes, tubos de vermes e foraminíferos indicam um ambiente de sedimentação marinho de águas quentes, calmo, pouco profundo, inferior a 200m.

Seu contato com a Formação Maria Farinha, de idade paleocênica, é observado mais ao norte, ocorrendo através de uma paraconformidade, caracterizada pela presença de um nível de calcário pseudo-litográfico, conhecido como "calcário vidro". No contexto evolutivo da área, a Formação Gramame representa a instalação de um regime transgressivo, no fim do Cretáceo.

Na Folha Recife, a Formação Gramame ocorre ao norte da área, em pequenos morros situados principalmente no município de Olinda. A Formação sobrejacente, Maria Farinha, não é aflorante na área.

3.7 Formação Barreiras

A Formação Barreiras (Kegel, 1957) é constituída por sedimentos de carácter continental, pouco consolidados, que recobrem discordantemente as formações mais antigas da área. Apresenta-se de forma distinta nas proximidades da cidade do Recife (norte da área) e nas proximidades do Cabo de Santo Agostinho (sul da área).

Na porção norte da área, a Formação Barreiras ocorre sob a forma de tabuleiros, que circundam a planície quaternária onde se localiza a cidade do Recife, até o distrito de Ponte dos Carvalhos (município do Cabo de Santo Agostinho). Ao sul da área, entre a praia do Paiva e o Cabo de Santo Agostinho, apresenta-se de forma mais descontínua, com as camadas basculadas para leste.

Em 1964, Bigarella e Andrade identificaram duas unidades fundamentais, separadas por uma disconformidade, que denominaram de Formação Guararapes (inferior) e Formação Riacho Morno (superior). Esses autores propuseram então, alçar a unidade a uma categoria superior, denominando-a de Grupo Barreiras. Esta nomenclatura foi amplamente adotada, passando a abranger de forma pouco discriminada, todos os sedimentos inconsolidados pós-cretáceos e pré-holocênicos, reconhecidos na costa brasileira, desde a foz do Amazonas até o Rio de Janeiro.

Alheiros et. al. (1988), reavaliaram a categoria estratigráfica da unidade, classificando-a de Formação Barreiras. Estes autores realizaram um estudo faciológico na Bacia Pernambuco-Paraíba a norte da cidade do Recife, e atribuíram uma deposição dos sedimentos dentro de um sistema deposicional fluvial do tipo entrelaçado ("braided"), integrando fácies de leques aluviais a oeste com uma fácies de marcada influência litorânea a leste, que denominaram de flúvio-lagunar.

Na Folha Recife, o afloramento típico desta formação ocorre nos Montes Guararapes, o qual se caracteriza por apresentar um sub-arcósio, de cores fortes e variegadas, com grãos moderadamente selecionados, baixo grau de arredondamento, mostrando granodecrescência ascendente e estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, geralmente de alto ângulo. Entre esses depósitos típicos de canais entrelaçados, destacam-se barras longitudinais, de espessura considerável, com estratificação tabular e planar de alto ângulo.

Ocorrem, ainda, níveis de paleossolos, sendo comuns pavimentos de seixos de quartzo sub-arredondados a sub-angulosos, além de estruturas de corte-e-preenchimento, algumas delas formadas por canais de grandes proporções.

Nesta fácies, a razão areia/lama permanece bastante alta, porém são comuns as intercalações com níveis siltico-argilosos de pequena espessura, que foram associados a fases de enchentes, com transbordamento de canais e instalação temporária de planícies de inundação.

IV - SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA

4.1 Introdução

Constatou-se nos últimos vinte anos que as oscilações do nível do mar durante o Quaternário foram de fundamental importância para a evolução das planícies costeiras brasileiras. Entretanto, até a década de 60, pesquisas geológicas sobre flutuações do nível marinho durante o Quaternário eram muito escassas no Brasil, como destacado por Suguio (1977 apud Suguio et al., 1985).

A partir da segunda metade da década de 70 diversos trabalhos abordando esta questão foram realizados no país, entre eles destacam-se: Martin & Suguio (1976), Suguio & Martin (1976), Martin et al. (1978), Bittencourt et al. (1979), Martin et al. (1981), Martin et al. (1983), Dominguez et al. (1990).

Desde então, os depósitos quaternários costeiros têm sido tratados de forma diferenciada por alguns pesquisadores, tentando-se assim, como bem observou Martin (1986), afastar a falsa idéia de monotonia litoestratigráfica destas regiões, que na maioria dos mapas geológicos brasileiros são associados a "...depósitos aluviais e costeiros de areias inconsolidadas..." .

Suguio et al. (1985) chamam a atenção para o fato da impossibilidade de se definir uma curva mundial de flutuações do nível do mar durante o Quaternário (e em especial para o Holoceno), podendo-se, assim, estabelecer curvas locais ou regionais. Com base neste importante fato, propuseram um esquema de evolução das planícies litorâneas brasileiras a partir de observações executadas na costa do estado da Bahia. Na concepção destes autores, tal esquema evolutivo se aplica perfeitamente ao trecho do litoral brasileiro compreendido entre Macaé-RJ e Recife-PE (Figura 8).

O esquema de evolução paleogeográfica mostrado na Figura 8 está diretamente relacionado a dois grandes episódios transgressivos denominados por Bittencourt et al. (1979) de Penúltima Transgressão (120.000 anos A.P.) e Última Transgressão (5100 anos A.P.) .

São identificados ao longo do litoral do Rio Grande do Sul, dois níveis marinhos altos mais antigos que 120.000 anos A.P., sendo relacionados a eventos ainda mal definidos (Suguio et al. ,1985).

Figura 8. Estágios evolutivos de sedimentação costeira durante o fim do Terciário e o Quaternário ao longo da costa brasileira (trecho compreendido entre Macaé-RJ e Recife-PE. Fonte: Suguio et al., 1985)

Um evento transgressivo foi bem caracterizado no litoral dos estados da Bahia e Sergipe, sendo conhecido sob a designação de Transgressão Antiga (Bittencourt et. al., 1979).

No Estado de Pernambuco o estudo das formações quaternárias sempre ocorreu de forma bastante modesta, estando na maioria das vezes relacionados aos recifes de corais e bancos de arenito (Dominguez, 1990).

Carvalho & Coutinho (1979) realizaram um dos trabalhos pioneiros desta nova fase de estudos sobre o Quaternário de Pernambuco. Foi na Lagoa Olho d'Água (município de Jaboatão-PE), onde tentaram interpretar os diversos eventos deposicionais ocorridos nesta área, principalmente durante o Pleistoceno Superior - Holoceno.

Seguiram-se os trabalhos de Coutinho & Farias (1979), Mabesoone (1987), Amaral et al. (1990), Dominguez et al. (1990), Neumann (1991), Sampaio (1991) e Medeiros (1991).

4.2 Depósitos Quaternários da Área

4.2.1 Terraços Marinhos

São reconhecidos dois conjuntos de terraços arenosos marinhos de características geomorfológicas e sedimentológicas distintas, os quais podem ser correlacionados aos terraços pleistocênicos e aos terraços holocênicos (Martin et al, 1983). Estes dois conjuntos estão, segundo o modelo de evolução paleogeográfica dos depósitos quaternários, associados a dois eventos transgressivos, respectivamente, a Penúltima e a Última transgressão (Bittencourt et al, 1979).

4.2.1.1 Terraços Marinhos Pleistocênicos

Ocorrem na porção mais interna da planície costeira, ora no sopé das formações mais antigas, ora isolados nesta planície. Apresentam-se descontínuos, de forma variável, mais ou menos paralelos à linha de costa, de largura média de 0,5-1 km, com altitude atingindo até 8 m. Estes depósitos são constituídos por areias quartzosas inconsolidadas.

Como os terraços holocênicos, grande parte destes depósitos encontra-se ocupado pela exploração imobiliária (loteamentos), ou pela retirada de material (para construção civil).

Nas porções mais interiores da área, o solo da Formação Beberibe é constituído por areias quartzosas inconsolidadas, aparentemente em forma de terraços, os quais podem ser confundidos com os depósitos dos terraços pleistocênicos, sendo a distinção entre as duas unidades realizada principalmente a partir da análise altimétrica (os depósitos da Formação Beberibe são observados em cotas geralmente entre 20 a 40 m).

4.2.1.2 Terraços Marinhos Holocênicos

Estes depósitos ocorrem preenchendo a porção externa da planície costeira, sendo reconhecidos em toda a extensão da área estudada, em forma de corpos alongados, mais ou menos contínuos, paralelos à linha de costa, de largura variável, em média de 0,5-1 km, diminuindo para poucos metros de largura nas proximidades das falésias vivas. Ocorrem geralmente com altitudes médias de 1-3 m, sendo constituídos, essencialmente, por areias quartzosas inconsolidadas.

A característica marcante destes depósitos é a presença na sua superfície, de antigos cordões litorâneos, pouco espessos, os quais são bem reconhecidos tanto em campo como em fotografias aéreas.

4.2.2 Depósitos de Mangues

Todos os rios que compõem a região em questão possuem curso totalmente perene e o clima de suas bacias é do tipo tropical úmido, com estação chuvosa correspondendo ao outono e ao inverno e com estação seca pouco acentuada, correspondendo ao clima As' e Am's da classificação de Koeppen (SUDENE, 1973). A precipitação pluviométrica anual oscila em torno de 2.000 mm.

Os mangues são definidos como um sistema ecológico tropical costeiro, com substrato lamacento, fauna e flora típicas e distribuição geográfica pantropical e subtropical (Lacerda, 1987). São sistemas de água semi-fechados, cujos fatores físicos resultam da mistura de águas doces e salgadas, daí a conseqüente riqueza de nutrientes e alta produtividade das águas, sendo essa a principal característica deste ambiente.

Morfologicamente, os mangues acham-se limitados às planícies costeiras inferiores, representando áreas de transição entre o oceano e o continente (Foto 3).

Na sua quase totalidade, são constituídos de depósitos recentes, argilosos de coloração cinza-escuro a preto.

Os bancos de vasas aparecem nas margens e na foz dos rios, devido ao efeito da floculação e da decantação, por ocasião das preamares.

Do ponto de vista ecológico, a vegetação, constituída predominantemente de *Rizophora mangle* proporciona alimentos e retém detritos; serve de obstáculo à força das marés e ao fluxo de água doce, sendo por isso possível a deposição de sedimentos que contribuem para produzir superfícies de lama que ficam descobertas durante a maré baixa e servem de habitat a muitos animais, principalmente crustáceos, poliquetas e lamelibrânquios (Lacerda, 1987). A vegetação ainda suporta grandes concentrações de sal.

Existe uma estreita relação entre os processos de sedimentação e a sucessão vegetal, concluindo-se daí que uma alteração do padrão normal de sedimentação, poderá acarretar conseqüências consideráveis para a flora.

O estudo dos sedimentos dos estuários mostra que os leitos dos cursos de água são constituídos sobretudo de areia grossa passando a sedimentos finos nas margens, especialmente argilas de coloração escura, com acentuado odor fétido devido ao gás sulfídrico que contém (Coelho, 1969).

Do ponto de vista químico observa-se a pequena proporção de calcário em relação a de matéria orgânica, formada principalmente por fibras vegetais, algas filamentosas e diatomáceas (Coelho, op. cit.).

Os sedimentos das zonas de manguezais caracterizam-se por encerrarem areias muito finas, silte e argila. A porcentagem de areia nesses sedimentos, considerando-se a camada superficial de uma área perpendicular à margem, diminui gradualmente do ponto mais alto (nível das maiores marés), até o nível do zero hidrográfico. Assim tem-se areia quase pura no ponto mais elevado, e praticamente apenas partículas finas (argila e silte) no nível do zero hidrográfico. No entanto, esses valores podem variar um pouco em relação a situação do ponto analisado e sua localização no estuário

Foto 3. Vista geral dos manguezais nas proximidades da praia de Porto de Galinhas.

Nos mangues encontrados na planície do Recife, a fração arenosa é composta predominantemente de quartzo, com pouca mica e alguns minerais pesados. A fração argilosa é composta essencialmente por caulinita, illita e esmectita, sendo este resultado obtido em estudos no rio Beberibe (Coutinho, 1980). De um modo geral os sedimentos apresentam biodetritos que são responsáveis pela ocorrência de carbonato de cálcio (CaCO_3).

Na Folha Recife, ocorrem depósitos de mangues nos seguintes estuários (FIDEM, 1987):

- Estuário do rio Beberibe, localizado na divisa dos municípios de Olinda e Recife (área atual insignificante, devido principalmente aos aterros e desmatamentos);
- Estuário dos rios Capibaribe, Jiquiá e Tejió, os quais compartilham da mesma foz, situada no município do Recife (área atual insignificante, devido a aterros e desmatamentos);
- Estuário dos rios Jaboatão e Pirapama, na divisa dos municípios de Jaboatão dos Guararapes e do Cabo de Santo Agostinho, ocupando uma área de 1284 ha.;
- Estuário dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe, localizado a sul do Cabo de Santo Agostinho, no município homônimo (2847 ha.);

4.2.3 Depósitos Atuais de Praia

Estes depósitos ocorrem diretamente na linha de praia, reconhecidos em toda extensão da área estudada, apresentando-se como faixa estreita, o que, por vezes, dificulta sua representação cartográfica. São constituídos de areias quartzosas bem selecionadas, inconsolidadas, sofrendo contínuo retrabalhamento do mar.

Na área, foram observados alguns trechos onde ocorrem pequenas acumulações eólicas (microdunas), como, por exemplo, nas praias do Pina (Recife) e de Itapuama (nas proximidades do Cabo de Santo Agostinho).

4.2.4 Arenitos de Praia e Recifes de Corais e Algas Coralinas

Um dos traços morfológicos mais característicos do litoral do Nordeste é a presença de linhas de recifes de arenito ou conglomerado ("beach rocks") paralelos à linha de costa.

Os primeiros estudos realizados sobre corpos recifais no Nordeste brasileiro devem-se a Darwin (1841), Hartt (1870), Branner (1904) e Moraes (1928).

Ao longo de vários trechos do litoral de Pernambuco, e em especial no litoral sul do Estado, aparecem diversos destes corpos. Podem ser citadas as ocorrências da Praia da Gamboa, ao sul do Cabo de Santo Agostinho e das praias do Toco, Pau Alto e Toquinho, localizadas entre os rios Maracaípe e Sirinhaém (Foto 4).

Ottmann (1960 apud Coutinho & Farias, 1979) comparando o teor de matéria orgânica dos recifes e das praias, concluiu que os atuais recifes foram depositados em profundidade de 1 a 2 metros, sendo posteriormente consolidados.

Mabesoone (1964), em estudos nos recifes de arenito de Pernambuco menciona como características gerais desses corpos, as suas exposições na baixa mar ou mesmo, em alguns casos, ligeiramente acima do nível médio marinho atual, normalmente formando duas ou três faixas paralelas ao litoral, apresentando em média 20-60 metros de largura por 3 a 4 metros de espessura, sendo constituídos por areias com 20 a 80 % de quartzo e o restante sendo representado, principalmente, por fragmentos de moluscos e algas

Coutinho & Farias (1979) visando um melhor conhecimento da origem desses arenitos, examinaram a natureza do cimento que os constituem e concluíram que o agente cimentante principal é a calcita, tendo verificado ainda diferenças entre as duas linhas de recifes existentes na costa de Pernambuco, que são dadas pelo desaparecimento da aragonita e do magnésio da calcita.

Assis (1990) resumiu as diferentes hipóteses que envolvem a origem (orgânica ou inorgânica) do material cimentante dessas rochas, bem como os processos que controlam sua precipitação

Foto 4. Vista geral da desembocadura dos rios Tatuoca¹ e Massangana², ao sul do Cabo de Santo Agostinho³. A porção central da foto mostra a Ilha de Cocaia⁴ e na porção superior observa-se parte da linha de recifes⁵, que se estende rumo ao Porto de Suape (ao sul).

Com relação aos arenitos de praia do litoral sul de Pernambuco, Assis (op.cit.) verificou que existe mais de uma geração de cimento nesses corpos, tendo identificado nos mesmos três microfácies diagenéticas. Este autor não chegou a uma conclusão definitiva quanto à origem da primeira destas microfácies, enquanto que para a segunda e terceira microfácies os resultados apontaram para uma precipitação inorgânica.

Os recifes de corais e de algas coralinas da costa pernambucana formam corpos calcários, de provável idade holocênica, geralmente alongados e descontínuos (a exemplo do que ocorre com os recifes de arenito) e com eixo maior paralelo à atual linha de costa.

Morais (1928) observou na costa sul de Pernambuco, a ocorrência desses corpos sotopostos e sobrepostos aos "beach rocks", que julgou serem contemporâneos aos de corais. Este autor identificou as seguintes espécies de corais: *Porites verilli*, *Favia grvida* e *Millepora alcicornis*.

Apresentam-se, via de regra, com topos aplainados, conseqüência da erosão verificada nas partes mais altas destes recifes quando expostos subaereamente durante a regressão que sucedeu a Última Transgressão (Leão et al., 1985).

As dimensões individuais desses corpos variam de menos de 1 Km até cerca de 4 Km de comprimento, nos recifes próximos a praia. Já os recifes submersos, fora da linha de costa, chegam a alcançar 10 km de extensão. A localização e a morfologia geral desses corpos recifais sugerem uma estreita relação com os bancos de arenito que estão associados (Dominguez et al., 1990).

Laborel (1965) comprovou ser pequeno o número total de espécies de corais encontradas no Brasil, tendo identificado e descrito 18 espécies. Deste total, 9 espécies foram verificadas na costa pernambucana.

Apresentam-se como uma linha recifal composta, orientada por linhas sucessivas de corpos alongados, com embasamento de rochas praias, interrompidas nas vizinhanças das desembocaduras dos rios, ou barras.

São reconhecidos recifes mortos ou vivos de corais e algas calcárias, capeando substrato litificado, podendo apresentar uma fanerógrafa marinha. Nódulos de algas calcárias livres também podem ser observados.

Estes recifes tem uma estrutura coralínea (corais e algas calcárias incrustantes do grupo *Melobesia*, estabelecidos sobre um embasamento de rochas praias). As partes expostas à baixa-mar (sul da área) apresentam uma superfície aplainada, muito pobre de vida, principalmente com revestimento de algas moles e pouco desenvolvidas. Os recifes submersos apresentam uma densa cobertura algal com predominância de *Chlorophyceae* e de *Pheophyceae*.

Blocos de algas calcárias livres são encontrados atrás dos recifes, rumo à costa, formando nódulos de pequenos blocos (10-15 cm em média), os quais são acumulados sobre o fundo.

V - GEOMORFOLOGIA

5.1 Generalidades

As feições geomorfológicas de uma região são o produto da interação entre fatores litoestruturais e morfoclimáticos, que determinam a evolução geomorfológica da área (Tricart, 1959).

O primeiro destes fatores, o litoestrutural, determina a natureza e a disposição das rochas nas quais agem a erosão e a denudação. A evolução geológica da região justapõe duas grandes unidades: as formações ígneas e metamórficas pré-cambrianas e os sedimentos cretáceos depositados na faixa litorânea. Após um longo hiato deposicional, os sedimentos acumulados no Neógeno e Pleistoceno aparecem com uma contribuição marcante para o quadro morfo-estrutural da área.

Os sistemas morfoclimáticos e os detritos associados permitem o conhecimento do significado paleoclimático das formações detríticas antigas. A faixa litorânea do Estado de Pernambuco apresenta atualmente condições climáticas que favorecem a atuação de um forte intemperismo químico sobre as rochas. Essas alterações diferenciais nas rochas do embasamento cristalino atingem sua intensidade máxima, transformando uma rocha coerente em material móvel, rico em argila. As rochas cristalinas são, muitas vezes, alteradas até 30 m de profundidade. Os fenômenos de alteração permanecem bem atuantes sobre todas as outras formações geológicas da área.

As feições geomorfológicas atuais dependem destes fenômenos de alteração. Os processos que contribuem no modelamento do relevo são o rastejamento e o escorregamento. O rastejamento é muito lento, pois não impede a formação do solo, ocorrendo principalmente sobre as rochas pré-cambrianas. Os escorregamentos são mais rápidos, sendo mais observados nas encostas dos tabuleiros areno-argilosos.

Uma expressiva parcela das formas do relevo atual são relíquias deixadas por etapas morfogenéticas anteriores. Deste modo, é preciso reconstituir essas etapas, especialmente após o fim do Paleoceno, para o reconhecimento das heranças que influenciam na evolução geomórfica recente (Mabesoone, 1987).

5.2 Evolução Geomorfológica Regional

O relevo do nordeste brasileiro pode ser dividido em vários compartimentos, cujas superfícies correspondem a ciclos de agração e degradação.

O aplainamento geral da região ocorreu antes do início da Reativação Wealdeniana, no Jurássico inferior a médio, sendo conhecido por Superfície Pd_3 (Bigarella e Ab'Saber, 1964), ou Superfície Gondwana (Mabesoone e Castro, 1975). Essa superfície é encontrada a partir dos 1.000 m de altitude.

Entre o Albiano e o Oligoceno ocorreu um arqueamento da região, associado à Orogênese Andina (Mabesoone e Castro, 1975). A este aplainamento, conhecido como Superfície Sulamericana (King, 1956) ou Pd_2 , segundo Bigarella e Ab'Saber (1964), correspondem dois níveis: Cariris Velhos e Borborema, estando situados entre 400 e 900 m.

Num terceiro estágio, durante o Pleistoceno inferior, elaborou-se outra superfície, devido a degradação da Superfície Sulamericana e a exumação de várias áreas da Superfície Gondwana. Essa superfície representa o aplainamento geral da região, sendo que, para o interior é conhecida como Superfície Sertaneja e, no litoral, por Superfície dos Tabuleiros, ou Pd_1 , de acordo, respectivamente, com a classificação dos autores citados, possuindo entre 40 e 400 m.

Embutidos nessa superfície, encontram-se nos vales fluviais e no litoral, os níveis que correspondem a um ciclo polifásico: o Ciclo Polifásico Paraguaçu, que corresponde aos P1 e P2 de Bigarella e Ab'Saber (1964). Segundo Mabesoone e Castro (1975), o Ciclo Polifásico Paraguaçu divide-se em terraço médio (7-8 m) e terraço superior (15-16 m).

Na área, encontram-se as Superfícies dos Tabuleiros e os dois níveis de terraços (inferior e médio) pertencentes ao Ciclo Polifásico Paraguaçu.

5.3 Compartimentação Geomorfológica da Área

A compartimentação geomorfológica da área compreende as unidades abaixo relacionadas, apresentadas no mapa anexo:

- a) Modelado Cristalino
- b) Tabuleiros Costeiros
- c) Domínio Colinoso

d) Planície Costeira

- Terraços fluviais
- Terraços marinhos superiores
- Terraços marinhos inferiores
- Baixios de marés
- Alinhamentos de cordões litorâneos e flechas litorâneas

e) Bancos de arenito e recifes de corais

5.3.1 Modelado Cristalino

Esta unidade ocorre em pequenos trechos restritos ao extremo oeste da área, correspondendo do ponto de vista geológico, ao embasamento cristalino, que é representado na área por rochas graníticas, gnáissicas e metassedimentares, de idade pré-cambriana.

O relevo predominante é de colinas, com morfologia irregular, apresentando cotas quase sempre superiores a 100 m.

Devido à descida em degraus e patamares ligeiramente paralelos à costa, além da cobertura por depósitos de piemonte, o relevo da área cristalina, embora típico, não apresenta contatos muito visíveis com a depressão periférica pré-litorânea, nem com os depósitos Barreiras que a cobrem (Magno, 1989).

O relevo de colinas provavelmente formado sob condições paleoclimáticas úmidas, exibe uma extensa e espessa capa de regolito. A profundidade deste regolito muitas vezes torna o relevo plano, suavizando as encostas convexadas, produzindo feições conhecidas como "chãs", em cujas encostas predominam os processos de rastejamento e coluvionamento. Os vales fluviais encontrados nesta unidade são de fundo chato e colmatados por material arenoso.

5.3.2 Tabuleiros Costeiros

Os tabuleiros costeiros são feições geomorfológicas cuja denominação, extraída da nomenclatura popular regional, foi mantida tendo em vista que representa de maneira satisfatória a sua morfologia.

São constituídos por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, uma das mais extensas ocorrências sedimentares da costa brasileira, depositados

principalmente no Plio-Pleistoceno, e que se estendem desde o Rio de Janeiro até o Pará, penetrando pelo vale do rio Amazonas. No Estado do Pará, a Formação Barreiras teve sua deposição iniciada no Mioceno.

Os tabuleiros representam um vasto glacis detrítico, de altitudes geralmente situadas entre 40-100 m, sulcados pela drenagem, com interflúvios de topos aplainados, sendo estas características marcantes na unidade (Foto 5).

Nos sopés dos tabuleiros costeiros estende-se um material coluvial proveniente da degradação destes mesmos tabuleiros e cuja morfologia em pendente suave deu origem à denominação Rampas de Colúvio.

A construção destes depósitos deve-se a processos atuais e sub-atuais, estando intimamente relacionada a fatores litológicos e climáticos. Os processos morfogenéticos característicos dos climas quentes e úmidos são os responsáveis pela mobilização dos sedimentos da Formação Barreiras, que constituem os tabuleiros, cuja natureza areno-argilosa contribui para facilitar o ataque da erosão e conseqüente transporte. Este material é depositado após os mais variados tipos de movimentos de massa: corrida de lama, corrida de detritos, reptação, desmoronamentos e, principalmente, por solifluxão (Magno, 1989).

As rampas de colúvio, subproduto do retrabalhamento dos tabuleiros costeiros, têm o agravante da possibilidade mais imediata de evacuação de seus sedimentos, uma vez que se trata de material já mobilizado e em posição de declive, o que facilita a ação da gravidade. Estendem-se por grande parte da área, atingindo, no máximo, 50-60 m de largura e 30-40 m de espessura.

Os maiores deslizamentos de terrenos encontrados na área ocorrem nestes sub-compartimentos dos tabuleiros costeiros, que são aproveitados para a exploração do material areno-argiloso da Formação Barreiras (Foto 6).

Foto 5. Vista geral dos Tabuleiros da Formação Barreiras na porção norte do Município do Recife.

Foto 6. Rampas de Colúvio da Formação Barreiras na região do Cabo de Santo Agostinho.

5.3.3 Domínio Colinoso

Este compartimento geomorfológico é encontrado onde ocorrem as formações geológicas cretácicas existentes na área, apresentando cotas situadas entre 10 a 40 m.

A morfologia desta unidade é caracterizada pela presença de colinas suaves e mais ou menos arredondadas, geralmente de pequena extensão. As encostas são geralmente convexas, quando associadas às formações mais argilosas (Formação Cabo, principalmente) e côncavas, quando associadas às formações mais arenosas (Formação Beberibe, principalmente). Os vales têm geralmente a forma em U.

Pode ocorrer entre os tabuleiros costeiros e os vales dos principais rios, podendo seus topos estarem capeados por podzol, formado essencialmente por areias brancas bastante lixiviadas, de granulometria geralmente fina, característica esta que foi utilizada, inclusive, no mapeamento, tanto geológico, como geomorfológico. Por outro lado, este compartimento geomorfológico pode se apresentar também de forma individualizada e saliente no terreno, destacando-se da morfologia local.

5.3.4 Planície Costeira

As planícies costeiras, elaboradas durante o Quaternário, constituem uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, tendo em vista representarem um ambiente de transição entre os fenômenos continentais e marinhos.

Neste trabalho, optou-se pela divisão desta unidade em cinco sub-compartimentos distintos, mapeáveis na escala de 1:100.000, descritos a seguir.

5.3.4.1 Terraços Fluviais

Ocorrem principalmente nos vales dos principais rios, em cotas que raramente ultrapassam os 10 m.

A formação destes terraços está ligada às regressões marinhas quaternárias, quando o recuo do mar permitiu a deposição de sedimentos trazidos pelos rios, devido ao aumento do gradiente continental, com a retomada da erosão e

gerando terraços fluviais que, de uma maneira geral, são perpendiculares à linha de costa e paralelas aos leitos dos rios.

Os terraços fluviais são representados por uma morfologia plana, de cotas bastante baixas, sendo predominantes as cotas de 2-3 m, constituídas por depósitos essencialmente arenosos, de granulometria fina a média, ocorrendo encaixados em vales que podem atingir até 1 km de largura.

Vale salientar que na área foram observados níveis de paleoterraços com cotas próximos dos 100 m, representados por pavimentos de seixos de quartzo decimétricos, encontrados nos tabuleiros da Formação Barreiras.

5.3.4.2 Terraços Marinhos Superiores

Nessas planícies costeiras encontram-se dois níveis de terraços marinhos elaborados durante as oscilações do nível do mar no Quaternário. Deve-se salientar que terraços marinhos são aquelas porções do terreno, mais ou menos paralelas à linha de costa, possuindo um topo aplainado e um rebordo abrupto que se mantém livre das investidas do mar, permanecendo enxutas mesmo durante as marés mais altas.

Os terraços superiores, elaborados durante a regressão que se sucedeu após o máximo da penúltima transgressão marinha (Bittencourt, 1979), de provável idade pleistocênica, apresentam-se em geral descontínuos, mais ou menos alongados e paralelos à linha de costa, no sopé das formações geológicas mais antigas. Estes terraços têm larguras médias de 10 m, podendo alcançar até cerca de 200 m. Em toda a área, os terraços marinhos superiores alcançam altitudes de 8 m.

5.3.4.3 Terraços Marinhos Inferiores

Estes terraços desenvolveram-se na última regressão marinha, após retrabalhamento do relevo então existente na última transgressão e erodindo parcialmente os terraços marinhos pleistocênicos.

Este sub-compartimento apresenta uma geometria mais regular com relação àquela observada no anterior, sendo em geral, alongados, paralelos à linha de costa, com altitude média de 1-3 metros. A largura destes terraços é variável, ocorrendo desde 100 m até cerca de 1,5 km (Foto7).

Foto 7. Vista de um Terraço Marinho Inferior¹ (holocênico) na praia da Gamboa. Na porção superior, à esquerda da foto, observa-se uma linha de Bancos de Arenito², que se estende até o Cabo de Santo Agostinho (a norte).

5.3.4.4 Baixios de Maré

Este sub-compartimento é encontrado nas áreas onde o gradiente de declividade é quase nulo, estando, portanto, sujeito à ação das marés. Devido à topografia, estas áreas são ambientes favoráveis aos processos de sedimentação flúvio-marinha. Os solos com alto teor de salinidade, as águas mornas e salobras, e o constante fluxo das marés permitem o surgimento de uma vegetação típica, denominada de manguezal.

Contudo, na área estudada, a ação antrópica está acelerando acentuadamente os processos de assoreamento característicos deste ambiente, devido aos constantes aterros realizados nos terrenos de mangues, provocados pela expansão urbana desordenada observada na Região Metropolitana do Recife.

Intercaladas nesses baixios de maré, ou entre eles e alguns terraços marinhos, podem-se encontrar pequenas salinas, inundáveis na maré alta, e que na baixa-mar apresentam altos teores de salinidade, impedindo o avanço da vegetação dos mangues.

5.3.4.5 Flechas Litorâneas e Alinhamentos de Cordões Litorâneos

Inseridos em alguns terraços holocênicos, encontram-se marcas de antigos alinhamentos de cordões litorâneos, cuja gênese está relacionada ao encontro de águas fluviais em desembocaduras de rios, com as correntes de deriva litorânea, no caso de direção geral S-N, acarretando um obstáculo que poderá bloquear o transporte de sedimentos, proporcionando um "efeito de molhe" (Komar, 1973; in: Amaral et al, 1990). Com o passar do tempo, havendo sempre um saldo positivo em favor da sedimentação, o traçado do rio será progressivamente modificado, na tentativa de desviar-se dos obstáculos que foram formados à frente de sua desembocadura. As formas de relevo que são construídas, inicialmente apresentar-se-ão como flechas e cordões, podendo o crescimento destes cordões arenosos fechar a foz de alguns rios, dando condições para o surgimento de algumas lagunas.

Nas cavas formadas entre as cristas destes cordões arenosos, podem se instalar pequenos riachos ou lagunas alongadas, que se estendem por até 4 km. As larguras destes cordões são, em média, de 10-20 m, sendo encontrados de maneira

praticamente contínua, interrompidos pelas desembocaduras dos rios da área. Na área, os alinhamentos destes cordões litorâneos ocorrem dispostos paralelamente à linha de costa.

5.3.5 Bancos de Arenito e Recifes de Corais

Em diversos trechos do litoral de Pernambuco ocorrem bancos de arenito formando feições lineares que se estendem, às vezes continuamente, por cerca de 10 km (Dominguez et al, 1990). Esses bancos afloram na baixa-mar, sendo que alguns podem ser vistos ligeiramente acima do nível médio do mar. Ocorrem dispostos paralelamente ao litoral por longos trechos, normalmente formando duas ou três faixas de bancos, apresentando em média 20-60 cm de largura por 3-4 m de espessura (Mabesoone, 1964). Em alguns locais, eles aparecem diretamente na face da praia. Segundo Mabesoone (op. cit.), alguns destes bancos ainda estão em formação, como é o caso da praia de Bairro Novo, em Olinda.

Os recifes de corais constituem geralmente corpos alongados, descontínuos, com o eixo maior paralelo à linha de costa. As dimensões individuais desses corpos recifais variam de menos de 1 km de comprimento até cerca de 4 km, nos recifes mais próximos à praia. A profundidade das águas circundantes raramente ultrapassa os 10 m.

A fauna coralina responsável pela construção desses corpos recifais é pobre em número de espécies, devido principalmente ao clima úmido, águas muito turvas, além de uma tectônica mais suave, em contraste com o Oceano Pacífico (Petri, comunicação verbal). Das dezoito espécies de corais descritos para os recifes brasileiros, apenas nove estão referidas nos recifes da costa pernambucana (Dominguez et al, 1990).

Estas duas construções geomorfológicas, os bancos de arenito e os recifes de corais, assumem um papel destacado no litoral pernambucano, pois funcionam como um anteparo natural às investidas das ondas sobre estas áreas costeiras, que se tornam, conseqüentemente, mais preservadas em relação à erosão marinha.

VI - ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA FOLHA RECIFE

6.1 Compartimentação Geoambiental da Área

As zonas costeiras constituem 1,6% da superfície das terras emersas, abrigando cerca de 60% da população mundial, sendo as áreas mais afetadas pela ação do homem (UNESCO, 1993). Estas zonas apresentam uma grande fragilidade e vulnerabilidade às intervenções antrópicas, decorrentes da complexidade de ambientes resultantes da interação terra-mar.

A costa do Estado de Pernambuco apresenta graves problemas ambientais, devido, em grande parte, à ocupação urbana desordenada ocorrida principalmente nos últimos 30 anos (Fotos 8 e 9).

Os diversos aspectos geoambientais observados na Folha Recife foram avaliados e correlacionados, tendo sido definidos grupos de uso potencial, de acordo com sua importância e suscetibilidade, segundo a classificação de Clark (1977).

Desta forma, foram identificadas na Folha Recife três áreas de características distintas: Desenvolvimento, Conservação e Preservação. Seis fatores foram utilizados na distinção destas áreas:

- a) Importância ecológica da área, com relação principalmente aos tipos de fauna e flora existentes, e sua tolerância às alterações do meio provocadas pelas intervenções antrópicas;
- b) Presença de corpos de água adjacentes;
- c) Aptidão agrícola e geotécnica dos solos existentes;
- d) Suscetibilidade da área a inundações e deslizamentos;
- e) Importância arqueológica (histórica e pré-histórica) e histórica da área;
- f) Características ambientais particulares, as quais devem ser asseguradas por proteção governamental.

Foto 8. Imagem de satélite mostrando parte dos municípios de Recife e Olinda, em 28/07/84.

Foto 9. Imagem de satélite mostrando parte dos municípios de Recife e Olinda, em 21/04/91. Observa-se, em relação à imagem anterior (Foto 8), um aumento significativo da área urbana (aproximadamente 15%).

Esta classificação elaborada a partir da metodologia desenvolvida por Clark (1977), é baseada no conceito de capacidade de suporte (carrying capacity), que é o limite da quantidade de vida que um habitat específico é capaz de suportar, ou o potencial de ocupação de um ambiente.

Neste trabalho, foi possível reconhecer unidades geológico-geomorfológicas, com características distintas, facilitando a interação com os demais aspectos ambientais (principalmente tipos de solo, hidrografia, vegetação e atividades antrópicas).

A tabela 1 mostra as unidades geoambientais observadas na área, definidas de acordo com os seus respectivos usos potenciais. O zoneamento geoambiental da Folha Recife, com base na metodologia desenvolvida por Clark (1977), é apresentado no mapa em anexo.

6.2 Principais Problemas Geoambientais da Folha Recife

Com relação aos principais problemas geoambientais encontrados na Folha Recife, podem ser destacados:

6.2.1 Intervenções indiscriminadas em Zonas Úmidas

Devido à localização e a fragilidade do ecossistema, as zonas úmidas constituem ambientes altamente vulneráveis às influências e pressões humanas (Coutinho, 1980).

Diversas atividades antrópicas afetam as zonas úmidas, e podem ser divididas em dois tipos: primeiro, a super-exploração dos recursos tradicionalmente extraídos do ecossistema e, segundo, atividades não relacionadas com o uso dos recursos renováveis dos mangues (Lacerda, 1987).

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	RELEVO	DECLIVIDADE	GEOLOGIA	HIDROGEOLOGIA/HIDROGRAFIA	PEDOLOGIA	VEGETAÇÃO	DINÂMICA AMBIENTAL	USO POTENCIAL
MODELADO CRISTALINO	Fortemente ondulado com cotas geralmente superiores a 100 m	20-55%	Embasamento cristalino (granitos, metassedimentos e gnaisses)	Aqüífero fissural; semi-confinado(cristalino interperizado)	Latossolos vermelho-amarelados distróficos	Resquícios de Mata Atlântica e agricultura	Estável. Suscetibilidade a erosão pluvial (ravinações e escorregamentos)	Desenvolvimento
TABULEIROS (Superfície de Aplainamento)	Plano a suavemente ondulado (40-100m)	0-2%	Formação Barreiras (Sedimentos areno-argilosos)	Aqüífero livre (águas de infiltração)	Latossolos vermelho-amarelados distróficos; areias quartzosas distróficas	Agricultura, resquícios de Mata Atlântica (campos de cerrado)	Estável. Suscetível à erosão pluvial nas encostas, com formação de rampas de colúvio	Desenvolvimento
DOMÍNIO COLINOSO	Suavemente ondulado (10-40 m)	2-13%	Fm Cabo; Fm Ipojuca; Fm Algodoads; Fm Beberibe; Fm Gramame	Aqüífero confinado e semi confinado (Fm Beberibe)	Podzólicos, latossolos vermelho-amarelados distróficos, areias quartzosas distróficas	Agricultura	Parcialmente estável forte ação antrópica causada pela retirada de materiais para construção civil	Desenvolvimento
TERRAÇOS FLUVIAIS	Plano com cotas inferiores a 10m	0-2%	Sedimentos aluvionares recentes	Aqüífero aluvionar, escoamento difuso	Aluviais eutróficos	Mata Galeria e agricultura	Estável. Suscetível à erosão pluvial e ao acúmulo de areias.	Conservação
TERRAÇOS MARINHOS	Plano (2-8m)	0-2%	Areias quartzosas inconsolidadas	Aqüífero livre, escoamento difuso com formação de riachos e lagoas	Areias quartzosas distróficas	Arbustiva	Parcialmente estável. processos eólicos de erosão e deposição	Conservação
ZONAS ÚMIDAS	Plano (0m)	0%	Depósitos areno-argilosos com matéria orgânica	Exutório de aqüífero livre e área de recarga de aqüífero semi-confinado	Indiscriminados de mangues, aluviais eutróficos	Vegetação hidrófila (manguezais)	parcialmente estável, circulação de água intensa, formação de depósitos orgânicos	Preservação
DEPÓSITOS PRAIAIS	Plano a suavemente ondulado (0-3m)	0-2%	Areias eólicas e praias recentes	Afloramento de aqüífero livre, escoamento difuso com formação de riachos e lagoas	Areias quartzosas marinhas	Manchas esparsas de restinga rara	Instável, área de transição	Conservação
RECIFES	Plano com superfícies irregulares	0-2%	Areias, praias e construções algálicas	submersos a parcialmente emersos com acúmulo de água de infiltração	---	Algas com predominância de Chlorophyceae e Pheophyceae	Estável. Suscetível à erosão pluvial e marinha	Preservação

Tabela 1. Quadro representativo das Unidades Geoambientais da área.

Nos manguezais estudados, é notório o desmatamento clandestino em larga escala para utilização da madeira, principalmente como fonte de combustível. A destruição das árvores provoca uma reação em cadeia, que se inicia com a oxidação do sedimento e a conseqüente lixiviação dos nutrientes, passando pela erosão gradativa do substrato. Outras atividades também podem causar os mesmos efeitos, entre elas a alteração da rede de drenagem a jusante do mangue ou em seu interior através de dragagens destinadas a evitar inundações locais, ou ainda pelos aterros e canalizações (Foto 10).

A instalação de áreas de desenvolvimento urbano ou industrial implica necessariamente em desmatamentos e alteração na rede de drenagem, bem como na poluição pelos dejetos. Isto acarreta mudanças físico-químicas no ambiente, influenciando no comportamento do ecossistema através das reações físico-químicas desencadeadas, com conseqüente variação na composição química dos nutrientes. A mineração e a construção das salinas também estão intimamente associadas ao desmatamento e a mudanças químicas do solo, alterando principalmente o pH, tornando-o mais ácido, diminuindo desse modo a produtividade do mesmo (Lacerda, 1987).

A análise realizada, comparando-se as fotografias aéreas de 1974 e 1989, permitiu constatar a presença de intenso desmatamento nos mangues da região. Como conseqüência, o assoreamento de áreas próximas e os efeitos erosivos, tanto de origem marinha quanto fluvial, foram acelerados.

Na região, pescadores artesanais continuam suas atividades tradicionais, apesar da rápida expansão da Pesca em escala industrial. Mulheres e crianças de famílias de pescadores coletam manualmente moluscos e crustáceos que, além de reforçarem a dieta alimentar, representam fonte de renda adicional para as famílias. Além da fauna, os habitantes dessas áreas utilizam também a madeira nas construções de casas, pontes, postes, ancoradouros e como carvão.

Foto 10. Aspecto de aterro de manguezais, nas proximidades do Complexo de Salgadinho, município de Olinda.

Do ponto de vista social, a exploração do ecossistema através de complexos turísticos e industriais acarretou a diminuição de parte da dieta desta população, que é diretamente produzida pelo mangue, com a queda na qualidade de vida. Muitos processos migratórios de grupos de baixa renda para áreas urbanas são gerados por esta descaracterização acentuada das áreas de mangue.

Os mangues são as principais zonas úmidas na costa do estado de Pernambuco. Estes ambientes desempenham funções diversas, associadas às suas particularidades hidrológicas. Segundo Coutinho e Moraes (1986), as seguintes funções podem ser destacadas:

- 1) **Proteção do litoral:** os mangues funcionam como áreas de amortecimento para as fortes ondas e marés que atacam a costa, bem como para as enchentes fluviais, através da absorção momentânea do excedente do escoamento. Desta forma, as terras situadas atrás dos mangues encontram-se protegidas;
- 2) **Retenção de sedimentos:** a vegetação densa atua como um filtro natural, retendo os sedimentos, impedindo que o mesmo seja depositado em canais de navegação e portos;
- 3) **Regulamentação físico-química:** as zonas úmidas têm a faculdade de permitir a mistura entre água doce e salgada, equilibrando temperatura, salinidade, pH, entre outros fatores;
- 4) **Produção de nutrientes:** têm uma grande importância biológica, incluindo-se entre os terrenos mais produtivos do mundo, tendo em vista a intensa decomposição de matéria orgânica;
- 5) **Habitat:** as zonas úmidas atendem a um grande número de espécies. Por exemplo, os mangues em contato com estuários e a costa, são essenciais para a vida de numerosas espécies de aves, peixes, invertebrados, etc.;
- 6) **Anti-Poluição:** as zonas úmidas apresentam características particulares, como a presença de sedimentos lamosos, que possibilitam a degradação de elementos poluentes contidos nos rejeitos urbanos e industriais.

Estas propriedades dos mangues são essencialmente devidas a uma importante produção vegetal, à presença de uma forte atividade microbiana, a condições anaeróbicas e a grandes zonas vasosas suscetíveis de acumular elementos nocivos ao homem.

Os mangues podem servir de bacias de oxidação química e biológica, onde as substâncias orgânicas e minerais depositadas são oxidadas, decompostas e transformadas em nutrientes. O oxigênio produzido pela vegetação favorece a decomposição microbiana desses materiais, de modo a possibilitar aos mangues uma importante função de controle da poluição orgânica.

Servem, também, de fixadores de poluentes metálicos. Os hidrocarbonetos acumulados nos sedimentos dos mangues podem ser decompostos por processos bioquímicos. Os organoclorados têm afinidade pelos sedimentos argilosos que se acumulam nos mangues e podem ser decompostos e neutralizados pela atividade bacteriana.

Nos E.U.A., estudos da EPA (Environmental Protection Agency) mostraram que 400 ha de mangues podem depurar os efluentes de N de uma cidade de 20.000 habitantes, sendo também eficazes na absorção do fósforo (Coutinho e Moraes, 1986).

6.2.2 Ocupação de áreas estuarinas

Na região em estudo, os estuários concentram numerosas atividades urbanas e mesmo industriais em áreas reduzidas, provocando profundos impactos no ecossistema através de modificações na geometria dos canais e na qualidade das águas.

De um modo geral, os estuários mais urbanizados e industrializados de Pernambuco apresentam problemas semelhantes, devido à falta de uma gestão mais rigorosa, por parte dos órgãos governamentais, das atividades desenvolvidas nos mesmos.

As modificações da geometria dos estuários são realizadas por dragagens, retificação das margens e aterros. Estes procedimentos devem ser executados de forma cuidadosa, para não acarretar problemas como

assoreamentos de canais, soterramento e destruição do bentos, desaparecimento da vegetação marginal, etc.

Com relação à qualidade da água, deve haver um maior controle dos efluentes urbanos e industriais lançados nos estuários, por parte da CPRH (Companhia Pernambucana de Administração dos Recursos Hídricos e Controle da Poluição Ambiental). Normalmente, os estuários são zonas pobres em oxigênio, com a presença de efluentes urbanos agravando este déficit (Coutinho, 1986). No verão, quando as condições de autodepuração das águas são precárias, podem ocorrer impactos maiores, como, por exemplo, a mortandade dos peixes.

Na Folha Recife, todos estes problemas são observados ao longo das principais áreas estuarinas: do rio Beberibe; dos rios Capibaribe, Jiquiá e Tejió, os quais formam um único estuário; dos rios Jaboatão e Pirapama, que também formam um mesmo estuário; e dos estuários dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe.

O conhecimento das características morfodinâmicas e hidrodinâmicas dos estuários é de fundamental importância para a definição de uma gestão destes ambientes, conduzindo a uma melhor distribuição geográfica das atividades e à elaboração de normas de lançamento de efluentes.

Segundo Ottmann (1979, in: Coutinho, 1986), as autoridades responsáveis pelo gerenciamento costeiro devem observar os seguintes cuidados com relação a estes ambientes:

- 1) **Alternância.** Tendo em vista que cada zona do estuário desempenha um importante papel no equilíbrio ecológico, é preciso evitar o enrocamento de ambas as margens, mantendo, pelo menos, uma no estado natural.
- 2) **Favorecer ao máximo a comunicação entre o estuário e as zonas paludiais adjacentes.** Deve-se conservar os canais e gamboas com suas margens naturais e, sobretudo, a comunicação com as zonas úmidas adjacentes.

- 3) **Compensação.** É necessário compensar cada superfície aterrada pela criação de uma outra superfície equivalente, com função biológica semelhante.
- 4) **Enrocamento das margens.** Limitar a aproximadamente 50%, ou atenuar seus inconvenientes com outras medidas, como, por exemplo, utilizar diques naturais de declive suave e com vegetação.
- 5) **Zona para deposição de rejeito de dragagem.** A escolha deste local não deve levar em consideração apenas o interesse econômico, mas também a produtividade primária, bem como o impacto provocado sobre o meio físico.
- 6) **Cuidados com aterros e drenagem.** No entorno das zonas de aterros ou rejeito de dragagem, devem existir valas naturais para facilitar a drenagem e evitar as inundações.
- 7) **Equilíbrio frágil.** O estuário não deve ser considerado apenas como uma via navegável, mas também como um meio vivo em equilíbrio frágil, que deverá ser conservado.
- 8) **Preservar ao máximo de qualquer tipo de poluição.** A zona de turbidez do estuário é um local altamente favorável à acumulação de bactérias e poluentes. Se o estuário não é somente uma via navegável, não deverá ser transformado em esgoto.
- 9) **Levar em conta as aspirações das populações ribeirinhas.** Manter zonas agrícolas ou áreas verdes de lazer entre as zonas industrializadas, como também o livre acesso às margens.
- 10) **Coerência e divulgação dos reais custos dos investimentos.** É preciso incluir em cada projeto, além dos custos reais do mesmo, uma avaliação das conseqüências, incluindo os impactos ambientais (positivos ou negativos).

6.2.3 Erosão marinha

Ao longo de diversos trechos da costa de Pernambuco, têm sido observados processos erosivos de praias por parte do mar. As localidades mais afetadas pelo problema são: Guadalupe, Maracaípe e Suape, no setor sul da costa de Pernambuco; Barra das Jangadas, Candeias, Boa Viagem e Casa Caiada, no setor médio; Janga, Maria Farinha e Pontas de Pedras, no setor norte (Coutinho et al., 1993). Em algumas delas, como a praia do Janga, o mar avançou cerca de 80 metros nos últimos dez anos, acarretando prejuízos materiais aos moradores locais.

As principais causas detectadas para este avanço do mar sobre as áreas costeiras em Pernambuco são as seguintes:

6.2.3.1.Causas naturais

São principalmente relacionadas ao ataque direto das ondas e à formação de pontais arenosos. Nos trechos desprotegidos da costa, ou quando as ondas refratam nas aberuras dos arenitos de praia existentes na orla, pode ocorrer erosão, como aquela identificada em alguns pontos da praia de Candeias (Jaboatão dos Guararapes). Outra causa de erosão natural é a presença de pontais arenosos nesta orla, os quais servem de armadilha natural para os sedimentos transportados pela deriva litorânea, reduzindo o suprimento a sotamar e, provocando, desta forma, o recuo da costa, através do desenvolvimento de áreas de erosão localizada (Lima Filho et al., 1994). Este fato é bem caracterizado em Barra das Jangadas (município de Jaboatão dos Guararapes) e no pontal de Maria Farinha (Município de Paulista).

6.2.3.2.Causas antrópicas

A) Ampliação do Porto do Recife

Na década de 10, o Porto do Recife foi ampliado com a construção de um molhe perpendicular à linha de costa, para atracação de navios de grande tonelagem. Esta obra modificou a dinâmica litorânea local. As correntes de deriva litorânea, de direção geral sul-norte, ao passarem pelo molhe, ficavam destituídas de parte da carga de sedimentos que transportavam, que eram parcialmente depositados a montante deste obstáculo artificial. Com isto, ao atingirem as praias situadas mais a norte, provocavam a erosão nas mesmas, devido à mudança significativa verificada na direção e velocidade das correntes, bem como no comportamento do "trem de ondas" que alcançam a costa. Na Folha Recife, este processo é observado no início da orla marítima do município de Olinda, localizado a norte do Porto do Recife (Fotos 11a e 11b).

B) Construção de espigões perpendiculares à costa

Com o objetivo de reter parte dos sedimentos transportados pela deriva litorânea, e, com isto, alargar a faixa de praia, foram construídos espigões perpendiculares à costa, como por exemplo em Serrambi, ao sul da Folha Recife. Este procedimento perturbou a dinâmica litorânea, gerando fenômenos erosivos no início da praia de Porto de Galinhas, situada a norte destes espigões, devido principalmente ao deficit de sedimentos provocado pela construção destas obras costeiras. O mesmo fenômeno pode ser observado na praia de Bairro Novo (Olinda), onde ocorre a transferência do problema para a praia de Casa Caiada, situada mais a norte (Fotos 12 e 13).

Foto 11a. Vista geral da faixa costeira do município do Recife. Na porção superior, à esquerda da foto, observa-se o Porto do Recife.

Foto 11b. Detalhe do molhe construído, no começo do século, para ampliação do Porto do Recife.

Foto 12. Vista geral de espigões e quebra-mares construídos ao longo da orla marítima do município de Olinda.

Foto 13. Detalhe dos quebra-mares construídos na Praia de Casa Caiada, município de Olinda (porção superior da Foto 12).

C) Construção de edificações na zona de berma

A expansão urbana desordenada e a especulação imobiliária desenfreada tem provocado a construção de edifícios residenciais na zona de berma, com o intuito de colocar os imóveis cada vez mais próximos ao mar.

Este procedimento, no entanto, perturba o equilíbrio da praia, pois elimina uma importante fonte de reposição para as areias transportadas pela deriva litorânea. Com a interrupção do fornecimento de areias provenientes da ação eólica sobre a zona de berma, que constituem um estoque natural de areias que alimentam as praias, as ondas e correntes litorâneas atacam com mais intensidade a praia local, causando a erosão. Na Folha Recife este fenômeno é bem representado na praia de Candeias, localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes (Foto 14).

D) Aterro indiscriminado de manguezais

Os manguezais constituem uma barreira de proteção natural às investidas das ondas sobre a costa, absorvendo o excedente de água, principalmente das marés mais altas, bem como amortecendo o impacto das ondas.

O aterro dessas áreas, geralmente destinadas à especulação imobiliária, torna a costa mais vulnerável à ação do mar, pois impede a dissipação natural de energia como ocorria previamente, fazendo com que as ondas atinjam diretamente a costa, contribuindo com sua ação erosiva.

Esta prática, realizada no estuário do rio Beberibe na década de 50, associada ao molhe implantado no porto do Recife, constituiu-se na principal causa da erosão marinha nas praias de Olinda a partir do fim daquela década. Recentemente, o fenômeno passou a ser verificado também na praia de Suape (município do Cabo de Santo Agostinho), devido a aterros executados para implantação de um complexo hoteleiro na área.

Foto 14. Vista de um gabião construído na zona de praia ou estirância na Praia de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes.

E) Retiradas indiscriminadas de material para construção civil

A expansão urbana intensa verificada nos últimos 30 anos ao longo da faixa costeira de Pernambuco, particularmente na Região Metropolitana do Recife, gerou uma grande demanda por materiais como areias e argilas, usadas na Construção Civil, os quais começaram a ser intensiva e extensivamente retirados das áreas litorâneas, tendo em vista a disponibilidade e proximidade dos principais núcleos urbanos.

Este processo tem levado ao desequilíbrio morfodinâmico de algumas áreas litorâneas, devido ao déficit de sedimentos arenosos, como, por exemplo na praia da Boa Viagem (Fotos 15 e 16).

Grande parte destas areias é retirada da zona de berma ou de pequenos cordões de dunas, que funcionam como fontes realimentadoras de sedimentos que são removidos das praias pela ação das ondas e correntes de deriva litorânea. A existência deste material arenoso mantém o balanço sedimentar da praia.

A retirada artificial das areias desta área compromete a realimentação de sedimentos na praia submersa, que passa a sofrer um efeito erosivo por parte do mar.

6.2.4 Assoreamento de rios e lagoas

Este problema, que contribui para aumentar os riscos de inundações na área, tem duas causas principais:

6.2.4.1 Desmatamentos clandestinos

A vegetação tem um papel importante na estabilidade dos solos de uma área atuando, através de suas raízes, principalmente no equilíbrio de encostas.

Foto 15. Aspecto da destruição parcial do calçadão da Praia da Boa Viagem, em janeiro de 1995.

Foto 16. Vista do enrocamento emergencial executado em um trecho atacado pela erosão marinha na Praia da Boa Viagem

Os desmatamentos realizados de forma desordenada e clandestina, tornam os solos desprovidos de sua antiga proteção natural, fazendo com que os mesmos sejam mais atingidos pela erosão pluvial, provocando o carreamento das partículas erodidas para cursos de água próximos. Este processo leva ao assoreamento progressivo de rios, córregos, canais e lagoas localizados principalmente na Região Metropolitana do Recife aumentando, desta forma, a frequência e a intensidade de enchentes, particularmente no inverno.

6.2.4.2. Retirada de materiais para construção civil

Esta prática, observada principalmente nas áreas ocupadas pelas formações Cabo e Barreiras, constituídas, em grande parte, de sedimentos arenosos e argilosos, leva ao desequilíbrio morfodinâmico do local (Foto 17). À medida que os sedimentos ou solos vão sendo retirados do local de origem, o material remanescente, via de regra, tende a ser mais facilmente carreado pela ação pluvial, pois a declividade artificial produzida naquele terreno não respeita as suas características originais. Com isto, ocorre o carreamento para áreas mais baixas, geralmente ocupadas por cursos de água, provocando o entulhamento dos canais, aumentando, desta forma, a possibilidade de enchentes.

Este problema é bastante freqüente em vários locais no município do Recife. A Lagoa do Araçá, localizada no bairro da Imbiribeira, apresenta uma taxa de assoreamento de 4mm/mês, devendo desaparecer em 30 anos. A Lagoa Encantada, no bairro do Ibura, literalmente desapareceu sob a carga de sedimentos arenosos, após 20 anos de ocupação da área por conjuntos habitacionais da COHAB. Os córregos e canais situados na zona norte do Recife constituem fonte de renda para a população local, que vende toneladas de areia entulhada às obras da construção civil. O rio Capibaribe apresenta, em seu leito, áreas cada vez maiores ocupadas por bancos de areia. Finalmente, o porto do Recife retira um entulho de até 600.000m³ por ano, em freqüentes dragagens, a fim de assegurar calado necessário aos navios (Gusmão Filho, 1993).

Foto 17. Retirada indiscriminada de material para construção civil, em morros da Formação Barreiras, na zona rural do município de Olinda

6.2.5 Deslizamentos de Encostas

Estes movimentos de massa ocorrem principalmente nas áreas constituídas pela Formação Barreiras e Formação Cabo, as quais apresentam intercalações de camadas arenosas e argilosas. Nos locais onde o mergulho destas camadas é superior a 15° , no sentido da vertente da encosta, o risco é aumentado, principalmente se as camadas arenosas estiverem superpostas às argilosas. Isto se deve à natureza impermeável dos sedimentos argilosos, que impedem a circulação da água no interior do pacote, proveniente das camadas superiores arenosas. Nos períodos de chuvas mais intensas, as águas pluviais, ao se infiltrarem no terreno, encontram um obstáculo interno quando atingem as camadas argilosas, sendo forçadas a escoar no sentido da vertente. Desta forma, produz-se um fluxo de material, principalmente arenoso, que é responsável pelos escorregamentos e deslizamentos naquele local (Foto 18).

Neste contexto, as encostas dos morros situados no município do Recife, que ocupam aproximadamente 33 Km^2 (correspondendo à metade dos 66 Km^2 de morros, 15% da área do município), abrigando cerca de 400 mil habitantes (30% da população do Recife), apresentam registros graves de deslizamentos, principalmente durante os períodos de invernos rigorosos, tanto nas encostas habitadas pelas populações mais carentes, como naquelas onde há extração de materiais para aterros.

Os cortes realizados nas encostas, com a finalidade de abrir plataformas de assentamento das casas, além de desmatamento da vegetação, expõem o solo à ação das águas pluviais e servidas, deflagrando processos de erosão hídrica. Voçorocas imensas têm se formado, principalmente nos morros da zona sul do município do Recife, ameaçando também a estabilidade dos conjuntos habitacionais da COHAB, assentados nos topos planos da Formação Barreiras, com encostas desnudas ou sem tratamento preventivo (Gusmão Filho, 1990).

Foto 18. Deslizamento de encosta da Formação Barreiras no Bairro do Ibura, zona urbana do município do Recife.

O potencial de risco à erosão e deslizamentos dos morros do Recife está sendo levantado por um mapeamento geotécnico, realizado por pesquisadores da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), no qual este autor participa como colaborador, em convênio com a Prefeitura da Cidade do Recife. O grau de risco das encostas é avaliado mediante critérios de pontuação dos fatores responsáveis pelos riscos geológico, topográfico e ambiental, com precipitação pluviométrica acima de 100 mm (Gusmão Filho et al, 1993).

A escolha destes fatores e pesos foi baseada em observações de campo, em dados estatísticos disponíveis, além do relato de casos documentados em estudos de áreas e regiões com condições semelhantes. No mapeamento de risco em curso para o Recife, estão sendo adotados os fatores de risco indicados na Tabela 2. A probabilidade de perdas materiais e de vidas no período foi correlacionada ao grau de risco da área (Tabela 3), sendo que esta classificação não reflete somente a expectativa de ocorrência de danos, mas também a extensão das perdas materiais e de vida (Gusmão Filho, 1993).

Grau de Risco	Perdas Materiais	Perdas de Vida
0-1	Desprezível	Desprezível
1-2	Pouco Provável	Desprezível
2-3	Provável	Pouco Provável
3-4	Muito Provável	Provável
4-5	Muito Provável	Muito Provável

Tabela 2. Probabilidade de Perdas Materiais e de Vida por Grau de Risco, em períodos chuvosos (Fonte: Gusmão Filho, 1993).

Principais Categorias de Fatores	Especificação dos Fatores
Topografia	Declividade; Altura; Extensão; Perfil; e Morfologia.
Geologia	Litologia; Estrutura; Textura; e Evidências de Risco Geológico.
Ambiental	Vegetação; Drenagem; Cortes, Densidade Populacional; e Tratamento.

Tabela 3. Fatores de Risco Considerados para as Encostas Habitadas do Recife no Inverno. (Modificado de Gusmão Filho, 1993).

6.2.6 *Poluição dos Aquíferos*

A água é um elemento constante da paisagem na área em estudo, particularmente no município do Recife. No entanto, a Região Metropolitana do Recife apresenta graves problemas relacionados ao abastecimento de água de sua população. Os recursos hídricos superficiais são limitados, devido, principalmente, à carga de poluentes industriais e residenciais lançada nos seus cursos de água, além dos desmatamentos realizados nas áreas de mananciais.

Neste contexto, a água do subsolo representa um recurso estratégico, que tende a ser cada vez mais usado para suprir o déficit de água superficial.

A maior reserva de água subterrânea da Região Metropolitana do Recife (R.M.R.) é a Formação Beberibe. Sua espessura varia de 120 m a quase 200 m, aumentando para leste. A profundidade recomendada para captação varia em função da região, na faixa de 50 a 150m, também na direção W-E, aumentando para até 180m nas regiões centro-norte e norte da R.M.R. As vazões explotáveis situam-se em torno de 60m³/h, podendo atingir até 100 m³/h em algumas áreas menos solicitadas (Costa e Santos, 1990).

A grande demanda pelas águas subterrâneas verificada na Região Metropolitana do Recife nos últimos anos, tem causado problemas com relação à qualidade das águas armazenadas no principal aquífero da área, representado pela Formação Beberibe. Nos poços construídos ao longo da faixa litorânea, em função da super-exploração ou da utilização de materiais de má qualidade na construção destes poços, tem se observado uma ingressão da chamada cunha salina no aquífero. Este problema é mais grave nos bairros situados na zona sul do Recife (como, por exemplo, Boa Viagem), onde cerca de 30% dos poços encontram-se salinizados.

Outro problema grave, é a falta de controle sobre as atividades desenvolvidas nas áreas de recarga do aquífero (Foto 19). Várias indústrias químicas, cemitérios e lixões são encontrados nestas áreas, comprometendo a qualidade das águas que realimentam o aquífero (Manso et al., 1993).

A ausência de uma Legislação Estadual que discipline o uso dos aquíferos contribui, de forma acentuada, para a existência destes problemas bastante sérios na Região Metropolitana do Recife podendo inclusive, levar à exaustão deste recurso vital, caso o crescimento desordenado do número de poços venha a provocar deficit em relação à recarga do aquífero.

6.2.7 Inundações

Este problema é particularmente grave no município do Recife, localizado sobre uma planície flúvio-marinha, de baixa declividade, onde são encontrados solos e sedimentos quaternários com presença de argilas compressíveis, circundada pelos morros constituídos pelas formações Cabo e Barreiras. Este contexto, aliado à forma geralmente desordenada como ocorreu o crescimento urbano, fazem do Recife uma cidade vulnerável ao risco de inundação.

Neste sentido, tem sido relevante o papel desempenhado pelo homem. O equilíbrio hidráulico foi intensamente alterado pelos aterros indiscriminados dos mangues e alagados, que eram reservatórios naturais de absorção das inundações provocadas pelas marés mais altas e pelas enchentes. Os aterros desencadearam processos de subsidência em vários locais, que se encontram hoje abaixo do nível da maré alta ou em vias de assim ficarem. A erosão provocada pela ocupação dos morros, com a remoção da cobertura vegetal, reduziu as dimensões dos canais dos rios, dificultando a drenagem natural da planície.

Foto 19. Lixão colocado sobre área de recarga do aquífero Beberibe, na zona rural do município de Olinda

Na década de 70, o Recife sofreu duas grandes inundações provocadas pelo Rio Capibaribe, que alagaram mais de 2/3 da sua área urbana. Foi, então, construído um sistema de barragens de contenção de enchentes, e desde então, têm ocorrido alagamentos localizados, quando fortes chuvas coincidem com a maré alta.

Contudo, o risco de outras inundações permanece, tendo em vista que a barragem Tapacurá, principal do sistema, é hoje incapaz de atender ao nível previsto para contenção. A barragem tem sérios problemas de infiltração pelas suas fundações. Novos sangradouros laterais foram abertos em cotas baixas, para assegurar estabilidade à obra (Gusmão Filho, 1993).

A inundação pelas águas pluviais é outro risco que ameaça a Cidade do Recife. Ocorre quando a intensidade da precipitação supera a capacidade de escoamento das águas, que é variável em função do nível das marés. Geralmente, o crescimento da superfície ocupada por edificações e sistema viário não é acompanhado por um crescimento paralelo da drenagem pluvial. O aumento da superfície ocupada se traduz por uma diminuição muito grande da infiltração e extraordinário aumento do escoamento superficial. As chuvas que anteriormente produziam pequenos danos, agora provocam freqüentes inundações prejudiciais. A impermeabilização asfáltica, que para os morros contribui para evitar os riscos de deslizamentos, na planície aumenta o risco de inundação.

Está em execução, por parte de técnicos da UFPE e da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), uma carta de risco de áreas inundáveis do Recife, em função das vazões que o Rio Capibaribe venha a apresentar em decorrência das chuvas verificadas em sua bacia hidrográfica.

6.2.8 Subsidência de terreno

Este risco geológico verifica-se principalmente na área ocupada pela cidade do Recife, sendo causado por fatores inerentes à condição geológica do subsolo, associados à ocupação urbana inadequada. É o caso dos depósitos de argila holocênica, de consistência mole e ricos em matéria orgânica, que podem apresentar-se bem espessos, sendo encontrados quase sempre abaixo do nível do lençol freático.

O Recife foi uma cidade conquistada, em grande parte, às águas. O crescimento de sua área física ocorreu à custa de aterramentos de corpos de água. Muitas ilhas desapareceram, a exemplo das ilhas do Leite, do Retiro, do Maruim, Joana Bezerra, etc. A presença de cotas baixas, que ficam afogadas pela variação de maré de 2,70m, assim como o lençol freático freqüentemente elevado, levam à execução de aterros na planície, a fim de assegurar a drenagem. As alturas dos aterros verificadas através de sondagens varia, mais freqüentemente, entre 1 e 2 m (Gusmão Filho, 1993).

As características geotécnicas das argilas orgânicas encontradas no subsolo do Recife, vêm sendo sistematicamente estudadas por diversos autores. Um banco de dados está sendo implantado na UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), a fim de fornecer dados para orientar as ações da Prefeitura do Recife, bem como das Construtoras.

A partir da análise deste banco de dados, observa-se que há bairros no Recife que sofreram recalques do terreno de até 5cm/ano. Esta situação se apresenta na Av. Agamenon Magalhães, no centro da cidade, e em alguns bairros periféricos construídos em áreas de manguezais aterrados, todos apresentando cotas abaixo do nível das marés mais altas, tais como: Boa Vista, Mangueira, Mustardinha, Zumbi, Derby, Afogados, Parnamirim.

Este risco geológico, hoje em pleno processo de agravamento, implica em sérias conseqüências na qualidade de vida da cidade, péssimas condições ambientais nas áreas atingidas e expressivas perdas econômicas por colapso da infraestrutura urbana, como os sistemas de drenagem, pavimentação e esgotos.

Áreas habitadas que apresentam potencial de subsidência necessitam, por isso, que os riscos sejam avaliados e tenham limites geográficos bem definidos. A Carta Geotécnica do Recife, já concluída por técnicos da UFPE, na qual este autor participa como colaborador, pode fornecer os subsídios básicos para equacionar as medidas necessárias à implantação de sistemas de saneamento e tipos de fundações mais adequadas.

VII - A EROSÃO MARINHA NA PRAIA DA BOA VIAGEM

7.1 Introdução

7.1.1 Histórico do problema em Pernambuco

As primeiras referências à erosão marinha em Pernambuco datam de 1914, de acordo com Domingos de Sampaio Ferraz, em relatório técnico editado pela Imprensa Industrial do Estado de Pernambuco, onde são relatados os danos causados pelo mar sobre o molhe, então em construção, localizado no istmo de Olinda, o qual fazia parte das obras de ampliação do Porto do Recife.

Naquela época o mar, associado à ação erosiva do rio Beberibe, abria e fechava o istmo de Olinda, enquanto que no trecho compreendido entre as praias dos Milagres, Carmo e Farol, situadas a norte, começavam a ocorrer processos de destruição das casas, trechos de ruas, e outras benfeitorias públicas.

Em 1953 o Ministério da Marinha, ao pretender construir a Base Naval do Recife, solicitou ao Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique Neyrpic (Grenoble, França) uma proposta para o estudo de viabilidade do empreendimento.

Os estudos foram iniciados em 1954, tendo sido as recomendações aceitas pelo antigo DNPRC (Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais), porém só a partir de 1958 as obras de proteção das praias atingidas em Olinda começaram a ser executadas.

Em 1962 as obras foram concluídas, após a construção de dois quebra-mares semi-submersos em frente às praias dos Milagres, Carmo e Farol, associados a três espigões curtos, formados por blocos de rochas soltos e perpendiculares às praias, com pequenos intervalos de enrocamentos marginais, situados ao norte do trecho protegido pelos quebra-mares.

Antes da conclusão das obras mencionadas acima, observou-se um novo avanço do mar ao norte destas estruturas, tendo sido necessária a construção de mais trinta e cinco espigões similares aos anteriores, entre as praias do Farol e do Bairro Novo.

Porém, à medida que a cidade de Olinda se expandia rumo ao norte e novas edificações eram erguidas na orla marítima, o problema tornava-se mais grave. Assim, notava-se que as obras já executadas propiciavam uma razoável proteção, mas havia se instalado um mecanismo de transferência da erosão para outras praias.

Desta forma, após uma década surgiram novos pedidos de intervenção do Poder Público no sentido de proteger a costa olindense, nas praias de Casa Caiada e Rio Doce (esta última situada na divisa com o município de Paulista).

A partir da década de 70 vários projetos foram realizados no sentido de oferecer uma proteção efetiva para a orla do município de Olinda, através de órgãos como a PORTOBRÁS, Secretaria de Planejamento de Pernambuco, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, entre outros (EMOPER, 1977; 1978).

Ao longo dos anos foram realizadas diversas obras paralelas às já existentes, tais como, os enrocamentos marginais nas praias dos Milagres, Carmo e Farol, a urbanização da Avenida Beira Mar, os aterros hidráulicos e mecânicos ao longo da orla, a construção de muros de proteção e assentamentos de enrocamentos marginais e troncos de madeira enfileirados nas áreas mais críticas das praias de Casa Caiada e Rio Doce.

Atualmente a falta de manutenção das obras no litoral olindense está ocasionando a destruição de trechos do calçadão da orla, bem como de postes de iluminação pública e das rampas de acesso às praias. Na praia de Rio Doce, nas marés mais altas as águas já atingem os jardins das casas.

Em consequência o litoral do município de Paulista, situado a norte de Olinda, está sendo atingido gravemente pelo avanço do mar, onde muitas ruas à beira mar já foram parcial ou totalmente destruídas.

No caso específico da Praia da Boa Viagem, estudos de restituição topográfica mostraram que houve recuo da linha de praia de até 22 m ao longo dos últimos 20 anos, como é mostrado em mapa anexo. O problema foi agravado a partir de 1992, devido principalmente a intervenções antrópicas realizadas naquela praia.

7.1.2 Objetivos do estudo

A Praia da Boa Viagem sofreu, no mês de agosto de 1994, violento processo de ataque das ondas, resultando na destruição de aproximadamente 200m de extensão do "calçadão" a partir do Edf. Rio Araguaia até próximo ao posto 14,

levando a Prefeitura da Cidade do Recife, em caráter emergencial, a colocar uma proteção de blocos de rochas soltos e sacos de areia ao longo do trecho atingido, com a finalidade de dissipar a energia das ondas incidentes e conseqüentemente diminuir o seu poder destrutivo.

O processo erosivo observado em várias praias do litoral pernambucano, principalmente na Região Metropolitana do Recife, vem se constituindo em grave problema ambiental, devendo ser objeto de urgente intervenção por parte dos municípios atingidos, necessitando-se para tanto, do desenvolvimento de pesquisas capazes de diagnosticar a hidrodinâmica do local atingido

Desta forma, o objetivo básico do presente estudo consistiu na avaliação do estado atual da erosão e identificação das causas, através do levantamento dos parâmetros morfodinâmicos, sedimentológicos, meteorológicos e hidrodinâmicos, visando a indicação do tipo de estrutura marítima mais adequada à contenção da erosão na Praia da Boa Viagem.

Vale salientar que os dados e ilustrações seguintes são provenientes do Convênio realizado entre o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, da Universidade Federal de Pernambuco (LGGM/UFPE) e a Prefeitura da Cidade do Recife, do qual o autor participou, visando o equacionamento do problema na Praia da Boa Viagem.

7.2 Geologia e Geomorfologia da Praia da Boa Viagem

Segundo Coutinho et al.(1994), a costa de Pernambuco, sob o aspecto fisiográfico, pode ser dividida nos seguintes setores (Figura 9):

1) Setor Norte - do limite com o Estado da Paraíba até Olinda, onde o grande desenvolvimento, em área e espessura, dos sedimentos da Formação Barreiras neste trecho, é responsável pela existência de uma planície costeira estreita, com linha de costa de direção N-S, pouco recortada, e a presença expressiva de estuários e manguezais, particularmente ao longo do Canal de Santa Cruz, que contorna a Ilha de Itamaracá. Ocorre, ainda, uma grande presença de recifes. As praias são arenosas e retilíneas, destacando-se as da restinga de Maria Farinha.

2) Setor Médio - de Olinda até o Cabo de Santo Agostinho, é caracterizado por uma extensa área de sedimentação quaternária, especialmente no grande anfiteatro onde se localiza a cidade do Recife. Observa-se também a presença de uma seqüência cretácica vulcano-sedimentar. Destacam-se os estuários dos rios Beberibe, Capibaribe e as restingas de Barra das Jangadas, Candeias e Brasília Teimosa.

3) Setor Sul - corresponde ao trecho localizado entre o Cabo de Santo Agostinho e o extremo sul do Estado, sendo caracterizado pela predominância de sedimentos cretácicos das formações Cabo e Estiva, além das rochas vulcânicas da Formação Ipojuca e do embasamento cristalino que aflora próximo à praia. A planície costeira tem um estreitamento em direção ao sul do Estado, as quais são delimitadas por recifes orgânicos, que exibem um grande desenvolvimento ao longo deste setor, além da presença de estuários e restingas.

A praia da Boa Viagem está localizada na planície costeira de Pernambuco, ocupando a sua porção mais externa. Sob o aspecto fisiográfico, corresponde ao setor médio da costa pernambucana. Apresenta-se como uma faixa arenosa com cerca de 7 Km de extensão, praticamente retilínea segundo a direção 25°NE.

A praia da Boa Viagem é constituída por depósitos atuais, os quais representam a porção mais externa da planície costeira. Estes depósitos encontram-se acumulados entre a linha de baixa-mar e os terraços marinhos holocênicos.

A largura média das praias ultrapassa 30m, com uma pequena inclinação (1 a 5°) no sentido do mar, sendo submetidas à ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e marés

Na praia da Boa Viagem ocorrem sedimentos bastante homogêneos, onde predominam areias de granulometria média a fina, com seleção média, depositados em regime de moderada energia, formando perfis levemente reflexivos.

São observados, ainda, depósitos de pequenas dunas frontais a partir da rua Antônio Falcão rumo à praia do Pina, os quais foram bastante reduzidos pela intensa ação antrópica, decorrente da expansão urbana, principalmente nos últimos 20 anos.

Figura 9. Mapa de classificação dos setores geomorfológicos da costa pernambucana (Fonte: Coutinho, 1994)

Todas as unidades morfológicas mostradas na Figura 10, são observadas ao longo da praia, com exceção da berma, que ocasionalmente está ausente por fatores naturais, ou então devido às intervenções antrópicas.

Um dos traços morfológicos mais característicos da praia da Boa Viagem, é a presença de linhas de rochas praias (beach rocks) paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de algas e corais, além de oferecer uma eficiente proteção ao litoral.

Figura 10. Unidades morfológicas do ambiente praial (Fonte: Suguio, 1992).

7.3 Morfologia do ambiente praial

7.3.1 Classificação do ambiente praial

As praias são depósitos de sedimentos constituídos geralmente por areias, cascalhos, conchas, etc., acumulados predominantemente por ação das ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às mudanças das condições hidrodinâmicas. Representam por essa razão, um importante elemento de proteção costeira, ao mesmo tempo em que são amplamente usadas para turismo e lazer.

A zona de praia se estende desde o nível de baixamar (profundidade de interação das ondas com o substrato), até a linha de vegetação permanente (limite das ondas de tempestade), ou onde há mudança na fisiografia, como zona de dunas ou de falésias marinhas. Quando esta zona não apresenta material inconsolidado e sim substrato rochoso, têm-se os terraços de abrasão por ondas.

O ambiente de praia estende-se a locais permanentemente submersos, situados além da zona de arrebentação, onde as ondas de maior altura já não selecionam nem mobilizam material, até a faixa de dunas e/ou escarpas que ficam na retaguarda do ambiente.

7.3.2 Origem do material e balanço sedimentar

As areias que constituem as praias têm origens diversas e podem ser transportadas pelas ondas e pelas correntes de deriva litorânea. A maior contribuição de material para as praias é de origem continental, transportada pelos rios. Outra parte que atinge as praias vem do domínio marinho, transportado da face litorânea, representada por material principalmente biodetrítico. A erosão das falésias constitui outra fonte de sedimentos que alimenta as praias. Localmente, os ventos que sopram do continente, podem fornecer material às praias. Essas diversas fontes de sedimento para o ambiente praial estão esquematicamente representados na Figura 11.

Os ventos que sopram do mar são capazes de retirar sedimentos da praia e acumular campos de dunas que avançam para o interior do continente.

Komar (1983) apresenta os tipos mais comuns de ganhos e perdas de areia que desempenham papel importante no balanço do estoque arenoso litorâneo. São eles:

Créditos	Débitos
Aporte por deriva litorânea	Retirada por deriva litorânea
Aporte fluvial	Retirada pelo vento
Erosão de falésias	Suprimento para a plataforma
Suprimento a partir da plataforma	Deposição em "canyons" submarinos
Deposição biogênica	Dissolução e abrasão
Deposição química	Mineração
Aporte eólico	
Alimentação artificial de praia

Figura 11. Ganhos e perdas de sedimentos na praia. Praia (1); material transportado por deriva litorânea (2); sedimentos transportados por rios (3); sedimentos transportados por vento (4); material resultante da erosão das falésias por ondas (5); aporte de sedimentos pelas ondas a partir da plataforma continental (6); perda de sedimento de praia transportado por correntes de retorno (7); perda de sedimento transportado por ventos para formar campos de dunas (8); e perda de sedimentos transportados por deriva litorânea. (Fonte: Paskoff, 1985).

7.3.3 Variações Sazonais nos Perfis de Praia

O perfil de uma praia (Figura 12) é continuamente modificado para se adaptar às condições hidrodinâmicas que não cessam de mudar. Ele diminui com a redução do estoque de sedimentos e pela erosão do estirâncio, que é atacado pelas ondas.

Figura 12. Variações sazonais do perfil de praia (Fonte: Suguio, 1992).

O perfil é o resultado de uma adaptação que ocorre, de um lado pelas características das ondas e das correntes de deriva litorânea, e de outro, pelo volume dos sedimentos e de sua granulometria.

No inverno, quando as ondas atingem maiores amplitudes e as ressacas são mais freqüentes, há retirada de sedimentos do estirâncio ou até mesmo da duna frontal e deposição na face litorânea. Deste modo, formam-se barras arenosas submersas, as quais provocam a arrebentação das ondas antes de atingir a praia, evitando uma erosão mais intensa.

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

Nos estudos de morfodinâmica praial podem ser reconhecidos seis estados ou estágios morfológicos distintos, associados a diferentes regimes de ondas e marés, caracterizados por dois estágios extremos (estágio dissipativo e estágio reflexivo) e quatro estágios intermediários, tal como pode ser visto na Figura 13 (Wright & Short, 1984).

No estágio dissipativo (Figura 13 a), a zona de surfe é larga, apresenta baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia, sendo, também baixo o gradiente da praia. Ocorre sob condições de ondas altas e de elevada esbeltez (tempestade) ou na presença de areias de granulometria fina. O estágio reflexivo (Figura 13 f), ao contrário, é caracterizado por elevados gradientes da praia e do fundo marinho adjacente, o que praticamente elimina a zona de surfe. A berma da praia é elevada devido à velocidade de espraiamento da onda. O estoque de areia na zona submersa é baixo.

Os estágios intermediários são caracterizados por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal, em decorrência da migração do banco arenoso submerso da zona de arrebentação em direção à praia (Figura 13 b, c, d, e), que, por sua vez, é uma resposta às variações nas características hidrodinâmicas.

A relação entre o estágio de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos foi estabelecida por Wright & Short (1984), utilizando o parâmetro ômega (Ω) de Dean (1973):

Os valores médios de Ω , para os diversos estágios, foram fixados por Wright et al. (1984):

Estágios	Ω	Desvio-padrão
Reflexivo	$\leq 1,5$	-
Terraço de baixa-mar (tbn)	2,40	0,19
Bancos transversais (bt)	3,15	0,64
Banco e praia de cúspides (bpc)	3,50	0,76
Banco e calha longitudinal (bcl)	4,70	0,93
Dissipativo	$> 5,5$	-

Figura 13. Características morfológicas dos seis estágios de praia (Wright & Short, 1984).

Desequilíbrios existem quando o valor de Ω não corresponde ao estágio previsto, o que permite avaliar a direção de evolução de praia na busca de recuperação do equilíbrio.

É importante enfatizar que os estágios dissipativo e reflexivo, segundo a nomenclatura adotada na Austrália, equivalem aos estágios de inverno e verão, respectivamente, usados nos E.U.A..

7.3.4 Perfil da Praia da Boa Viagem

O nivelamento topográfico tem por finalidade definir a morfologia do perfil praial, verificando a resposta natural deste ambiente à dinâmica das ondas.

Durante o estudo realizado na praia da Boa Viagem, foram realizados mensalmente quatro grupos de perfis praias, distribuídos entre outubro/94 a janeiro/95, ao longo de 2 Km da Avenida Boa Viagem, equidistantes de 500 m. Os locais escolhidos situam-se à frente dos nºs: 5212 (Condomínio Jardim Transatlântico) - Grupo 01; 5802 (Edifício Rio Araguaia) - Grupo 02; 6372 - Grupo 03; e 6838 (Clube da Aeronáutica) - Grupo 04.

Cada grupo é composto de um perfil principal, denominado Eixo, e de quatro perfis auxiliares, dispostos dois a dois, à direita (perfis A e B) e à esquerda (perfis C e D) do eixo. O espaçamento dos perfis em cada grupo respeitou a equidistância de 500m.

7.3.5 Características sedimentológicas

7.3.5.1 Introdução

Ao longo dos perfis topográficos previamente determinados (ver item anterior), foram coletadas 65 amostras superficiais de sedimento, nos meses de novembro/94, dezembro/94 e janeiro/95. Para melhor compreender a distribuição granulométrica em subsuperfície, foram realizadas 35 amostragens, em trincheiras de aproximadamente 50 cm de profundidade, ao longo dos mesmos perfis.

A coleta desse material foi realizada, levando-se em consideração os setores de praia previamente definidos: pós-praia, ante-praia ou estirâncio e face litorânea (ver item anterior).

Essas coletas foram realizadas em pontos pré-determinados, locados em perfis dispostos perpendicularmente à linha de costa (Figura 14), tomando como base os perfis topográficos, denominados de grupos 1, 2, 3 e 4, levantados concomitantemente ao período da coleta dos sedimentos.

O primeiro perfil sedimentológico (P I), que coincide com o G1 topográfico, localizou-se em frente ao edifício Jardim Transatlântico; o segundo (P II), que coincide com o G2 topográfico, em frente ao edifício Rio Araguaia; o terceiro (P III), que coincide com o G3 topográfico, próximo ao nº. 6372; e o quarto (P IV), que coincide com o G4 topográfico, em frente a sede do Clube dos Oficiais da Aeronáutica.

7.3.5.2 Resultados da análise granulométrica

O resultado das análises granulométricas são apresentados através de histogramas e curvas de frequência acumulada, que estão representados nas Figuras 15a, 15b e 15c.

As amostras de praia atual, coletadas segundo os quatro perfis pré-determinados, são constituídas por areias médias a finas, de cor creme clara a esbranquiçada, sendo resultantes do retrabalhamento pelas ondas.

De acordo com a metodologia adotada (Douglas, 1946, in: Mabeoone, 1968), será feita inicialmente a descrição dos sedimentos superficiais, coletados nos meses de novembro/94, dezembro/94 e janeiro/95, e posteriormente a análise das amostras coletadas nas trincheiras.

Novembro/94

No primeiro perfil, observou-se que a areia da praia é moderadamente a bem selecionada, com exceção da amostra da zona de espraiamento, que apresenta um caráter de distribuição predominantemente do tipo S (saltação), com incipiente influência do tipo R (rolamento). De maneira geral, a areia varia de média a fina. De acordo com os dados obtidos, observou-se que o transporte foi predominantemente efetuado por saltação, com uma variação de energia muito pequena, proporcionando uma boa seleção granulométrica, sendo representada por areia quartzosa de granulometria média a fina. A influência do transporte por rolamento reflete uma granulometria grossa, pouco representativa, resultante da presença dos bioclastos (conchas, algas e corais, mais ou menos fragmentados).

Figura 14. Representação esquemática da localização dos perfis topográficos.

Figura15a. Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de novembro de 1994.

Figura 15b. Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de dezembro de 1994.

Figura 15c. Histogramas e curvas de frequência acumulada das amostras superficiais coletadas no mês de janeiro de 1995.

No segundo perfil, o material da praia é moderadamente selecionado, sendo composto da distribuição S, com pequena influência do tipo R. A classificação da areia, ao longo do perfil, varia de grossa a fina, no sentido da pós-praia para a ante-praia. Observou-se que o transporte foi predominantemente efetuado por saltação, com uma variação de energia muito pequena, proporcionando seleção moderada. A influência do transporte por rolamento reflete a granulometria mais grossa representada pela presença dos bioclastos.

Para o terceiro perfil, o material da praia é classificado como moderadamente selecionado, com exceção da amostra da zona de espraimento, que apresenta um caráter pobremente selecionado. A distribuição predominantemente neste perfil é do tipo S, com influência do tipo R. O modo de transporte dominante foi por saltação, com variação de energia pequena, proporcionando seleção moderada, representado por areia quartzosa de granulometria média. A influência do transporte por rolamento reflete a granulometria maior, pouco representativa, resultante da presença dos bioclastos.

No quarto perfil, o material da praia varia de bem selecionado a pobremente selecionado, sendo predominante o tipo R, com forte influência do tipo S. De acordo com a granulometria, varia de areia média a grossa, sendo a primeira predominante ao longo do perfil. Observou-se, segundo os dados obtidos, que o transporte foi predominantemente efetuado por rolamento, com uma variação de energia proporcionando seleção fraca. A influência do transporte por rolamento reflete a granulometria grossa, resultante da presença dos bioclastos.

Dezembro/94

A análise dos sedimentos no mês de dezembro/94 apresentou variações pouco significativas em relação ao mês de novembro. As amostras, dependendo do perfil, demonstraram que o sistema de transporte, bem como a seleção e a granulometria dos sedimentos, refletem mudanças relacionadas com a capacidade das ondas remobilizarem e retrabalharem esse material, sem contudo, proporcionar a quebra do equilíbrio sedimentológico no ambiente praias.

Janeiro/95

Comparando as análises dos perfis dos meses anteriores com os perfis do mês de janeiro, observou-se que o sedimento praias apresentou uma variação pouco significativa, representada pelas pequenas oscilações entre os parâmetros

determinados (seleção, tipo de transporte e granulometria do sedimento) durante os meses estudados.

O estudo comparativo dos sedimentos das etapas acima mencionadas, mostrou uma grande homogeneidade no sedimento praial, representada pelas curvas predominantemente constituídas pela distribuição do tipo S caracterizando um transporte por saltação sugerindo, por sua vez, um ambiente de energia moderada. O ambiente praial, apresenta-se portanto, no período considerado, em equilíbrio no que diz respeito às condições sedimentológicas.

Resultado das amostras coletadas em trincheiras

O objetivo da análise dos sedimentos em subsuperfície, propiciou uma avaliação das variações granulométricas do sedimento em subsuperfície (aproximadamente 50 cm de profundidade).

O estudo dessas amostras evidenciou uma variação granulométrica representada pelas curvas, predominantemente constituídas pela distribuição do tipo S, que caracterizam um transporte por saltação, sugerindo por sua vez, um ambiente de energia moderada. As amostras apresentam, de modo geral, uma seleção moderada, uma assimetria muito positiva e um caráter muito leptocúrtico.

As variações observadas são resultantes, provavelmente, de pequenos pulsos na energia das ondas, verificadas pela presença de lentes de dimensões variadas, tendendo a apresentar areias mais grossas à medida que aumenta a profundidade. Esse fato está relacionado com a presença de bioclastos. O material apresenta de modo geral um comportamento bastante homogêneo, onde predominam as areias de granulometria média a fina, revelando um ambiente praial em condições de equilíbrio (Figura 16).

7.3.5.3 Variação dos parâmetros granulométricos estatísticos

Os parâmetros granulométricos estatísticos servem para caracterizar a curva no que diz respeito a sua tendência central, grau de dispersão, grau de assimetria e grau de agudez dos picos. A metodologia empregada baseia-se na discussão dos parâmetros sedimentológicos propostos por Folk & Ward (1957). Os dados foram tratados estatisticamente através do programa PANCOM, elaborado por Toldo Jr. & Dornelles (1983) e os resultados encontram-se em anexo.

Figura 16. Histogramas e curva de frequência acumulada das amostras coletadas em trincheiras.

Variação do Diâmetro Médio

Analisando-se os sedimentos coletados nos diversos perfis, observou-se a existência de populações granulométricas distintas para cada setor de praia.

Na pós-praia, ocorreu predominância de areia média nos três períodos de coleta. No entanto, no mês de dezembro/94 as areias apresentaram uma tendência a tornarem-se mais grossas.

Na face litorânea, observou-se uma maior variação na granulometria, sendo essa, relacionada com mudanças significativas na energia e ação das ondas. Portanto no mês de novembro/94, a granulometria da areia variou de muito fina a média. No mês de dezembro/94, observou-se uma variação de muito fina a grossa. No mês de janeiro/95, varia de muito fina a média, sendo composta por areia quartzosa bastante homogênea (Figura 17).

Variação do Desvio Padrão

De acordo com os resultados obtidos, observou-se uma variação entre pobremente selecionado a muito bem selecionado para as três etapas analisadas, embora a predominância seja de amostras moderadamente selecionadas.

Variação da Assimetria

Nas amostras estudadas observou-se uma grande variação na assimetria (de muito positiva a muito negativa). Entretanto ocorre uma predominância da assimetria muito positiva nas três etapas, corroborando com a granulometria predominantemente média a fina, de acordo com a variação do diâmetro médio.

Variação da Curtose

As areias de praia estudadas apresentaram uma variação de curtose entre extremamente leptocúrtica a mesocúrtica, com predominância de muito leptocúrtica a muito platicúrtica, podendo-se admitir que as areias de praia atuais, apresentam uma homogeneidade granulométrica bastante acentuada.

Figura 17. Representação gráfica da variação do diâmetro médio para cada setor de praia.

7.4 Características dos parâmetros físicos

7.4.1 Introdução

O clima controla parcialmente o regime das ondas, sendo também fator determinante dos processos biológicos e químicos próximos ou na superfície dos oceanos.

Na zona costeira pernambucana, predomina o clima quente e úmido (tipo tropical chuvoso), caracterizado por temperaturas elevadas, com média anual em torno de 25°C com pequena amplitude térmica anual, decorrente da baixa latitude. As temperaturas máximas absolutas ultrapassam os 30°C.

O período de abril a julho corresponde ao inverno, sendo caracterizado pela maior densidade de precipitação, com 70 a 75% das chuvas totais, cabendo menos de 10% ao verão (dezembro a fevereiro).

Outros fatores responsáveis pela dinâmica costeira e conseqüente modelagem das linhas de costa são: vento, ondas, correntes e marés.

7.4.2 Ventos

Os ventos são os grandes responsáveis pela dinâmica costeira. Caracterizam-se principalmente pela sua direção e velocidade, tendo um papel importante na sedimentação litorânea. Sobre a superfície aquosa, são responsáveis pela formação das ondas, contribuindo, também, para a geração das correntes litorâneas.

Seu papel não se restringe ao de originar as ondas e por conseqüência as correntes litorâneas. O transporte de sedimentos que ocorre na costa é também influenciado pelos ventos que incidem sobre esta, e podem produzir importantes depósitos para o equilíbrio de uma praia, como os campos de dunas, que constituem uma das principais fontes de suprimento de areia para a praia.

A cidade do Recife, situada em baixa latitude e pouco elevada acima do nível do mar, é caracterizada por baixas pressões atmosféricas, recebendo por isso, a influência dos ventos alísios. As velocidades médias destes variam de 6,1 a 9,3 nós (3,1 a 4,7 m/s), vindos principalmente de E-SE, no período de abril a setembro, e de E-NE, de outubro a março (Cavalcanti & Kempf, 1970).

Os ventos alísios de sudeste e as brisas marinhas exercem grande influência no clima da área, ora minimizando ora maximizando os efeitos térmicos advindos da insolação.

Durante os trabalhos de campo, foram realizados levantamentos diários da velocidade e direção dos ventos, anotados duas vezes ao dia, na maré baixa e na maré alta. Para tanto, utilizou-se um anemômetro manual (modelo 03AM-120, da Karl Scientific).

Os valores obtidos nos levantamentos de campo apresentaram resultados semelhantes aos obtidos por Cavalcanti & Kempf (1970) para o litoral de Pernambuco. Verificou-se no período uma variação na direção dos ventos de 30 a 205°Azimutal (NNE a SSW), com uma concentração no intervalo de 90 a 145°Azimutal (E a SSE), sendo o intervalo de maior ocorrência aquele em torno dos 130°Azimutal (ESE), como pode ser visto na Figura 18. Quanto a sua velocidade, observou-se uma variação de 0 a 6 m/s, tendo maior ocorrência (em torno de 65%) no intervalo de 3 a 4 m/s, conforme a Figura 19.

7.4.3 Ondas

As ondas que se observam nos oceanos são geradas pelos ventos que sopram sobre a superfície da água. Existem também as ondas geradas por abalos sísmicos, os maremotos, de efeito catastrófico.

As ondas geradas pelos ventos atuam como importantes agentes modificadores de energia. Elas obtêm sua energia a partir dos ventos, transferem-na através da superfície dos oceanos, descarregando-a nas zonas costeiras, onde se constituem na principal causa de erosão, gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de sedimentos. As ondas significativas são geradas durante tempestades e dependem fundamentalmente da velocidade dos ventos, da duração da tempestade e do "fetch" (corredor de ventos, ou seja, a pista sobre a qual a tempestade atua). Quanto maior a duração e o "fetch", maior a quantidade de energia potencial obtida pelas ondas (Komar, 1983).

Figura 18. Representação gráfica da distribuição de direções dos ventos na Praia da Boa Viagem.

Figura 19. Representação gráfica das distribuições de velocidades dos ventos na Praia da Boa Viagem.

As ondas geradas nos locais de tempestade mostram um amplo espectro. Por processos de dispersão acabam originando uma seqüência regular de ondas, conhecidos como "swell" ou, simplesmente, ondulação. A ondulação viaja pelos oceanos perdendo muito pouca energia. Deste modo, as ondas que promovem erosão em uma determinada linha de costa podem, em muitos casos, ter sido geradas em áreas de tempestades situadas a milhares de quilômetros de distância.

Atingindo as zonas mais rasas, as ondas têm seus comprimentos de onda diminuídos em contraposição ao aumento da altura das cristas, adquirindo elevada esbeltez. Este processo avança com a diminuição da profundidade até que a onda se desestabiliza e quebra, produzindo a arrebentação. Os principais tipos de arrebentação segundo Galvin (1986) são: deslizante ("spilling"), mergulhante ("plunging"), ascendente ("surging"), e frontal. Este último é mais raro. A Figura 20 mostra esses tipos de arrebentação.

	Deslizante (Spilling)	Mergulhante (Plunging)	Frontal (Collapsing)	Ascendente (Surging)
a	plano	médio	íngreme	íngreme
b	1,2	0,9	0,8	≈ 0 (?)
c	$< 30^\circ$	$30^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$	$\approx 90^\circ$ (?)

Figura 20. Tipos de arrebentação das ondas(Fonte: Wright & Short, 1984).

Como as ondas que chegam à costa têm alturas diferentes, as mais altas quebram a profundidade maiores do que as mais baixas, gerando assim o que se conhece como zona da arrebentação. Em praias de baixa declividade, depois da arrebentação, as ondas se transformam em pequenas vagas que viajam pela zona de surfe até espalhar-se na face da praia, denominada zona de espraçamento.

É nas zonas de arrebentação, surfe e espraimento, uma faixa relativamente estreita, que se dissipa a energia trazida pela ondulação oceânica. Da quantidade de energia aí liberada, função do regime das ondas e do tipo de arrebentação, dependem o perfil de praia e o tamanho dos grãos dos sedimentos praias.

Como consequência direta deste fenômeno, as regiões submetidas a diversos regimes de ondulação relacionados com diferentes estações do ano, inverno e verão, por exemplo, ou submetidas periodicamente a tempestades, mostram variações cíclicas no perfil de praia, através da movimentação de enormes volumes de areia. Em condições de alta energia as ondas erodem a praia, retirando dali a areia que se deposita em bancos construídos na zona de arrebentação.

As linhas de recifes modificam a energia das ondas incidentes sobre a costa, não somente pela perda de energia através da arrebentação ao encontrarem os recifes, mas também pela modificação do espectro de ondas resultante que é substituído por ondas de baixa frequência.

Além da simples transformação e atenuação da energia das ondas através da arrebentação, as barreiras de recifes tendem a concentrar a energia das ondas do lado interno da barreira de recife e a depositar material através dos processos de refração e difração.

A Figura 21 ilustra os efeitos das ondas sobre uma linha de recifes contínua ou interrompida, e as consequências sobre a geometria da linha de praia adjacente. As mudanças são causadas pelos efeitos combinados da difração e refração das ondas. Quando a linha de praia moderna prograda rumo à barreira de recife, geralmente, há tendência para formação de um cúspide, semelhante a um tómbolo. Quando a linha de recife apresenta interrupções, pode-se formar um embaçamento na linha de praia em frente ao canal. O efeito geral resultante é a produção de uma linha de costa altamente irregular, com alternância de pequenas enseadas e pontais arenosos, como encontrado principalmente no litoral sul de Pernambuco.

Figura 21. Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre linhas de recifes (Fonte: Komar, 1983).

Na costa de Pernambuco, devido à grande constância na velocidade e direção do sistema de ventos, as ondas por eles geradas têm grande influência no transporte de sedimentos à praia. As ondas de direção E-SE, associadas a ventos de mesma direção, têm altura média de 1 a 1,5 m e períodos de 5 a 7 s, dominando durante todo o ano (Hogben & Lumb, 1967; U.S. Navy, 1978; in Dominguez et al., 1990). Esses dados referem-se a áreas profundas, necessitando de medições contínuas para a zona costeira.

A altura significativa média anual na área já referida é de 1,11m. Já o período significativo médio é da ordem de 6,28 s.

O presente estudo realizado na praia da Boa Viagem, cujo período de abrangência dos trabalhos de campo (setembro/94 a janeiro/95) só permitiu a coleta de dados nas condições de primavera/verão, impediu a verificação mais completa da variação do parâmetro em função da sazonalidade.

Os dados de altura significativa das ondas observados na zona de arrebentação, mostram uma variação de 0,2 a 1,4 m, com uma predominância no intervalo de 0,6 a 0,8 m (Figura 22). O período oscilou entre 4 e 12 s, com uma concentração entre 6 e 8 s (Figura 23).

7.4.4 Correntes litorâneas e transporte de sedimentos

As ondas que chegam à praia acabam por gerar uma série de correntes, cujo padrão depende do ângulo de incidência que fazem com a linha de praia.

As correntes litorâneas transportam os sedimentos que foram postos em movimento pela ação das ondas ao longo de amplos trechos da costa. Este movimento de areia é denominado de deriva litorânea e constitui-se num importante processo de transporte de sedimentos ao longo de costas arenosas.

Próximo ao litoral, a influência de vários fatores torna as correntes bastante complexas, necessitando de estudos detalhados sobre o modelo de circulação, que resulta principalmente da ação dos ventos, das marés, das descargas de água doce do continente e da interação entre esses fatores e a morfologia do ambiente.

Figura 22. Representação gráfica de altura significativa das ondas na Praia da Boa Viagem.

Figura 23. Representação gráfica da variação do período de ondas na Praia da Boa Viagem.

Não existem dados por longos períodos de observação sobre velocidades de correntes próximas à costa. No presente estudo, as velocidades de correntes foram obtidas utilizando-se flutuadores posicionados na zona de arrebentação, e medidas em um intervalo de 10 m.

Os resultados obtidos para a praia da Boa Viagem, mostraram, preferencialmente, uma ausência das correntes litorâneas (53% dos dados totais). Esta tendência é favorecida pela concentração dos dados de direção dos ventos, próximos e perpendiculares à costa (115°Az), bem como pela tendência frontal da incidência das ondas na área (Figura 24).

Figura 24. Representação gráfica da variação das correntes litorâneas na Praia da Boa Viagem.

Quando ocorrem, as correntes apresentam-se preferencialmente no sentido N-S (77%), com velocidades concentradas, principalmente, entre 0,2 e 0,3 m/s.

Para os demais dados, obtidos para o sentido S-N, prevaleceram velocidades entre 0,1 e 0,2 m/s.

7.4.5 Marés

As marés apresentam um levantamento e abaixamento rítmico sobre um intervalo de tempo de várias horas. Elas se traduzem por uma oscilação periódica do nível do mar, de período e amplitude variável no tempo e de um lugar a outro, devido à atração, principalmente, do sol e da lua sobre as águas.

As variações do nível do mar, devido às marés lunares, representam mudanças cíclicas de curto período que se processam no litoral. Este período pode ser de 12 horas (semi-diurna), 24 horas (diurna), ou de período variável (maré mista), durante o ciclo lunar.

Segundo a classificação de Hayes (1979), pode-se distinguir as seguintes classes de marés: regime de micromaré (0-1m), regime de mesomaré fraco (1-2m), regime de mesomaré forte (2-4m), regime de macromaré fraco (4-5m) e regime de macromaré (>5m).

O "Shore Protection Manual" (1984) menciona elevações do nível de água que podem atingir mais de sete metros sobre uma costa aberta, em uma baía ou estuário. A este fenômeno está associada uma forte erosão na costa.

No presente trabalho, as observações da altura das marés foram obtidas a partir da tábua de marés para o Porto do Recife, confeccionada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação-DHN, com posterior interpolação na curva de marés segundo a hora na qual foram realizadas as medições hidrodinâmicas.

Os dados mostraram uma variação de -0,2 a 2,4 m, entre os meses de setembro e dezembro/94, e de -0,1 a 2,4 m, no mês de janeiro/95.

7.5 Erosão das praias

7.5.1 Causas naturais

Os estudos mareográficos, em escala global, têm mostrado que o nível relativo do mar atualmente apresenta uma tendência à elevação lenta, da ordem de 1,2 a 1,5 mm/ano.

Foi constatado que uma elevação do nível do mar pode interferir no estado de equilíbrio das praias, através da perda de sedimento e recuo das mesmas. O perfil da praia migra em direção à terra devido à erosão do estirâncio superior ou da pós-praia e o material vai se acumular na face litorânea.

Uma nítida diminuição da quantidade de sedimento (areia) sobre a costa, uma lenta elevação do nível do mar, são causas que, isoladamente, não têm capacidade suficiente para explicar a erosão generalizada sofrida atualmente pelas praias. Mas, agindo conjuntamente, elas podem criar condições desfavoráveis que ameaçam a estabilidade, permitindo um recuo das praias, muitas vezes acelerado pelos efeitos das intervenções humanas.

7.5.2 Causas antrópicas

Os trabalhos realizados nos rios geralmente reduzem consideravelmente seu papel de principal fornecedor de material sólido à costa. Neste sentido, as barragens, através do efeito de represamento ("dam effect") representam armadilhas eficazes na retenção de sedimentos.

A exploração indiscriminada de areia das dunas, pós-praia e antepraia, para construção civil e aterros, agrava seriamente o déficit de sedimentos nas praias e acelera o seu processo erosivo.

Trabalhos portuários no litoral, como aqueles decorrentes da construção ou ampliação dos Portos de Recife e de Suape, afetam a corrente de deriva litorânea e o transporte do material, modificando a evolução da linha de praia. Processos de assoreamento ocorrem contra o molhe que freia a corrente costeira, enquanto que nos setores situados a sua jusante ocorrem erosão e recuo de linha de costa, como está ocorrendo na área de influência do Porto de Suape.

Grande concentração de obras civis no domínio litorâneo, tais como edifícios, passeios, estradas, diques, entre outros, sobre as dunas frontais e a pós-praia, além de agredir a paisagem, contribuem para aumentar o déficit de sedimentos e, conseqüentemente, causar a erosão das praias.

Por outro lado, reduzindo-se a largura do estirâncio, diminui-se o poder dissipador das ondas, causando erosão mais intensa das praias. Deste modo, torna-se necessário proteger do ataque do mar, as construções imprudentemente implantadas muito próximas da linha de praia.

7.6. Defesa das praias

7.6.1 Introdução

Obras para defesa de costa são amplamente utilizadas em todo o mundo. Na França, por exemplo, para um litoral de 4.471 Km, existem cerca de 97 m de comprimento de obras por quilômetro. No Japão, para 31.000 Km de costa, encontram-se mais de 8.000 Km de muros de proteção, cerca de 1.500 quebra-mares e mais de 10.000 espigões, além das estruturas de proteção associadas aos mais de 4.000 portos do país (Paskoff, 1985).

A seguir serão descritos, resumidamente, os tipos de obras mais comumente usadas, suas características, vantagens e desvantagens.

7.6.2 Espigões

São obras dispostas mais ou menos perpendicularmente à linha de costa, com o objetivo de reter o sedimento transportado pela corrente da deriva litorânea.

Esse tipo de intervenção é recomendado para praias que apresentam grande volume de transporte litorâneo. Nesses casos eles podem estabilizar trechos de praia que passam a apresentar um aspecto segmentado.

A grande desvantagem deste tipo de intervenção é provocar um agravamento da situação à jusante do setor protegido e de deslocar o problema, muitas vezes ampliado, para outro local que passa a apresentar um recuo da linha de praia devido à erosão (Figura 25). É um tipo de obra muito comum, tendo sido usado, por exemplo, para proteção do litoral de Olinda.

7.6.3 Muros de proteção

São obras de defesa geralmente dispostas paralelamente à linha de praia, muitas vezes associadas a enrocamentos. São construídas com o objetivo de proteger do ataque frontal das ondas. Tais construções são geralmente instaladas, de forma imprudente, muito próximas ao mar, sejam sobre duna frontal ou pós-praia.

Figura 25. Efeitos negativos resultantes da construção de espigões. As casas 1 e 2, construídas sobre a duna frontal (d), são ameaçadas pelas ondas de ressacas, o que não ocorre com as casas 3 e 4, instaladas mais afastadas da praia (A). Para proteger as casas em perigo, decide-se ampliar a praia (p) mediante a implantação de espigões (e). Os espigões, freando a deriva litorânea (dl), depositam o material de um lado, mas provocam erosão e recuo da praia do lado oposto (B). Para proteger as novas casas ameaçadas, novos espigões serão construídos ao lado dos existentes, transferindo o problema de erosão (efeito dominó) (Fonte: Paskoff, 1985).

Se os muros forem bem construídos e com boa manutenção, podem assegurar a proteção das praias ameaçadas. Entretanto, eles apresentam o grande inconveniente de impedir todas as trocas de areia entre a duna e o estirâncio, as quais são necessárias ao bom equilíbrio do sistema. Com a redução da largura da praia (estirâncio), ocorre uma concentração de energia de arrebentação das ondas que vai provocar um aumento da turbulência da água e conseqüente aceleração da erosão da praia (Figura 26).

Esta situação é muito comum na Região Metropolitana do Recife, onde as construções avançando sobre a praia, sofrem ação das ondas e para sua proteção são feitas intervenções que vão tornar as praias impróprias ao lazer.

Figura 26. Efeitos negativos resultantes da construção de um muro com enrocamento sobre a praia. (A) Situação inicial de uma praia em equilíbrio dinâmico. (B) Construções de casas sobre a duna frontal. (C) Construção de muro de proteção para conter a erosão da duna frontal atacada pela ação das ondas. (D) Construção do enrocamento para conter o ataque direto das ondas no muro de proteção. (Fonte: Paskoff, 1985).

7.6.4 Quebra-mares

São obras longitudinais em relação à linha de praia, que diferem dos muros de proteção por serem implantadas a uma certa distância da praia.

Os quebra-mares têm perfil trapezoidal construídos com material de grande tamanho (blocos de rocha, concreto, tetrápodes) e têm como objetivo principal amortecer o ataque das ondas antes que elas atinjam a praia.

Para se proteger uma praia, pode-se dispor de várias estruturas de quebra-mares, cujos espaçamentos e distâncias da linha de praia devem ser calculados de modo a permitir que as ondas ao penetrarem através de seus espaços sejam igualmente amortecidas quando atingirem a praia. Esse tipo de intervenção foi empregado na praia da Casa Caiada (Olinda).

Esse tipo de obra é mais indicado para costas de baixa amplitude de marés e têm a vantagem de criar entre os quebra-mares e a linha de praia, uma zona de sombra onde se produz um assoreamento, mas apresentam o inconveniente de provocar o processo de erosão no setor adjacente à jusante da corrente (Figura 27).

Os quebra-mares podem ser projetados para permanecerem submersos, amortecendo o ataque das grandes ondas permitindo a passagem das pequenas ondas, evitando uma interrupção total do transporte litorâneo, impedindo que ocorram sedimentos lamosos tão prejudiciais à balneabilidade das praias.

Figura 27. Efeito da construção de um quebra-mar sobre o comportamento morfológico de uma praia. (1) Sentido da deriva litorânea. (2) Linhas de praia antes da construção do quebra-mar. (3) Progradação da linha de praia. (4) Erosão da linha de praia. (5) Cristas de ondas dominantes. (Fonte: Paskoff, 1985)

7.6.5 Alimentação artificial das praias

Diferente das obras anteriores, essa intervenção tem por finalidade corrigir o déficit sedimentar da praia, injetando areia para reestabelecer o perfil de equilíbrio, sem perturbar os processos naturais atuantes no litoral.

É um método muito utilizado em várias praias e menos agressivo do que as intervenções anteriormente descritas. O material a ser utilizado deve estar o mais próximo possível da obra e ser muito semelhante ao que constitui a praia que se quer reconstruir. Geralmente é dragado da plataforma continental interna adjacente, mas em alguns casos pode ser retirado do campo de dunas mais afastado. Em ambos os casos, antes de proceder a retirada do material, deve-se efetuar um estudo integrado para identificar os possíveis impactos ambientais decorrentes da extração de areia.

7.7 Caracterização morfodinâmica da Praia da Boa Viagem

No presente trabalho esta caracterização foi feita com base na metodologia proposta por Wright & Short (1984), que classifica as praias como reflexivas, intermediárias e dissipativas, conforme sua menor ou maior capacidade de dissipar a energia das ondas, através do parâmetro adimensional $\Omega = H_o/W_sT$, onde H_o = altura da onda na arrebentação, W_s = velocidade de sedimentação do grão e T = período da onda.

Se $\Omega < 1$ indica praia refletiva; se $1 < \Omega < 6$ indica praia intermediária e se $\Omega > 6$ indica praia dissipativa. A tendência à erosão ou deposição da praia pode ser sazonal, com sentido preferencial N-S em época de verão e com sentido S-N nos meses de inverno.

O transporte longitudinal foi analisado segundo a metodologia proposta no Shore Protection Manual (1984). Os resultados obtidos mostram que a capacidade do transporte resultante é de 70.000 m³/ano no sentido S-N. Para os dados coletados, foi calculada uma capacidade de transporte de 15.000m³, no sentido N-S.

Algumas observações nas áreas adjacentes mostraram tendências deposicionais ao norte (Praia do Pina) e erosivas ao sul (Praia de Piedade). Estas observações vêm corroborar o que foi obtido teoricamente, tanto com dados genéricos, através de tratamento estatístico, quanto com os dados coletados.

No estudo realizado em Boa Viagem, a praia pode ser classificada na época da pesquisa (outubro/94 a janeiro/95) como intermediária, levemente reflexiva, com tendência erosiva.

A planilha geral de dados, em anexo, mostra os resultados obtidos.

7.8 Dinâmica sedimentar

A dinâmica sedimentar da área foi analisada segundo as tendências de transporte de sedimentos na zona de arrebentação sob a ação de ondas. O transporte total de areias é composto por uma parcela movendo-se paralelamente à praia (transporte longitudinal), e outra perpendicularmente à praia (transporte perpendicular).

O transporte perpendicular foi analisado segundo a metodologia indicada por Sunamura (1973). Os resultados da aplicação do método podem ser vistos na Figura 28. O exame desta figura indica forte capacidade de transporte, seja no sentido mar/praia para ondas pequenas, seja no sentido inverso para ondas maiores. Pode-se concluir que, embora o sistema de ondas existentes tenha capacidade de deposição ocorre falta de material de reposição, indicando um desequilíbrio no transporte perpendicular, com balanço negativo.

Aplicando as expressões de Hallermeier (Shore Protection Manual, 1984) pode-se avaliar a profundidade limite para a qual existe, ainda, intensa movimentação de sedimentos perpendicularmente à praia. Esta profundidade foi avaliada em torno de 5,5 m. Para profundidades maiores, a capacidade de transporte diminui rapidamente. Segundo Hallermeier (op.cit.), esta profundidade estaria em torno de 19 m.

É necessário considerar também, a existência de um banco (continuação do banco de Afogados), situado a 1 Km da praia, onde as profundidades passam de 7m a 3m (Carta no. 930 do DHN), formando um grande canal, onde parte do material retirado da praia pode ter sido aprisionado. Este estudo recomendou a execução de um levantamento batimétrico da plataforma adjacente (inclusive do banco de Afogados).

O transporte longitudinal preferencial se processa no sentido S-N, como indica a Figura 29. O exame dos histogramas citados, mostra que a tendência do transporte é sazonal, com sentido preferencial N-S em época de verão e com sentido S-N nos meses de inverno.

Figura 28. Tendência do transporte sedimentar na Praia da Boa Viagem, estimada segundo Sunamura, 1974.

Figura 29. Representação gráfica da variação das correntes longitudinais na Praia da Boa Viagem.

O transporte longitudinal foi analisado segundo a metodologia proposta no Shore Protection Manual (1984). Os resultados obtidos mostram que a capacidade do transporte resultante, está em torno de 70.000 m³/ano no sentido S-N. Para os dados coletados, calculou-se uma capacidade de transporte de 15.000m³, no sentido N-S.

Algumas observações nas áreas adjacentes mostraram tendências deposicionais ao norte (Praia do Pina) e erosivas ao sul (Praia de Piedade). Estas observações vêm corroborar o que foi previsto teoricamente, tanto com dados teóricos obtidos através de tratamento estatístico, quanto com os dados coletados através da pesquisa realizada na Praia da Boa Viagem.

7.9 Conclusões

Para o trecho estudado na praia da Boa Viagem constatou-se que:

a) Houve um recuo da linha de praia de até 22 m, em 21 anos (1974-1995), nas imediações da rua João Cardoso Ayres. Entre os anos de 1974 a 1983 o recuo foi da ordem de sete metros, a uma taxa de aproximadamente 0,8 m/ano. A partir de 1983 observou-se uma aceleração do processo erosivo, provavelmente amplificado pelas intervenções antrópicas, atingindo até doze metros de recuo, a uma taxa de 1,2 m/ano. O problema foi agravado a partir de 1992, tendo como principais causas mudanças no ambiente praial provocadas principalmente pelas intervenções antrópicas realizadas no local, destacando-se a construção de um calçadão, a retirada da vegetação nativa e das dunas ali existentes. A presença de um desnível topográfico negativo na área também favoreceu o avanço do mar no trecho da praia da Boa Viagem estudado;

b) O trecho de praia estudado não apresenta os três setores que caracterizam o perfil praial bem desenvolvido. A pós-praia, juntamente com o estirâncio e antepraia, está rebaixada e submetida a intenso processo erosivo;

c) Segundo a classificação de Wright & Short (1984), o perfil praial do trecho estudado apresenta um caráter intermediário, levemente reflexivo, com tendência erosiva;

d) Há pequena capacidade de reposição de material e a análise dos perfis de praia mostrou, em alguns casos, uma incipiente recuperação com posterior erosão, permanecendo praticamente constante durante o período de observação;

e) Através dos grupos de perfis topográficos levantados, observou-se uma diminuição dos seus volumes - caracterizando o processo erosivo, atingindo o máximo de $578,46 \text{ m}^3$ (Grupo 2) e o mínimo de $44,72 \text{ m}^3$ (grupo 1);

f) O regime de ondas na área é frontal, com altura significativa predominante situada no intervalo de 0,6 a 0,8 m e período de 6 a 8s;

g) Os ventos, no período estudado, ocorreram segundo a direção preferencial ENE e ESE, com velocidades médias entre 3 a 4 m/s;

h) Houve baixa capacidade de transporte longitudinal, tanto anual quanto sazonal;

i) Observou-se um desequilíbrio dos processos dinâmicos e as suas causas estariam ligadas ao transporte sedimentar e, embora possam ter origem natural (alterações climáticas, elevação do nível do mar, etc.), foram certamente amplificadas por ações antrópicas (obras de proteção do porto, aterros, retirada de material, etc.);

j) Baixa ocorrência de correntes longitudinais, com predominância N-S;

k) Freqüente aparecimento de cúspides praias, com circulação celular e predominância de transporte de sedimentos perpendicular à praia;

l) Transporte longitudinal preferencial no sentido S-N, com fortes evidências locais, tal como a tendência de crescimento da praia do Pina;

m) Para a proteção de trecho estudado, foram propostas duas opções, isto é, restauração da praia com alimentação artificial, tendo em vista a falta de reposição natural, pois foi observado, durante o período estudado, um balanço negativo no transporte de areia pela corrente litorânea e a construção de quatro quebra-mares de 250 m de extensão cada, eqüidistantes 50 m entre si, podendo ser associados com espigões (Figura 30). Os quebra-mares deverão ser colocados segundo o prolongamento dos recifes, de forma a oferecer melhor proteção. Os detalhes construtivos e a cota de coroamento a ser adotada, serão definidos por ocasião da elaboração do projeto executivo pela Prefeitura da Cidade do Recife.

2100500

9098700

MAPA PLANIMÉTRICO C/ OBRAS PROJETADAS

PRAIA DE BOA VIAGEM
TRECHO ENTRE A PRACA DE BOA VIAGEM
E A RUA ARMANDO MOURA

CONVÊNIO - LCGM-UFPE/EMLURB/FADE

Esc. 1/8500

FEVEREIRO/1995

LEGENDA

□ Edificações

~ Linha de Praia em 1995

~ Posição Aproximada dos Recifes

+ Quebramares com Espigões

Clube dos
Sub-Oficiais
Sargentos da
Aeronautica

OCEANO ATLÂNTICO

Conj. Residencial
Transatlântico

Praca Boa Viagem
Hotel Boa Viagem

Figura 30. Mapa Planimétrico representando a disposição dos quebra-mares e dos espigões projetados.

VIII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - A evolução geológica da Folha Recife, situada nas bacias Pernambuco-Paraíba e Cabo, está intimamente associada à Reativação Sul-Atlântica.

2 - No Quaternário houve o desenvolvimento de uma planície costeira, com maior expressão no grande anfiteatro onde hoje se localiza a cidade do Recife. As oscilações do nível do mar associadas às variações climáticas durante o Quaternário, foram os principais fatores determinantes na formação dos depósitos sedimentares e feições geomorfológicas observadas na planície costeira da Folha Recife.

3 - A realização do Zoneamento Geoambiental da Folha Recife, trabalho pioneiro no Estado de Pernambuco, foi baseado na sua compartimentação geológico-geomorfológica, permitindo a divisão da área em unidades de desenvolvimento, conservação e preservação ambiental. Esta classificação foi elaborada segundo o conceito de capacidade de sustentação, que é o limite da quantidade de vida que um habitat específico é capaz de suportar, ou o potencial de ocupação de um ambiente.

4 - Os principais problemas ambientais observados na Folha Recife, ocupada em grande parte pela Região Metropolitana do Recife, que é habitada por cerca de 40% da população do Estado de Pernambuco, devem-se principalmente à falta de um planejamento urbano, que leve em conta as características físicas da área. As péssimas condições sócio-econômicas de boa parte da população, além da falta de educação ambiental, também levam muitas comunidades a ocuparem áreas impróprias e sujeitas a grandes riscos geológicos, agravando acentuadamente o quadro hoje encontrado na Folha Recife.

5 - A erosão marinha observada na costa de Pernambuco, cujos primeiros registros mais sérios datam do começo do século, foi certamente agravada ao longo dos últimos 20 anos, devido principalmente à interferência de atividades antrópicas, tais como, especulação imobiliária, construção inadequada de obras costeiras (espigões, quebra-mares, ampliação de portos), aterros de zonas úmidas (manguezais), retirada indiscriminada de material para construção civil, etc.. Estas atividades levaram à ruptura do frágil equilíbrio que sustenta a zona costeira de Pernambuco, onde interagem fatores físicos marinhos e continentais, bem como fatores bióticos, com o Homem tendo um papel destacado neste processo.

6 - O estudo da erosão marinha realizado na praia da Boa Viagem, através de medições de parâmetros sedimentológicos, morfodinâmicos, hidrodinâmicos e meteorológicos, demonstrou que houve um recuo da linha de praia de até 22 m, entre 1974 a 1995, tendo sido agravado a partir de 1983 devido principalmente a ações antrópicas. O estudo sugeriu à Prefeitura da Cidade do Recife a restauração da praia através de alimentação artificial, além da construção de quatro quebra-mares, que poderão ser associados com espigões. A execução e a manutenção das obras de proteção da praia deverão ser monitorados pelos pesquisadores do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal de Pernambuco (LGGM/UFPE).

IX - BIBLIOGRAFIA

- ALHEIROS, M.M. (1987) Caracterização Sedimentológica da Formação Cabo - Pernambuco. Recife, 99 f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE.
- ALHEIROS, M.M., FERREIRA, M.da G.V.X. (1986) Semelhanças tectono - sedimentares entre a Formação Cabo (PE) e o Membro Carmópolis da Formação Muribeca (AL). I.G. Série B Estudos e Pesquisas, Recife, V.8, p 49-54, 1986.
- ALHEIROS, M.M.; LIMA FILHO, M.F.; MONTEIRO, F.A.J.; OLIVEIRA F J.S. (1988) Sistemas Depositionais na Formação Barreiras do Nordeste Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. Anais ... Belém: SBG. v. 2, p. 753-760.
- ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M.da G. V. X. (1989) Considerações Sedimentológicas e Estratigráficas sobre a Formação Cabo - Pernambuco Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, b.19, n.1, p.17-24, mar.1989.
- ALHEIROS, M.M., LIMA FILHO, M.F.; FERREIRA, M da G.V.X. (1989) Formação Cabo em Recife (PE): Limite setentrional da Bacia Sergipe - Alagoas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 13, 1989. Fortaleza, Atas ... Fortaleza: SBG. p. 150-151.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; NEVES, B.B.B.; FUCHS, R.A. (1977) Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande. Atas ... Campina Grande: SBG. p. 363-391.
- ALVES, E.C.; COSTA, M.P.A. (1986) Interpretação Sismo-Estratigráfica de porção do Platô de Pernambuco e suas possíveis correlações com a Bacia Pernambuco-Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986. Goiânia: Anais ... Goiânia : SBG. v.1, p.286-297.
- AMARAL, A.J.R.; MENOR, E.A. (1979) A Sequência Vulcano-Sedimentar Cretácea da Região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal. Atas ... Natal. SBG. p. 251-269.
- AMARAL, R.F.; LIMA, A.T.O.; 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 (PE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, , 1990, Natal. Anais ... Natal, SBG. v.2 , p. 676-689.
- ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. (1961) O conglomerado do Baixo Pirapama. Cadernos da Faculdade de Filosofia de Pernambuco. Universidade do Recife. V.2, n. XXI, p.1-21.

- ASMUS, H.E. (1975) Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da margem continental brasileira. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, V.5, n. 3, p.160-174.
- ASMUS, H. E; PORTO, R. (1972) Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, 1972, Belém. Anais..., Belém: SBG.v. 2, p. 67-90.
- ASMUS, H.E., CARVALHO, J.C.; ZEMBRUSKI, S. (1973) Evolução do Atlântico e a área Recife-João Pessoa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracaju. Anais ... Aracaju:SBG.Separata: (Resumos do Simpósio de Geodinâmica).
- ASMUS, H. E; CARVALHO, J. C. (1978) Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do Nordeste Brasileiro (Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba). Projeto REMAC, Rio de Janeiro, n. 4, p. 7-24 (Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil).
- ASSIS, H. M. B. (1990) Estudo dos Beach Rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. Recife, 91p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE.
- BEURLIN, K. (1961) Die Palaogeographische Entwicklung des Sudatlantschen Ozeans. Acta Leopoldina, NF 24, n. 154: 36 p.
- BEURLIN, K. (1967) Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. SBG, 16(1); 43-53.
- BEURLIN, K.; COBRA, R. Q. (1960) Novas localidades fossilíferas no litoral sul de Pernambuco. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, 1960 (Resumo das comunicações).
- BIGARELLA, J.J. & AB SABER, A.N. (1964) Paleogeographische und paleoklimatische aspekte des kanozikums in sudbrazilien. Zeitsch.Geomorph., Berlim, NF. 8, p.286-312.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. (1964) Considerações sobre a estratigrafia dos Sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, Recife, n. 2, p. 2-14, 1964.
- 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. 1979. Atas ... São Paulo. p.232-253.
- BORBA, G.S. (1975) Rochas vulcânicas da faixa costeira sul de Pernambuco: aspectos petrográficos e geoquímicos. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 134f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências/UFRJ.

- BRANNER, J.C. (1904) The stone reefs of Brazil their geological and geographical relations with a chapter on the coral reefs. Cambridge: Museum of Comparative Geology. p.285
- BRITO, M.F.L (1992) Estudo faciológico da Formação Cabo numa área piloto a sul da cidade do Recife-PE. Recife, 70f. Relatório de Graduação. CT-Depto de Geologia/UFPE.
- BRITO, M.F.L.; LIMA FILHO, M.F.; ARAÚJO, R.D.; MEDEIROS, A.B.; PEDROSA, F.J.A.; NÓBREGA, V.A. (1991) Levantamento preliminar do comportamento estrutural e tectônico na Sub-Bacia Cabo-PE. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. Atas ..., Recife: SBG. p. 300-302.
- BRITO NEVES, B.B. (1975) Regionalização Geotectônica do Pré-Cambriano Nordeste. São Paulo. 189f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP.
- CARVALHO, R.R. & COUTINHO, P.N. (1979) Evolução da área da Lagoa Olho D'Água, Recife-PE. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, Natal, 1979. Atas ... Natal. SBG. p.182-202.
- CAVALCANTI, L.B & KEMPF, M. (1970) Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil). Trabalhos Oceanográficos, UFPE, 9/11: 149-158.
- CLARK, J.R., (1977) Coastal Ecosystem Management: a technical manual for the conservation of coastal zone resources. 1 ed. Florida. USA, Robert E. Krieger Publishing Co. Inc. 928p.
- COBRA, R. Q. (1960) Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho. Belo Horizonte, 70 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia/UFMG.
- COELHO, P.A. (1969) Os crustáceos decípodes de alguns manguezais pernambucanos. Trabalhos do Instituto Oceanográfico. UFPE. 7/8. 71-90 p.
- CORDANI, U.G.; NEVES, B.B.B.; FUCHS, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F. M. B. (1984) Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. Ciência-Técnica-Petróleo. Seção: Exploração de Petróleo, Rio de Janeiro, n. 15, p. 1-70.
- COSTA, W.D. & SANTOS, A. S. (1990) Zoneamento para utilização de água subterrânea no município do Recife. CIVIL 90, ITEP, Recife, Anais ... Recife, v.2, p.521-530.
- COUTINHO, P.N. (1980) Estudio científico y impacto humano en el ecosistema de manglares. In: SEMINARIO LATINO AMERICANO SOBRE O ESTUDO CIENTÍFICO Y EL IMPACTO HUMANO EM EL ECOSISTEMA DE MANGLARES, 1980, Montevideo. Memorias ... Montevideo. UNESCO: p.160-169.
- COUTINHO, P.N. (1986) Sugestões para gerenciamento de estuários. Arquivos das Ciências do Mar, Fortaleza, 25: 77-86.

- COUTINHO, P.N. & FARIAS, C.C. (1979) Contribuição à origem dos recifes do Nordeste. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal. Atas ... Natal. SBG: p.236-240.
- COUTINHO, P.N. & MORAIS, J.O. (1986) Problemas de gerenciamento de zonas úmidas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, 1986, João Pessoa. Atas ..., João Pessoa: SBG. p. 228-234.
- COUTINHO, P.N., LIMA FILHO, M.F., LIMA, A.T.O., MARTINS, M.H.A., PEDROSA, F.J.A., MANZO, V.A.V., MEDEIROS, A.B., MENEZES, M.O.B., CHAVES, N.S., KATER, K., LIRA, A.R.A., OLIVEIRA, L.A. (1993) Análise Ambiental do Setor Costeiro entre Recife-PE e Pitimbu (PB). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIAS, 45, 1993, Recife. Anais ... Recife (PE). SBPC. p.1:650.
- COUTINHO, P.N.; MANZO, 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, 1994, Recife, Abstracts, D-31.
- DANTAS, J.R.A. (1980) Mapa Geológico do Estado de Pernambuco. Brasília, DNPM, 112 p., 2 mapas.
- DARWIN, C.H. (1841) On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brazil. London, Edinburgh, Dublin, Philos. Mag. & Journ. Sci., London, 19:257-261.
- 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.
- DIAS, J. L. (1991) Análise Estratigráfica e Evolução da fase "Rift" nas Bacias das Margens Leste e Sudeste. Rio de Janeiro., 144f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências/UFRJ.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; Bittencourt, A.C.S.P. ; Leão, Z. M. S.N.; Azevedo, A.E.G. (1990) Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências, 20: 208-215.
- DUARTE, P. G. (1949) Depósitos de fosfatos na Formação Maria Farinha. Anais da Sociedade de Biologia de Pernambuco, Recife, 9(1), p. 37-42.
- EMOPER (1977) Construção dos Quebra-mares semi-submersos nas praias de Olinda. Relatório parcial 1,2,3,4, 5, Recife .
- EMOPER (1978) Projeto executivo das obras de contenção do mar de Olinda entre o molhe norte do porto do Recife e a foz do Rio Doce. Relatório Parcial 4, Recife.
- FALCÃO, M.F.L. (1976) Fácies conglomerática da Formação Cabo. Recife. 96f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação/UFPE.

- FERRAZ, D.S.(1914) O Molhe de Olinda. Recife, Imprensa Industrial. 108 p.
- FIDEM (1987) Proteção da Orla marítima de Olinda. Série de desenvolvimento urbano e meio ambiente - Recife. 61 p.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C (1957) Brasos River Bay: a study in the signification of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 21(3):127-130.
- GALVIN, C. J.(1986) Breaker type classification on three laboratory beaches. Journal of Geophysical Researche, 73:3651-3659.
- GUIMARÃES, I.P;ACCIOLY,A.C.; PORTO,H.M.; LIMA, E.S.; VANNUCI, P. (1992) Caracterização Geoquímica dos Elementos Terras Raras nas Rochas Vulcânicas da Província do Cabo Santo Agostinho. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1992, São Paulo. Anais São Paulo. SBG. v 3. p. 206-210.
- GUSMÃO FILHO, J. A. (1990) Ação Integrada contra riscos geológicos em morros urbanos. In:SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO CONTRA RISCOS GEOLÓGICOS URBANOS, 1,1990, São Paulo. Anais ... São Paulo. ABGE. p.421-435.
- GUSMÃO FILHO, J. A. (1993) Risco Geológico no Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. Anais ... Poços de Caldas. ABGE. v.2, p. 52-261.
- GUSMÃO FILHO, J. A.; ALHEIROS, M. M. & MELO, L. V. (1993) Estudo das encostas de Jaboatão dos Guararapes: sua aplicação no planejamento urbano.In:VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas. ABGE: v. 2, p. 223-231.
- HARTT, C.F. (1870) Geology and Physical Geography of Braz. Fields il, Osgood & Co., Boston, USA, 620 p.
- 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. Academic Press, New York.
- KEGEL, W. (1955) Geologia do fosfato de Pernambuco. DNPM, Div. Geol. Mineral. Bol. 157. Rio de Janeiro.
- KEGEL, W. (1957) Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. Bol. Div. Geol. Mineral. DNPM, Rio de Janeiro, nº 170, 52 p.
- KEGEL, W. (1959) O conglomerado do Cabo. Arquivos de Geologia, Recife, n. 1, p. 23- 35.
- KING, L. (1956) Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: 18(2):147-266
- KOMAR, P. D.(1976) Beach Processes and sedimentation. Prentice-Hall, New Jersey, 429 p.
- KOMAR, P. D.(1983) Handbook of Coastal Processes and Erosion. CRC Press, Florida.

- LABOREL, J.L. (1965) Note preliminaire sur le recifes de gres et recifes de coraux dans e nordest brésilien. Rec. Trav. St. Mar. End., Bull. 37, Fasc. 53:341-344.
- LACERDA, L.D. (1987) Manguezais: Florestas de Beira Mar. Revista.Ciência Hoje, 3(13):64.
- LANA, M.C. & MILANI, E.J. (1986) A Microplaca do Nordeste Brasileiro de Geologia - Um Elemento Dinâmico no Rifteamento Cretácico Inferior. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiana. Anais ... Goiânia.SBG:v.3, p.1131-1144.
- LEÃO, Z.M.Z.N., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L., Nolasco, M.C. & Martin., L. (1985) The effects of Holocene sea level fluctuations on the morphology of the Brazilian coral reefs. Revista Brasileira de Geociências, 15(2): 154-157.
- LIMA FILHO, M.F., BRITO, M.F.L., ARAÚJO, R.D., MEDEIROS, A. B., PEDROSA, F.J.A.; NÓBREGA, V.A. (1991) Arcabouço Estrutural da Sub-Bacia Cabo-PE. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991,Recife.Atas... Recife: SBG. p. 300-302.
- LIMA FILHO, M.F. - Coordenador- (1994) Geologia e Tectônica Sedimentar da Bacia Cabo- PE (Relatório Integrado Final Submetido à FACEPE). 108p.
- LIMA FILHO, M.F.; PEDROSA, F.J.A; COUTINHO, P.N.; MANSO, V.A.V.; MEDEIROS, A.B.; MARTINS, M.H.A.; LIRA, A.R.A. (1994) Erosão Marinha na Região Metropolitana do Recife: Um exemplo de Impacto Ambiental causado pela falta de planejamento urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. Boletim dos Resumos Expandidos, SBG. v.1, p.509-510.
- MABESOONE, J.M. (1964)Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). Journ. Sedim. Petrol., 34: 715-726.
- MABESOONE, J.M (1966) Relief of northeastern Brazil and its correlated sediments. Zeitschr. Geomorph., NF 10: 419-453.
- MABESOONE, J.M. (1968) Sedimentologia. Ed. UFPE. Recife, 473 p.
- MABESOONE, J. M. (1971) O conglomerado da Formação Cabo: origem múltipla? Revista Trimestral da Associação dos Geólogos de Pernambuco.Recife,v.1, p. 25-32.
- MABESOONE, J. M. (1972) Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Geociências.SBG. v.2, 173-188 p.
- MABESOONE,J.M & CASTRO,C.(1975) Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. Bol. Núcleo Nordeste SBG: 3: 5-36.
- MABESOONE, J.M.-Coordenador-(1987) Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento. Recife: UFPE/FINEP/ PADCT, 1987. 60 f. Relatório interno.

- MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M.(1988) Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 476-482, dez. 1988.
- MAGNO, E.A.C.(1989) Carta geomorfológica da Ilha de Itamaracá. .. Recife. 109f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação. Depto. de Ciências Geográficas/UFPE.
- MANSO, V.A.V.; PEDROSA, F.J.A.; COUTINHO, P.N.; SANTOS, A.C.; MEDEIROS, A.B.; MARTINS, M. H.A.; LIRA, A.R.A. (1993) Aquífero Beberibe: Áreas e recarga e sua conservação ambiental. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 5, 1993, Natal.. Anais... Natal SNE.p.1-3.
- MARTIN, L. (1986) Mapeamento geológico do litoral brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE QUATERNÁRIO DAS BAIXADAS LITORÂNEAS BRASILEIRAS, 1, 1986, Rio de Janeiro. Atas... Rio de Janeiro. p.2.01-2.21.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. (1976) Brazilian coastline quaternary formations: the states of São Paulo and Bahia litoral zone evolutive schemes. Intern. Symp. on Continental Margins of Atlantic Type. Anais da Academia Brasileira de Ciências., Rio de Janeiro, 48:325-334.
- MARTIN, L., Bittencourt, A.C.S.P., Vilas Boas, G.S., Flexor, J.M. (1978) Introdução ao estudo do Quaternário da Bahia, trecho Salvador- Ilhéus. Revista Brasileira de Geociências, (4):309-320.
- MARTIN, L., Bittencourt, A.C.S.P., Vilas Boas, G.S. (1981) Différenciation sur photographies aériennes des terrasses sableuses pléistocènes et holocènes du littoral de l'état de Bahia (Brésil). Paris, Photo-Interpretation, 3:fasc. 4/5
- MARTIN, L., Domingues, J.M.L., Suguio, K., Bittencourt, A.C.S.P., Flexor, J. (1983) Schema de la sedimentation quaternaire sur la partie centrale du litoral brésilien. Cah, ORSTOM, Sér. Géol, Paris, XIII(10):59-81.
- MEDEIROS, A. B. (1991) Mapeamento geológico de uma área a sudeste da cidade do Cabo-PE. Recife. UFPE. Recife. 74 f. Relatório de Graduação. Depto. de Geologia/UFPE.
- MEDEIROS, A.B.; LIMA FILHO, M.F.; PEDROSA, F.J.A.; BRITO, M.F.L.; NÓBREGA, V.A.; ARAÚJO, R.D. (1991) Considerações sobre o Quaternário numa área a sudeste da cidade do Cabo-PE. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife.. Atas ... Recife. SBG. p.69-71.
- MILANI, E. (1987) Aspectos da Evolução Tectônica das Bacias Recôncavo e Tucano Sul, Bahia, Brasil. Rio de Janeiro, Petrobrás.(CENPES, Série Ciência -Técnica - Petróleo. Seção Exploração, 18).
- MORAIS, L.S. (1928) Estudos Geológicos do Estado de Pernambuco, Boletim Serviço. Geologia e Mineração. Brasil., DNPM. Rio de Janeiro. 32: 69-70.

- MUNIZ, G. C. B.; ALMEIDA, J. A. C. (1988) Contribuição ao conhecimento da idade do calcário Ipojuca, Formação Estiva, Bacia do Cabo-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. Anais ... Belém: SBG. v. 6, p.2371-2374.
- NEUMANN, V. H. M. L. (1991) Geomorfologia e sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco (Brasil). Recife. 95f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE.
- NÓBREGA, V.A.; ALHEIROS, M.M. (1991) Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco-Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. Atas ... Recife: SBG. p.75-77.
- PASKOFF, R. (1985) Les Littoraux: impact des aménagements sur leur évolution. Masson & Cie. Paris, Collection Géographie, 184 p.
- PEDROSA, F. J. A.; NÓBREGA, V.A.; LIMA FILHO, M. F.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. L.; ARAÚJO, R. D. A. (1991) Nota sobre a ocorrência de um arenito conglomerático pré-Barreiras na Sub-Bacia Cabo(PE). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, 1991, Recife. Atas ... Recife: SBG. p.72-74.
- PETRI, S. (1987) Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. Paleogr., Paleoclimat., Paleoecol. 59: 117-168.
- PONTE, F.C.; ASMUS, H.E. (1976) The Brazilian Marginal Basins: current state of knowledge. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.48, p.215-239.(Suplemento).
- RAND, H.M. (1967) Estudos geofísicos na faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. SBG. v.16,n1, p. 43-56.
- RAND, H. M. (1976) Estudos geofísicos na faixa litorânea sul de Recife. Recife, UFPE . 112 f. Tese de Livre Docência. CT-Depto de Engenharia de Minas/UFPE.
- REGALI, M.S.P.; SANTOS, A.S. ; UESUGUÍ, N. (1974) Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil. Boletim.Técnico da. Petrobrás, V. 17, N 3, p. 177-191.
- ROCHA, D.E.G.A. (1990) Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Carta Geológica, Carta Metalogenética/Previsional. Escala 1:100.000 (Folha SC. 25-V-A-II-Vitória de Santo Antão). Estado de Pernambuco. Brasília.
- SAMPAIO, A. S. (1991) Geologia do Quaternário costeiro ao sul de Recife (Praia de Boa Viagem - Praia do Paiva). Recife. 70p. Relatório de Graduação. Depto. de Geologia/UFPE.
- SHORE PROTECTION MANUAL (1984) 4ed. U.S. Vicksburg, M.S. Army Bugineer Waterways Experiment Station, 2v.
- SIAL, A.N; LONG,L..E & BORBA,G.S. (1987) Field Trip Guide, Excursion Cretaceous magmatic Province of Cabo, Pernambuco, Northeast Brazil. Revista Brasileira de Geociências., 17: 667 -673.

- SUDENE (1973) Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife. v. 1, 359 p. 01 (mapa em envelope separado).
- SUGUIO, K. (1992). Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol/ Kenitiro Suguió - São Paulo: T.A.Queiroz. v.15: 171p (Biblioteca de ciências naturais).
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. (1976) Presença de tubos fósseis de *Calianassa* nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. Boletim IG-USP, v. 7, p. 17-26, 1976.
- SUGUIO, K., Flexor, J.M., Bittencourt, A.C.S.P., Azevedo, A.E.G. (1985) Flutuações o nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Revista Brasileira de Geociências, 15(4): 273-286.
- SUNAMURA, T. (1973) Coastal cliff erosion due to waves: field investigations and laboratory experiments. Tokyo University, Fac. Eng. Journ., 32: 1-86.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J.B.L.; ZANOTTO, C. & WOLFF, B. (1987) Evolução tectônica da margem continental brasileira. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.17. n.2. p.180-188.
- TOLDO Jr, E.E. & DORNELES, C.E. (1991) Programa de Análise Completa (PANCOM). Sistema de Análises Granulométricas (ECD). Pesquisas. Instituto de Geociências/UFRGS.
- TRICART, J., (1959) Problèmes géomorphologiques du littoral oriental du Brésil. Cahiers Océanogr., 11:276-308.
- UNESCO (1993) Coasts: Managing Complex Systems. Environment and Development Briefs. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. 16p.
- VANDOROS, P.; CORDANI, U.; MATZKO, J. J. (1966) Idades absolutas das rochas ígneas da região do Cabo, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 20, 1966, Vitória. Resumo dos Trabalhos. Vitória: SBG. p. 64-66. Publicação n. 1.
- VANDOROS, P.; VALARELLI, J. V. (1976) Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. Resumo dos trabalhos. Ouro Preto: SBG. p. 19
- WRIGHT, L.D.; MAY, S.K.; SHORT, A.D. & GREEN, M.O. (1984) Beach and surf zone equilibria and response times. International Conference of Coastal Engineering., 19, 1984, Houston, Texas. Proceedings... Houston, Texas. Asce, p. 2150-2164.
- WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. (1984) Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, 56: 93-118.

ANEXO 1

**Mapa geológico-geomorfológico mostrando o Zoneamento Geoambiental da
Folha Recife**

ANEXO 2

**Mapa planimétrico mostrando a variação da linha de costa entre 1974 e 1995
(Praia da Boa Viagem)**

ANEXO 3

Planilha de dados do Monitoramento da Erosão Marinha na Praia da Boa Viagem

Obs	Data	Horário da medição		Dados da Maré		Dados da Onda	
		Hora inicio	Hora fim	Hora	Alt Maré	H	T
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	28/09	09:35	10:30	09:45	1.4	0,67	10,57
2	28/09	15:30	nt	16:11	0.8	0,45	9,93
3	29/09	15:50	16:45	17:34	0.7	0,57	8,64
4	30/09	06:25	07:04	06:09	0.5	0,45	8,93
5	30/09	11:05	11:43	12:19	1.6	0,61	8,79
6	01/10	07:29	08:35	07:00	0.3	0,45	9,50
7	01/10	13:02	14:15	13:08	1.8	0,51	9,07
8	02/10	07:25	nt	07:43	0.1	0,31	9,43
9	02/10	13:40	14:43	13:51	2.0	0,55	9,71
10	03/10	08:25	9:30	08:23	0.0	0,29	9,57
11	03/10	14:20	15:35	14:30	2.2	0,66	8,57
12	04/10	09:00	9:55	09:02	0.2-	0,20	8,93
13	04/10	14:20	15:10	15:09	2.3	0,78	8,71
14	05/10	09:30	10:40	09:45	0.2-	0,34	9,71
15	05/10	15:35	16:28	15:51	2.4	0,51	9,43
16	06/10	10:00	10:45	10:24	0.2-	0,30	9,71
17	06/10	15:58	16:34	16:32	2.4	0,83	8,93
18	07/10	17:15	17:50	17:13	2.3	0,94	8,29
19	08/10	05:50	06:40	05:45	2.2	0,81	6,64
20	08/10	11:35	13:00	11:54	0.1	0,48	9,21
21	09/10	06:36	07:46	06:36	2.0	0,92	8,36
22	09/10	12:39	nt	12:47	0.3	0,55	9,21
23	10/10	07:40	08:35	07:36	1.8	1,02	8,43
24	10/10	14:15	15:10	13:49	0.5	0,59	8,21
25	11/10	08:40	09:35	08:49	1.6	0,70	8,07
26	11/10	14:45	16:00	15:09	0.6	0,78	7,86
27	12/10	10:00	11:20	10:15	1.6	0,96	9,36
28	12/10	16:00	nt	16:38	0.6	0,61	7,21
29	13/10	05:35	07:15	05:19	0.4	0,56	8,07
30	13/10	12:00	12:55	11:41	1.6	1,13	8,79
31	14/10	06:30	07:35	06:23	0.4	0,75	6,29
32	15/10	07:18	09:05	07:11	0.3	0,51	9,00
33	15/10	13:20	14:35	13:24	1.8	0,72	9,14
34	16/10	07:35	09:20	07:54	0.2	0,60	8,07
35	16/10	13:20	14:05	14:02	1.9	1,39	11,21
36	17/10	08:45	09:42	08:28	0.2	0,72	8,79
37	17/10	14:12	15:12	14:36	2.0	0,62	7,64
38	18/10	08:37	09:50	09:00	0.1	0,49	8,57
39	18/10	14:20	15:15	15:06	2.1	0,84	6,43
40	19/10	09:15	10:20	09:30	0.1	0,64	7,36
41	19/10	15:50	17:15	15:38	2.1	1,01	6,57
42	20/10	10:12	11:17	10:00	0.1	0,66	7,36
43	20/10	16:05	17:10	16:06	2.1	1,16	6,93
44	21/10	16:04	17:00	16:39	2.0	0,89	6,86
45	21/10	11:05	12:20	11:00	0.3	0,69	7,36
46	22/10	16:17	17:11	17:11	2.0	0,87	6,71
47	23/10	05:40	07:00	05:36	1.8	0,86	7,07
48	23/10	11:20	13:10	11:30	0.4	0,60	6,57
49	24/10	06:10	07:34	06:11	1.7	0,94	6,36
50	24/10	12:20	13:15	12:06	0.5	0,60	6,57
51	25/10	06:25	07:32	06:56	1.6	0,82	7,07
52	25/10	13:05	14:25	12:51	0.6	0,70	7,43

Obs	Data	Horário da medição		Dados da Maré		Dados da Onda	
		Hora início	Hora fim	Hora	Alt Maré	H	T
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
53	26/10	07:40	08:45	07:51	1.5	1,01	6,64
54	26/10	13:52	14:43	13:51	0.7	0,59	7,21
55	27/10	09:05	09:55	09:00	1.5	1,22	6,50
56	27/10	15:15	16:25	15:13	0.7	0,66	6,14
57	28/10	09:50	10:50	10:19	1.5	0,66	6,36
58	29/10	05:20	06:38	05:19	0.5	0,76	8,79
59	29/10	11:10	12:03	11:30	1.6	0,98	8,50
60	30/10	06:40	07:50	06:17	0.3	0,64	6,21
61	30/10	12:20	13:02	12:26	1.8	1,28	7,21
62	31/10	06:27	07:45	07:06	0.1	0,65	8,71
63	31/10	14:00	15:15	13:13	0.2	0,78	7,07
64	01/11	07:23	08:35	07:53	0.0	0,54	7,43
65	01/11	14:15	15:20	14:00	2.2	1,36	8,14
66	02/11	08:39	09:30	08:36	0.1-	0,51	7,07
67	02/11	14:31	15:15	14:43	2.3	1,14	7,29
68	03/11	09:35	10:45	09:19	0.1-	0,59	7,86
69	04/11	16:00	17:02	16:09	2.4	1,16	5,79
70	05/11	10:50	12:05	10:51	0.0	0,49	6,21
71	05/11	16:20	17:35	16:58	2.3	1,19	6,00
72	06/11	05:36	06:45	05:30	2.2	0,82	5,07
73	06/11	11:25	12:50	11:38	0.1	0,83	6,07
74	07/11	07:00	07:45	06:23	2.0	1,02	4,79
75	07/11	12:47	13:27	12:30	0.3	0,64	5,50
76	08/11	07:14	08:08	07:19	1.8	0,86	7,36
77	08/11	13:15	14:03	13:32	0.4	0,54	6,93
78	09/11	08:11	09:35	08:24	1.7	0,98	6,57
79	09/11	14:05	15:05	14:45	0.6	0,49	7,57
80	10/11	09:42	10:47	09:41	1.6	0,59	7,86
81	10/11	15:50	16:50	16:00	0.6	0,82	8,21
82	11/11	10:40	11:42	10:58	1.6	1,06	7,29
83	11/11	17:14	17:45	17:09	0.6	0,58	8,79
84	12/11	05:36	07:30	05:47	0.5	0,70	9,64
85	12/11	12:35	13:40	12:02	1.7	0,98	9,00
86	13/11	06:50	07:35	06:39	0.4	0,69	8,07
87	13/11	12:05	12:46	12:53	1.8	0,80	8,21
88	14/11	07:25	08:50	07:23	0.4	0,60	6,57
89	14/11	13:40	14:50	13:34	1.8	1,04	6,29
90	15/11	08:25	09:23	08:00	0.3	0,73	8,50
91	15/11	14:25	15:35	14:08	1.9	1,19	7,79
92	16/11	15:21	16:35	08:34	0.3	0,92	7,29
93	17/11	08:15	09:17	09:06	0.2	0,66	8,00
94	17/11	16:10	17:00	15:13	2.0	1,19	8,36
95	18/11	09:40	11:00	09:38	0.2	0,76	6,29
96	18/11	15:22	16:24	15:47	2.0	0,76	6,79
97	19/11	10:05	11:01	10:08	0.2	0,70	6,79
98	19/11	15:50	16:59	16:19	2.0	1,16	6,93
99	20/11	04:53	06:20	04:43	1.9	0,65	6,93
100	20/11	10:50	11:55	10:41	0.3	0,49	6,36
101	21/11	05:16	06:30	05:17	1.9	0,71	5,86
102	21/11	11:26	12:05	11:13	0.3	0,46	6,57
103	22/11	06:35	07:50	05:56	1.8	0,78	6,71
104	22/11	11:29	12:35	11:51	0.4	0,59	7,57
105	23/11	06:13	07:24	06:38	1.7	0,92	9,07

Obs	Data	Horário da medição		Dados da Maré		Dados da Onda	
		Hora inicio	Hora fim	Hora	Alt Maré	H	T
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
106	23/11	12:40	13:50	12:32	0.5	0,59	7,21
107	24/11	07:11	08:14	07:24	1.7	0,76	9,00
108	24/11	13:25	14:30	13:23	0.6	0,61	9,00
109	25/11	08:30	09:38	08:23	1.6	0,75	6,79
110	25/11	14:17	15:10	14:30	0.6	0,63	7,43
111	26/11	09:35	10:13	09:30	1.6	0,87	7,07
112	26/11	15:30	16:09	15:45	0.6	0,58	6,43
113	27/11	10:00	11:15	10:41	1.7	1,04	6,64
114	27/11	16:20	17:20	16:56	0.5	0,88	7,29
115	28/11	05:10	06:30	05:36	0.4	0,51	6,07
116	28/11	11:25	12:24	11:45	1.8	0,81	6,71
117	29/11	06:30	07:30	06:14	0.2	0,40	6,21
118	30/11	07:00	08:00	07:24	0.1	0,48	6,43
119	30/11	13:35	14:40	13:34	2.1	0,82	6,29
120	01/12	07:30	08:45	08:13	0.0	0,49	5,79
121	01/12	13:53	14:45	14:21	2.2	1,29	6,57
122	02/12	08:40	10:00	09:02	0.0	0,48	6,36
123	02/12	15:09	15:42	15:09	2.3	0,94	6,29
124	03/12	10:03	10:55	09:51	0.0	0,61	6,64
125	03/12	16:08	17:05	15:58	2.4	1,45	5,93
126	04/12	10:40	11:30	10:38	0.0	0,54	7,07
127	04/12	16:32	17:22	16:47	2.3	1,28	7,14
128	05/12	05:20	06:10	05:19	2.2	1,22	5,86
129	05/12	11:15	12:20	11:24	0.1	1,66	6,64
130	06/12	05:50	06:37	06:08	2.1	0,75	5,43
131	06/12	12:30	13:20	12:15	0.2	0,69	6,21
132	07/12	06:45	07:40	07:00	1.9	0,96	6,07
133	07/12	12:50	13:54	13:08	0.4	0,59	7,00
134	08/12	07:54	08:54	07:54	1.8	1,10	6,14
135	08/12	13:55	14:40	14:08	0.5	0,51	5,86
136	09/12	15:15	15:59	08:54	1.7	0,64	5,93
137	10/12	09:54	10:30	10:02	1.6	0,98	5,93
138	10/12	15:55	16:55	16:21	0.7	0,54	5,57
139	11/12	04:50	06:00	04:56	0.6	0,59	5,57
140	11/12	10:45	11:29	11:09	1.6	1,11	5,43
141	12/12	05:30	06:30	05:58	0.6	0,75	6,14
142	12/12	12:10	12:44	12:11	1.6	0,88	6,07
143	13/12	06:44	07:40	06:51	0.5	0,67	6,43
144	13/12	13:07	13:45	13:02	1.7	0,90	6,86
145	14/12	07:29	08:45	07:34	0.4	0,53	6,57
146	14/12	13:27	14:31	13:45	1.8	0,72	6,71
147	15/12	08:13	09:13	08:11	0.4	0,72	6,79
148	15/12	13:56	15:00	14:21	1.9	0,80	6,29
149	16/12	08:23	09:44	08:49	0.3	0,52	6,64
150	16/12	15:26	16:30	14:58	2.0	0,70	6,21
151	18/12	09:25	10:15	09:56	0.3	0,49	7,36
152	18/12	15:36	16:24	16:06	2.1	0,71	6,64
153	19/12	10:43	11:47	10:28	0.3	0,54	6,07
154	19/12	16:21	17:02	16:41	2.1	0,72	6,14
155	20/12	05:00	05:58	05:04	2.0	0,70	5,93
156	21/12	05:30	06:20	05:41	1.9	0,60	6,21
157	21/12	11:36	12:28	11:38	0.3	0,51	7,50
158	22/12	06:20	07:20	06:19	1.9	0,82	6,79

Obs	Data	Horário da medição		Dados da Maré		Dados da Onda	
		Hora inicio	Hora fim	Hora	Alt Maré	H	T
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
159	22/12	12:27	13:11	12:17	0.4	0,51	6,36
160	23/12	08:45	07:37	07:02	1.9	0,65	6,93
161	23/12	13:25	14:08	13:02	0.5	0,59	6,36
162	24/12	07:28	08:23	07:54	1.8	0,78	6,07
163	24/12	14:17	15:00	13:58	0.5	0,54	5,79
164	26/12	16:22	17:16	16:15	0.5	0,67	6,50
165	27/12	04:55	05:55	05:00	0.4	0,55	6,29
166	27/12	11:01	11:50	11:06	1.8	1,08	6,64
167	28/12	05:39	06:34	06:06	0.4	0,75	5,79
168	28/12	12:10	13:00	12:13	1.9	1,06	5,93
169	29/12	06:48	08:15	07:08	0.3	0,59	6,93
170	29/12	12:50	13:36	13:13	2.0	0,78	6,00
171	30/12	07:20	08:37	08:02	0.2	0,59	6,86
172	31/12	08:25	09:13	08:53	0.1	0,77	7,14
173	31/12	14:47	15:40	15:00	2.3	1,02	6,36
174	02/01	10:30	11:15	10:26	0.0	0,34	6,36
175	03/01	11:25	12:10	11:11	0.1	0,55	6,64
176	04/01	05:25	06:25	05:53	2.1	1,16	6,43
177	04/01	11:53	12:40	11:58	0.2	0,58	7,00
178	05/01	06:24	07:04	06:34	2.0	0,81	6,50
179	05/01	12:50	13:37	12:43	0.3	0,46	5,71
180	06/01	07:20	08:10	07:17	1.9	0,80	6,57
181	06/01	13:15	13:55	13:28	0.4	0,69	6,50
182	07/01	07:52	08:30	08:04	1.7	0,60	6,29
183	07/01	14:20	15:20	14:21	0.6	0,45	6,57
184	08/01	09:42	10:35	09:00	1.6	0,63	7,64
185	08/01	14:52	15:23	15:23	0.7	0,73	7,14
186	09/01	10:41	11:40	10:08	1.6	0,71	7,71
187	09/01	16:11	17:03	16:36	0.7	0,72	6,43
188	10/01	17:17	18:10	17:47	0.7	0,72	5,86
189	11/01	06:24	07:10	06:47	0.7	0,84	6,00
190	11/01	12:00	12:55	12:30	1.6	0,72	7,00
191	12/01	06:46	07:37	07:09	0.6	0,64	6,36
192	12/01	13:00	13:41	13:21	1.7	0,76	6,43
193	13/01	07:45	08:25	07:56	0.5	0,70	6,36

Obs	Data			Corrente Longitudinal		Cúspides	Zona de
		a incid.	Dist Arreb	Vel.	sentido	Sim/Não	Espraiamento
(1)	(2)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	28/09	0.0	10.00	no	no	Sim	no
2	28/09	2.0-	no	no	no	Sim	no
3	29/09	2.0-	25.00	no	no	Sim	no
4	30/09	0.0	25.00	no	no	Sim	11,0
5	30/09	0.0	32.00	no	no	Sim	17,0
6	01/10	0.0	17.00	no	no	Sim	9,3
7	01/10	2.0-	17.00	no	no	Sim	5,0
8	02/10	no	11.50	no	no	Sim	12,5
9	02/10	0.0	19.50	no	no	Sim	10,8
10	03/10	no	10.80	no	no	Sim	11,2
11	03/10	0.0	12.50	no	no	Sim	11,8
12	04/10	2.0+	20.00	no	no	Não	12,0
13	04/10	0.0	13.00	no	no	Não	12,7
14	05/10	5.0+	7.50	no	no	Não	10,5
15	05/10	0.0	9.00	no	no	Não	10,0
16	06/10	15.0+	18.00	0,16	N>S	Não	7,5
17	06/10	0.0	10.80	no	no	Não	15,3
18	07/10	5.0+	13.50	no	no	Não	12,6
19	08/10	10.0+	23.00	0,24	N>S	Não	4,0
20	08/10	3.0+	27.00	0,157	N>S	Não	5,6
21	09/10	0.0	14.00	0,26	N>S	Não	no
22	09/10	0.0	16.00	-0,18	S>N	Não	12,0
23	10/10	0.0	30.00	no	no	Sim	8,0
24	10/10	5.0-	21.00	-0,57	S>N	Não	no
25	11/10	0.0	20.80	no	no	Não	9,3
26	11/10	2.0+	29.10	no	no	Não	7,8
27	12/10	0.0	30.00	no	no	Não	6,3
28	12/10	2.0+	21.00	-0,45	S>N	Não	no
29	13/10	5.0-	24.00	-0,30	N	Não	12,0
30	13/10	2.0-	19.10	-0,27	S>N	Não	6,4
31	14/10	0.0	25.00	no	no	Não	11,0
32	15/10	5.0-	20.40	-0,16	S>N	Não	10,2
33	15/10	2.0-	18.80	no	no	Não	7,3
34	16/10	0.0	30.00	no	no	Não	5,7
35	16/10	3.0-	16.00	no	S>N	Não	15,2
36	17/10	2.0+	12.80	no	no	Não	13,7
37	17/10	2.0-	21.60	no	no	Não	15,3
38	18/10	2.0+	13.00	0,15	N>S	Não	9,0
39	18/10	2.0-	18.00	no	no	Não	19,1
40	19/10	0.0	33.00	0,11	N>S	Não	16,0
41	19/10	0.0	22.00	0,39	N>S	Não	9,0
42	20/10	0.0	29.00	0,24	N>S	Não	7,8
43	20/10	10.0+	30.00	no	no	Não	8,3
44	21/10	3.0-	31.50	no	N>S	Não	7,5
45	21/10	0.0	21.00	0,18	N>S	Não	14,7
46	22/10	3.0-	27.20	no	N>S	Não	8,8
47	23/10	0.0	31.60	no	no	Não	4,7
48	23/10	0.0	23.00	0,24	N>S	Não	13,8
49	24/10	3.0-	36.00	no	no	Não	8,7
50	24/10	3.0+	16.00	0,24	N>S	Não	13,0
51	25/10	2.0+	33.50	0,33	N>S	Não	5,5
52	25/10	0.0	33.30	0,21	N>S	Não	15,9

Obs	Data			Corrente Longitudinal		Cúspides	Zona de
		a incid.	Dist Arreb	Vel.	sentido	Sim/Não	Espraçamento
(1)	(2)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
53	26/10	5.0+	35.00	0,25	N>S	Não	5,5
54	26/10	0.0	22.70	0,31	N>S	Não	17,6
55	27/10	8.0+	28.00	0,56	N>S	Não	9,0
56	27/10	5.0+	32.00	0,36	N>S	Não	12,5
57	28/10	10.0+	26.00	0,45	N>S	Não	4,5
58	29/10	5.0+	21.00	0,20	N>S	Não	17,0
59	29/10	5.0+	30.00	no	no	Não	7,0
60	30/10	0.0	20.00	no	no	Não	12,5
61	30/10	0.0	30.00	0,12	N>S	Não	9,3
62	31/10	5.0-	27.00	-0,17	S>N	Não	14,7
63	31/10	5.0-	30.00	-0,40	S>N	Não	10,0
64	01/11	5.0-	27.10	-0,12	S>N	Não	21,3
65	01/11	7.0+	30.00	no	N>S	Não	5,0
66	02/11	3.0+	21.00	no	no	Não	14,2
67	02/11	0.0	40.00	no	no	Não	6,8
68	03/11	0.0	17.50	no	no	Sim	8,9
69	04/11	5.0+	24.00	no	no	Não	6,60
70	05/11	0.0	18.00	no	no	Não	9,70
71	05/11	0.0	25.00	no	no	Não	7,50
72	06/11	0.0	24.00	no	no	Não	9,50
73	06/11	0.0	20.40	-0,14	S>N	Não	11,50
74	07/11	0.0	22.00	no	no	Não	5,0
75	07/11	10.0-	15.70	-0,57	S>N	Não	11,20
76	08/11	0.0	25.60	no	no	Não	9,70
77	08/11	5.0-	21.70	-0,35	S>N	Não	17,60
78	09/11	5.0-	21.50	-0,11	S>N	Sim	12,60
79	09/11	0.0	21.70	no	no	Sim	11,20
80	10/11	0.0	21.20	no	no	Sim	12,30
81	10/11	0.0	25.40	no	no	Sim	12,30
82	11/11	0.0	25.00	0,26	N>S	Sim	12,40
83	11/11	0.0	27.00	no	S>N	Sim	9,40
84	12/11	0.0	27.50	no	no	Sim	16,70
85	12/11	0.0	25.50	no	no	Sim	17,30
86	13/11	0.0	28.50	no	no	Sim	10,0
87	13/11	0.0	24.00	no	no	Sim	10,7
88	14/11	0.0	23.50	0,07	N>S	Sim	15,0
89	14/11	2.0+	26.00	no	no	Sim	17,0
90	15/11	5.0+	29.00	0,25	N>S	Sim	11,6
91	15/11	10.0+	23.00	0,30	N>S	Sim	16,7
92	16/11	10.0+	17.00	0,21	N>S	Sim	14,6
93	17/11	0.0	22.60	no	no	Sim	12,0
94	17/11	10.0+	18.00	0,16	N>S	Sim	15,0
95	18/11	0.0	23.00	0,25	N>S	Sim	15,4
96	18/11	0.0	29.00	0,32	N>S	Sim	12,8
97	19/11	5.0+	20.00	0,23	N>S	Sim	9,6
98	19/11	3.0+	36.00	no	no	Sim	6,6
99	20/11	0.0	31.00	0,43	N>S	Sim	9,1
100	20/11	0.0	19.00	0,25	N>S	Não	8,0
101	21/11	2.0+	23.50	0,46	N>S	Sim	8,5
102	21/11	0.0	17.60	no	N>S	Não	7,2
103	22/11	0.0	27.00	0,30	N>S	Sim	6,4
104	22/11	0.0	24.00	no	no	Sim	15,0
105	23/11	0.0	23.00	no	no	Sim	8,5

Obs	Data			Corrente Longitudinal		Cúspides	Zona de
		a incid.	Dist Arreb	Vel.	sentido	Sim/Não	Espraiamento
(1)	(2)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
106	23/11	0.0	24.00	-0,13	S>N	Não	15.7
107	24/11	0.0	25.00	no	no	Sim	13.7
108	24/11	0.0	26.50	no	no	Não	14.0
109	25/11	0.0	37.50	no	no	Não	8.7
110	25/11	0.0	29.00	no	no	Não	12.0
111	26/11	5.0-	24.50	no	no	Sim	8.0
112	26/11	0.0	31.00	no	no	Sim	8.7
113	27/11	0.0	22.00	no	no	Sim	12.0
114	27/11	0.0	33.00	no	no	Não	11.0
115	28/11	0.0	25.40	no	no	Sim	11.4
116	28/11	0.0	24.50	no	no	Sim	9.4
117	29/11	0.0	11.60	no	no	Sim	8.6
118	30/11	5.0+	15.00	0,37	N>S	Sim	24.0
119	30/11	0.0	22.00	0,16	N>S	Sim	13.0
120	01/12	0.0	23.50	0,12	N>S	Não	13.6
121	01/12	0.0	26.00	no	N>S	Não	9.5
122	02/12	0.0	17.00	no	no	Não	8.5
123	02/12	0.0	25.00	no	S>N	Não	9.0
124	03/12	0.0	21.50	no	Osc.	Não	9.5
125	03/12	0.0	35.00	0,38	N>S	Não	7.6
126	04/12	0.0	24.00	no	no	Não	13.5
127	04/12	0.0	25.00	no	N>S	Não	6.3
128	05/12	0.0	29.00	0,65	N>S	Não	8.5
129	05/12	0.0	26.50	0,23	N>S	Não	10.2
130	06/12	10.0+	27.70	0,36	N>S	Não	8.4
131	06/12	0.0	20.00	0,37	N>S	Não	11.7
132	07/12	5.0+	30.00	0,36	N>S	Não	5.5
133	07/12	0.0	21.00	0,29	N>S	Não	11.2
134	08/12	5.0+	35.00	0,34	N>S	Não	9.5
135	08/12	0.0	21.00	no	no	Não	8.2
136	09/12	5.0-	23.00	irreg	no	Não	13.2
137	10/12	0.0	35.00	no	no	Não	9.0
138	10/12	3.0-	18.00	-0,14	S>N	Não	8.8
139	11/12	5.0+	24.50	no	no	Não	9.0
140	11/12	0.0	34.00	0,32	N>S	Não	12.0
141	12/12	0.0	24.40	no	N>S	Não	13.5
142	12/12	0.0	31.00	no	no	Não	9.3
143	13/12	0.0	27.00	no	no	Não	16.5
144	13/12	0.0	33.00	no	no	Não	7.7
145	14/12	0.0	25.50	0,26	N>S	Não	15.0
146	14/12	0.0	24.00	no	no	Não	10.8
147	15/12	5.0+	26.00	0,12	N>S	Não	9.7
148	15/12	0.0	25.00	0,25	N>S	Não	10.8
149	16/12	7.0+	22.50	0,18	N>S	Não	8.7
150	16/12	10.0+	21.00	0,48	N>S	Não	7.2
151	18/12	0.0	17.50	no	N>S	Não	11.0
152	18/12	5.0+	21.00	no	N>S	Não	10.7
153	19/12	10.0+	20.00	no	N>S	Não	10.0
154	19/12	20.0+	20.00	0,67	N>S	Não	10.5
155	20/12	15.0+	16.00	0,19	N>S	Não	7.4
156	21/12	0.0	16.00	0,58	N>S	Sim	8.3
157	21/12	0.0	16.50	no	no	Não	13.6
158	22/12	0.0	17.00	no	N>S	Sim	7.7

Obs	Data	a incid.	Dist Arreb	Corrente Longitudinal		Cúspides	Zona de
				Vel.	sentido	Sim/Não	Espraçamento
(1)	(2)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
159	22/12	0.0	20.50	0,10	N>S	Não	13.3
160	23/12	0.0	16.00	no	no	Sim	11.9
161	23/12	0.0	22.0	0,57	N>S	Sim	13.6
162	24/12	5.0+	25.60	0,22	N>S	Sim	8.4
163	24/12	0.0	26.50	0,16	N>S	Não	10.9
164	26/12	5.0-	28.00	no	no	Não	13.2
165	27/12	0.0	25.00	-0,16	S>N	Não	8.3
166	27/12	0.0	25.00	no	no	Sim	11.2
167	28/12	0.0	26.00	no	N>S	Sim	13.0
168	28/12	0.0	28.00	no	N>S	Não	14.5
169	29/12	no	18.00	0,71	N>S	Sim	19.0
170	29/12	0.0	35.00	no	no	Sim	11.0
171	30/12	0.0	16.00	-0,85	S>N	Sim	13.8
172	31/12	0.0	20.00	no	no	Não	14.6
173	31/12	0.0	28.00	0,47	N>S	Não	7.0
174	02/01	0.0	20.50	0,06	N>S	Não	7.5
175	03/01	5.0+	19.50	0,18	N>S	Não	15.0
176	04/01	5.0+	23.00	0,17	N>S	Não	8.0
177	04/01	0.0	18.00	0,25	N>S	Não	11.5
178	05/01	0.0	20.50	0,25	N>S	Não	8.0
179	05/01	0.0	16.00	0,04	N>S	Não	12.0
180	06/01	0.0	18.00	0,11	N>S	Não	7.0
181	06/01	3.0+	24.00	0,29	N>S	Não	10.4
182	07/01	0.0	17.00	no	no	Não	6.5
183	07/01	0.0	20.00	-0,09	S>N	Não	8.7
184	08/01	0.0	19.50	no	no	Não	6.1
185	08/01	0.0	24.00	0,11	N>S	Não	7.3
186	09/01	5.0+	18.20	0,06	N>S	Não	12.8
187	09/01	0.0	24.00	0,14	N>S	Não	10.0
188	10/01	0.0	23.00	-0,07	S>N	Sim	8.5
189	11/01	0.0	24.00	-0,20	S>N	Sim	11.8
190	11/01	0.0	20.50	no	no	Não	15.2
191	12/01	0.0	27.60	no	no	Sim	4.5
192	12/01	0.0	22.40	no	no	Não	13.5
193	13/01	0.0	27.00	no	N>S	Sim	8.5

Obs	Data	Declividade		Vento		Tendência geral da praia	
		Espraiament	Acreção	Veloc.	W	Out/1994 - Jan/1995	
(1)	(2)	(15)	(16)	(17)	(20)	(21)	(22)
1	28/09	no	no	no	1,06	intermediária	erosão
2	28/09	4	no	no	0,75	refletiva	deposição
3	29/09	5	no	no	1,09	intermediária	erosão
4	30/09	5	no	no	0,83	refletiva	deposição
5	30/09	4	no	no	1,17	intermediária	erosão
6	01/10	3	no	no	0,78	refletiva	deposição
7	01/10	3	no	no	0,93	refletiva	deposição
8	02/10	6	no	no	0,55	refletiva	deposição
9	02/10	4	no	no	0,95	refletiva	deposição
10	03/10	5	no	no	0,51	refletiva	deposição
11	03/10	5	Sim	no	1,29	intermediária	erosão
12	04/10	3	no	no	0,37	refletiva	deposição
13	04/10	6	no	no	1,50	intermediária	erosão
14	05/10	3	no	no	0,58	refletiva	deposição
15	05/10	7	Sim	no	0,89	refletiva	deposição
16	06/10	3	no	no	0,52	refletiva	deposição
17	06/10	10	no	no	1,55	intermediária	erosão
18	07/10	7	Sim	no	1,89	intermediária	erosão
19	08/10	8	Sim	no	2,03	intermediária	erosão
20	08/10	3	Sim	no	0,87	refletiva	deposição
21	09/10	7	Sim	no	1,83	intermediária	erosão
22	09/10	2	no	no	1,00	intermediária	erosão
23	10/10	7	no	no	2,03	intermediária	erosão
24	10/10	6	no	no	1,21	intermediária	erosão
25	11/10	5	no	no	1,44	intermediária	erosão
26	11/10	2	Sim	no	1,66	intermediária	erosão
27	12/10	10	no	no	1,72	intermediária	erosão
28	12/10	6	Sim	no	1,40	intermediária	erosão
29	13/10	4	Erosão	no	1,15	intermediária	erosão
30	13/10	10	Sim	no	2,14	intermediária	erosão
31	14/10	2	Sim	4,5	1,98	intermediária	erosão
32	15/10	1	no	2,0	0,94	refletiva	deposição
33	15/10	9	no	2,3	1,31	intermediária	erosão
34	16/10	1	no	3,0	1,25	intermediária	erosão
35	16/10	7	Sim	1,6	2,06	intermediária	erosão
36	17/10	6	Erosão	3,0	1,37	intermediária	erosão
37	17/10	11	Sim	3,3	1,35	intermediária	erosão
38	18/10	4	no	3,1	0,96	refletiva	deposição
39	18/10	11	Erosão	4,0	2,17	intermediária	erosão
40	19/10	5	no	4,0	1,46	intermediária	erosão
41	19/10	10	Sim	4,0	2,56	intermediária	erosão
42	20/10	2	Sim	4,0	1,49	intermediária	erosão
43	20/10	2	Erosão	4,0	2,78	intermediária	erosão
44	21/10	12	Sim	3,3	2,16	intermediária	erosão
45	21/10	2	Erosão	3,8	1,56	intermediária	erosão
46	22/10	9	no	4,5	2,15	intermediária	erosão
47	23/10	7	Sim	3,7	2,04	intermediária	erosão
48	23/10	3	Estavel	2,6	1,53	intermediária	erosão
49	24/10	21	Estavel	3,8	2,46	intermediária	erosão
50	24/10	0	no	3,2	1,52	intermediária	erosão
51	25/10	7	Sim	3,5	1,93	intermediária	erosão
52	25/10	1	Erosão	3,5	1,57	intermediária	erosão

Obs	Data	Declividade		Vento		Tendência geral da praia	
		Espraiamento	Acreção	Veloc.	W	Out/1994 - Jan/1996	
(1)	(2)	(15)	(16)	(17)	(20)	(21)	(22)
53	26/10	8	*Estavel	3,0	2,54	intermediária	erosão
54	26/10	3	Erosão	3,2	1,36	intermediária	erosão
55	27/10	6	Erosão	4,0	3,12	intermediária	erosão
56	27/10	8	Sim	3,7	1,80	intermediária	erosão
57	28/10	6	Erosão	4,3	1,74	intermediária	erosão
58	29/10	3	*Estavel	4,2	1,44	intermediária	erosão
59	29/10	13	no	2,7	1,91	intermediária	erosão
60	30/10	1	Sim	5,5	1,71	intermediária	erosão
61	30/10	8	no	3,0	2,95	intermediária	erosão
62	31/10	3	Sim	3,7	1,24	intermediária	erosão
63	31/10	12	Erosão	5,0	1,85	intermediária	erosão
64	01/11	3	Sim	5,8	1,22	intermediária	erosão
65	01/11	6	no	4,3	2,79	intermediária	erosão
66	02/11	4	*Estavel	2,0	1,19	intermediária	erosão
67	02/11	7	no	3,5	2,62	intermediária	erosão
68	03/11	1	Erosão	1,5	1,25	intermediária	erosão
69	04/11	8	Erosão	4,0	3,33	intermediária	erosão
70	05/11	2	*Estavel	2,5	1,32	intermediária	erosão
71	05/11	9	Sim	3,0	3,31	intermediária	erosão
72	06/11	7	*Estavel	4,5	2,69	intermediária	erosão
73	06/11	3	Erosão	3,0	2,28	intermediária	erosão
74	07/11	5	no	3,5	3,57	intermediária	erosão
75	07/11	1	Sim	5,0	1,94	intermediária	erosão
76	08/11	6	*Estavel	3,5	1,94	intermediária	erosão
77	08/11	2	*Estavel	3,5	1,30	intermediária	erosão
78	09/11	5	Sim	3,0	2,48	intermediária	erosão
79	09/11	3	no	3,0	1,09	intermediária	erosão
80	10/11	6	*Estavel	2,5	1,25	intermediária	erosão
81	10/11	5	Erosão	3,0	1,66	intermediária	erosão
82	11/11	9	no	4,0	2,43	intermediária	erosão
83	11/11	5	no	3,0	1,10	intermediária	erosão
84	12/11	2	*Estavel	4,5	1,21	intermediária	erosão
85	12/11	3	*Estavel	2,0	1,81	intermediária	erosão
86	13/11	2	no	4,0	1,42	intermediária	erosão
87	13/11	6	no	3,5	1,61	intermediária	erosão
88	14/11	3	*Estavel	3,0	1,53	intermediária	erosão
89	14/11	6	no	4,0	2,75	intermediária	erosão
90	15/11	3	*Estavel	3,5	1,44	intermediária	erosão
91	15/11	4	Erosão	4,0	2,55	intermediária	erosão
92	16/11	5	Sim	4,0	2,09	intermediária	erosão
93	17/11	0	*Estavel	3,5	1,38	intermediária	erosão
94	17/11	7	*Estavel	2,5	2,38	intermediária	erosão
95	18/11	3	no	4,5	2,01	intermediária	erosão
96	18/11	6	*Estavel	4,0	1,86	intermediária	erosão
97	19/11	3	*Estavel	3,5	1,72	intermediária	erosão
98	19/11	8	*Estavel	5,0	2,78	intermediária	erosão
99	20/11	11	*Estavel	4,5	1,57	intermediária	erosão
100	20/11	2	no	5,0	1,30	intermediária	erosão
101	21/11	10	*Estavel	3,5	2,02	intermediária	erosão
102	21/11	3	no	3,0	1,16	intermediária	erosão
103	22/11	10	*Estavel	3,5	1,94	intermediária	erosão
104	22/11	3	*Estavel	3,0	1,30	intermediária	erosão
105	23/11	7	*Estavel	2,0	1,68	intermediária	erosão

Obs	Data	Declividade		Vento		Tendência geral da praia	
		Espraiament	Acreção	Veloc.	W	Out/1994 - Jan/1996	
(1)	(2)	(15)	(16)	(17)	(20)	(21)	(22)
106	23/11	4	*Estável	3.5	1,36	intermediária	erosão
107	24/11	5	no	2.5	1,41	intermediária	erosão
108	24/11	5	*Estável	4.0	1,14	intermediária	erosão
109	25/11	2	*Estável	3.5	1,83	intermediária	erosão
110	25/11	2	*Estável	3.5	1,41	intermediária	erosão
111	26/11	6	no	3.0	2,04	intermediária	erosão
112	26/11	4	*Estável	3.5	1,50	intermediária	erosão
113	27/11	8	no	4.5	2,60	intermediária	erosão
114	27/11	4	no	3.0	2,01	intermediária	erosão
115	28/11	3	*Estável	4.5	1,39	intermediária	erosão
116	28/11	10	*Estável	3.5	2,00	intermediária	erosão
117	29/11	2	Erosão	3.0	1,07	intermediária	erosão
118	30/11	1	Sim	5.0	1,25	intermediária	erosão
119	30/11	10	*Estável	2.0	2,17	intermediária	erosão
120	01/12	no	no	4.0	1,42	intermediária	erosão
121	01/12	9	*Estável	4.0	3,27	intermediária	erosão
122	02/12	4	Sim	4.0	1,26	intermediária	erosão
123	02/12	6	Erosão	2.5	2,49	intermediária	erosão
124	03/12	0	Erosão	3.5	1,54	intermediária	erosão
125	03/12	6	Erosão	3.0	4,06	intermediária	erosão
126	04/12	4	Sim	2.5	1,28	intermediária	erosão
127	04/12	10	Erosão	3.5	2,98	intermediária	erosão
128	05/12	9	*Estável	4.0	3,46	intermediária	erosão
129	05/12	4	no	3.5	4,17	intermediária	erosão
130	06/12	8	*Estável	3.5	2,29	intermediária	erosão
131	06/12	4	Sim	4.5	1,84	intermediária	erosão
132	07/12	4	*Estável	5.0	2,65	intermediária	erosão
133	07/12	4	*Estável	3.0	1,41	intermediária	erosão
134	08/12	12	Sim	3.0	2,97	intermediária	erosão
135	08/12	4	Erosão	2.5	1,44	intermediária	erosão
136	09/12	3	*Estável	4.0	1,80	intermediária	erosão
137	10/12	5	*Estável	2.5	2,74	intermediária	erosão
138	10/12	3	*Estável	3.0	1,62	intermediária	erosão
139	11/12	3	no	4.0	1,77	intermediária	erosão
140	11/12	4	Erosão	3.0	3,40	intermediária	erosão
141	12/12	2	Sim	4.0	2,03	intermediária	erosão
142	12/12	5	Erosão	4.0	2,41	intermediária	erosão
143	13/12	2	*Estável	3.5	1,75	intermediária	erosão
144	13/12	5	*Estável	2.5	2,20	intermediária	erosão
145	14/12	3	Sim	3.0	1,34	intermediária	erosão
146	14/12	5	*Estável	4.0	1,79	intermediária	erosão
147	15/12	2	Erosão	3.0	1,78	intermediária	erosão
148	15/12	6	*Estável	2.5	2,11	intermediária	erosão
149	16/12	1	*Estável	2.5	1,30	intermediária	erosão
150	16/12	6	Erosão	2.0	1,87	intermediária	erosão
151	18/12	4	*Estável	2.0	1,12	intermediária	erosão
152	18/12	6	Sim	4.0	1,78	intermediária	erosão
153	19/12	4	*Estável	5.0	1,49	intermediária	erosão
154	19/12	6	*Estável	6.0	1,96	intermediária	erosão
155	20/12	7	*Estável	Terral	1,96	intermediária	erosão
156	21/12	8	Sim	2.5	1,62	intermediária	erosão
157	21/12	2	*Estável	3.0	1,12	intermediária	erosão
158	22/12	7	*Estável	3.5	2,01	intermediária	erosão

Obs	Data	Declividade		Vento		Tendência geral da praia	
		Espraiament	Acreção	Veloc.	W	Out/1994 - Jan/1995	
(1)	(2)	(15)	(16)	(17)	(20)	(21)	(22)
159	22/12	2	*Estável	2.5	1,33	intermediária	erosão
160	23/12	4	*Estável	1.5	1,57	intermediária	erosão
161	23/12	3	Sim	3.5	1,55	intermediária	erosão
162	24/12	6	no	3.5	2,15	intermediária	erosão
163	24/12	4	Erosão	3.5	1,56	intermediária	erosão
164	26/12	2	Erosão	3.0	1,73	intermediária	erosão
165	27/12	4	*Estável	3.0	1,47	intermediária	erosão
166	27/12	6	Sim	3.0	2,72	intermediária	erosão
167	28/12	3	*Estável	5.0	2,15	intermediária	erosão
168	28/12	4	no	3.5	2,98	intermediária	erosão
169	29/12	2	*Estável	5.0	1,42	intermediária	erosão
170	29/12	6	*Estável	4.5	2,18	intermediária	erosão
171	30/12	2	Erosão	4.0	1,43	intermediária	erosão
172	31/12	3	Sim	4.5	1,80	intermediária	erosão
173	31/12	9	Sim	2.5	2,68	intermediária	erosão
174	02/01	3	*Estável	3.5	0,88	refletiva	deposição
175	03/01	2	Erosão	3.0	1,39	intermediária	erosão
176	04/01	8	no	3.0	3,00	intermediária	erosão
177	04/01	1	Erosão	2.5	1,38	intermediária	erosão
178	05/01	9	Sim	2.0	2,07	intermediária	erosão
179	05/01	2	*Estável	1.0	1,34	intermediária	erosão
180	06/01	7	*Estável	Terra	2,02	intermediária	erosão
181	06/01	3	*Estável	2.5	1,76	intermediária	erosão
182	07/01	6	*Estável	2.5	1,60	intermediária	erosão
183	07/01	4	*Estável	3.0	1,13	intermediária	erosão
184	08/01	3	*Estável	2.0	1,37	intermediária	erosão
185	08/01	3	*Estável	3.0	1,71	intermediária	erosão
186	09/01	4	*Estável	2.5	1,54	intermediária	erosão
187	09/01	3	*Estável	4.0	1,87	intermediária	erosão
188	10/01	5	*Estável	3.0	2,06	intermediária	erosão
189	11/01	3	Erosão	3.0	2,34	intermediária	erosão
190	11/01	4	Sim	2.5	1,72	intermediária	erosão
191	12/01	6	Erosão	4.0	1,67	intermediária	erosão
192	12/01	7	no	3.0	1,97	intermediária	erosão
193	13/01	4	Sim	5.0	1,83	intermediária	erosão

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR
ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA FOLHA RECIFE (PE)

MESTRANDO: Fábio José de Araújo Pedrosa

ORIENTADOR: Prof. Dr. Vicente José Fulfaro

ESCALA 1:100.000

1995

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS	CONVENÇÕES GEOLÓGICAS
NÚCLEO URBANO	FALHAS DEFINIDAS
RODOVIA FEDERAL	FALHAS INFERIDAS
RODOVIA ESTADUAL	CONTATO GEOLÓGICO - GEOMORFOLÓGICO
ESTRADA VICINAL	FOLÓGICO
FERROVIA	
RIO, RIACHO	

COMPARTIMENTAÇÃO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICA	CLASSIFICAÇÃO GEOAMBIENTAL (USO POTENCIAL)
DEPÓSITOS PRAIAIS (Areias eólicas e praias recentes)	CONSERVAÇÃO
RECIFES (Bancos de arenito e construções algólicas ou corálineas)	PRESERVAÇÃO
ZONAS ÚMIDAS (Depósitos areno-argilosos com matéria orgânica)	
TERRAÇOS MARINHOS (Areias quartzosas inconsolidadas)	CONSERVAÇÃO
TERRAÇOS FLUVIAIS (Sedimentos aluviais recentes)	
TABULEIROS COSTEIROS (Fm. Barreiras)	
DOMÍNIO COLINOSO (Fm. Cabo, Fm. Ipojuca, Fm. Estiva, Fm. Algodóais, Fm. Beberibe, Fm. Gramame)	DESENVOLVIMENTO
MODELADO CRISTALINO (Embasamento Cristalino: granitos, metassedimentos e gnaisses)

MAPA PLANIMETRICO

MONITORAMENTO DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA
DA PRAIA DE BOA VIAGEM - TRECHO ENTRE A PRACA
DE BOA VIAGEM E A RUA ARMINDO MOURA

ESCALA : 1/5000 CONVENIO: LGGM-UFPE/EMLURB/FADE

COORDENADOR : PROF. VALDIR VAZ MANSO

EXECUTORES : PROF. ALEXANDRE TADEU DE O. LIMA
PROF. PAULO DA NOBREGA COUTINHO
ALBERTO BEZERRA DE MEDEIROS
ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA
ANNA ROSA DO AMARAL LIRA
FABIO JOSE ARAUJO PEDROSA
MARCUS HENRIQUE ABREU MARTINS
NUBIA SIQUEIRA CHAVES
ROBSON XAVIER DUARTE

FEVEREIRO/1995

9100500

9100300

9100100

9099900

9099700

9099500

9099300

9099100

9098900

9098700

LEGENDA

- Edificacoes e Quadras
- Meto-fto
- Mureta
- Vegetacao Rasteira
- Barraca de Venda de Coco
- Linha de Costa em 1974
- Linha de Costa em 1983
- Linha de Costa em 1995 (Enrocamento)
- Posicao Aproximada dos Recifes
- Localizacao dos Principais Perfis de Praia (Grupo : 01, 02, 03 e 04)