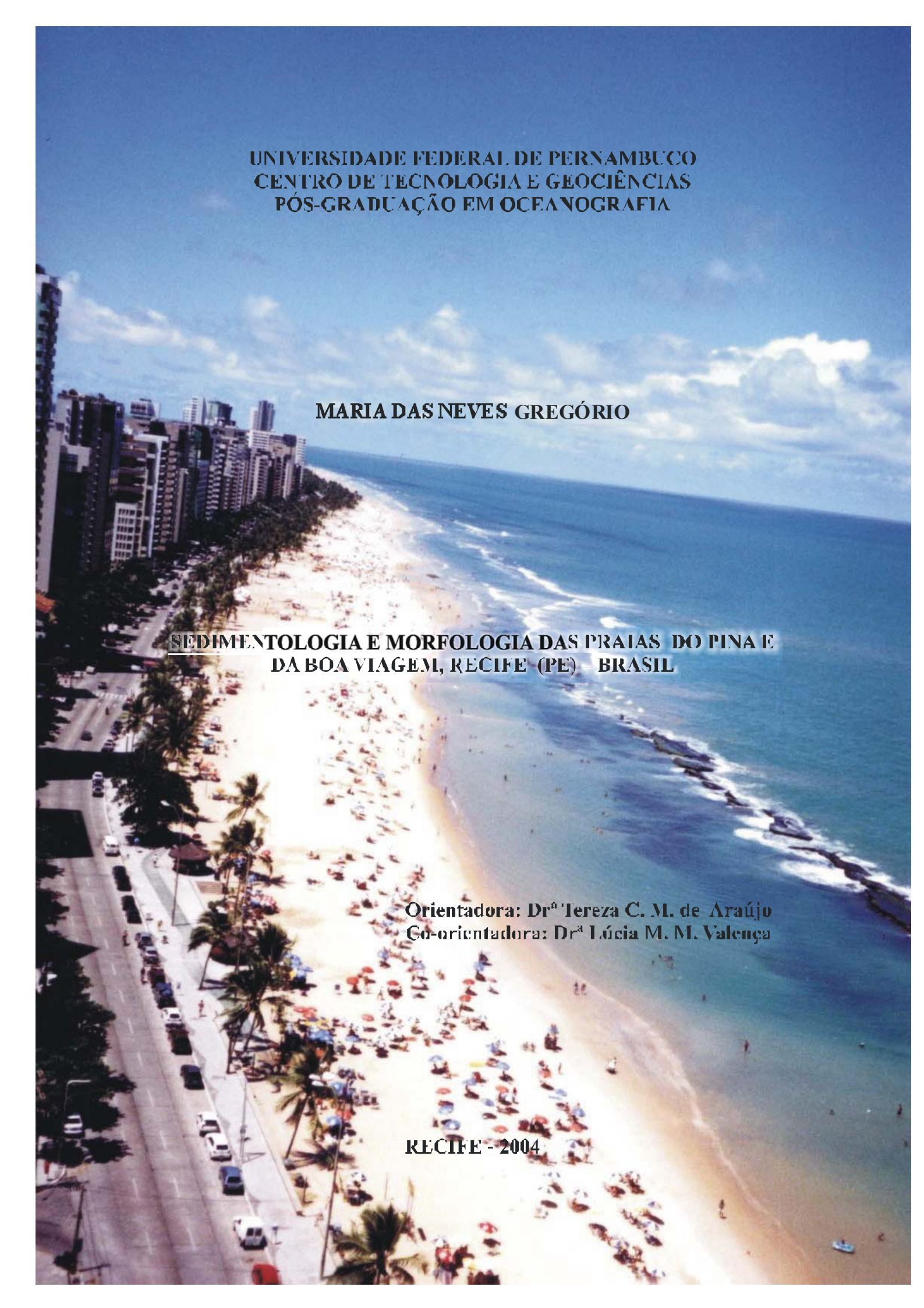




UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

MARIA DAS NEVES GREGÓRIO

**SEDIMENTOLOGIA E MORFOLOGIA DAS PRAIAS DO PINA E
DA BOA VIAGEM, RECIFE (PE) – BRASIL**

Orientadora: Dr^a Tereza C. M. de Araújo
Co-orientadora: Dr^a Lúcia M. M. Valença

RECIFE - 2004

MARIA DAS NEVES GREGÓRIO

**SEDIMENTOLOGIA E MORFOLOGIA DAS PRAIAS DO PINA E DA
BOA VIAGEM, RECIFE (PE) – BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco sob a orientação da Profª Drª Tereza Cristina Medeiros de Araújo e co-orientação da Profª Drª Lúcia Maria Mafra Valença, para preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Oceanografia, na área de Oceanografia Abiótica.

**RECIFE – PE
2004**

**SEDIMENTOLOGIA E MORFOLOGIA DAS PRAIAS DO PINA E DA BOA
VIAGEM, RECIFE (PE) – BRASIL**

MARIA DAS NEVES GREGÓRIO

Aprovado

Profª Drª Tereza Cristina Medeiros de Araújo (UFPE)

12/02/2004

Profª Drª Carmen Medeiros (UFPE)

12/02/2004

Profª Drª Lidriana Pinheiro – UECE

12/02/2004

**São o trabalho, a confiança e a
perseverança que conduzem
ao sucesso.**

RESUMO

O desenvolvimento dos centros urbanos aumenta a pressão humana sobre os ambientes costeiros, gerando uma crescente degradação dos mesmos. As praias são ambientes costeiros importantes para o lazer, turismo e fonte de renda, mas sua principal função é a proteção da costa. Vários pontos da costa pernambucana apresentam problemas de erosão marinha, que varia de moderada a severa, porém não há, ainda, um diagnóstico preciso para a compreensão das causas locais e regionais. As praias do Pina e da Boa Viagem são praias urbanas, apresentam algumas obras rígidas de contenção de erosão marinha e a Prefeitura da Cidade do Recife prevê a construção de um quebra mar submerso, com 2 mil metros de extensão da orla, no trecho entre o Hotel Boa Viagem e a praia de Piedade. Com objetivo de caracterizar a variação sedimentológica e morfológica no trecho localizado entre a praia do Pina e o limite da cidade do Recife (Piedade – Jaboatão), verificar o estado erosivo do citado ambiente, bem como observar possíveis mudanças sazonais, foram coletadas 13 amostras de sedimentos superficiais ao longo do arco praial, nos meses de Junho de 2002 e Dezembro de 2002, e monitorados 05 perfis topográficos, no período Agosto de 2002 à Setembro de 2003, durante a maré de sizígia. Os perfis encontram-se numerados de 1 a 5, no sentido de norte para sul. A definição de cada ponto a ser monitorado levou em consideração se a praia é aberta, protegida por recife, ou se contém obras de contenção marinha. Os sedimentos coletados ao longo do arco praial foram classificados de areia muito fina a média durante a estação chuvosa, e de areia fina à média na estação seca. Apresentaram uma maior ocorrência de distribuições moderadamente selecionados nas duas estações, sendo de menor representatividade na estação seca, com menor energia. Quanto à assimetria, foi observada uma maior ocorrência de curvas aproximadamente simétricas nas duas estações, com maior representatividade na estação chuvosa, indicando um ambiente de maior energia nesta estação. Os sedimentos apresentaram distribuições mesocúrtica em ambas estações, sugerindo-se uma mistura no selecionamento dos grãos. Os sedimentos são constituídos por grãos de quartzo (80%) e material bioclástico (20%). Os grãos de quartzo variam de subarredondados a arredondados, com alta esfericidade, e textura superficial brilhante, indicando um transporte aquático. Quanto ao volume sedimentar em cada perfil foi observado a seguinte variação para o período monitorado: O perfil 01 apresentou um balanço sedimentar negativo, no valor de $-30,16 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$; um balanço positivo para o perfil 02 ($+9,89 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$), caracterizando um certo equilíbrio entre a perda e a ganho de sedimentos; o Perfil 03 também apresenta um equilíbrio entre a perda e ganho de sedimentos, com um balanço positivo ($+13,69 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$); no Perfil 04 foi observada uma grande variação em seu volume sedimentar, tendo no final apresentando um balanço negativo ($-22,79 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$); e o Perfil 05 apresentou um certo equilíbrio entre a perda e o ganho de sedimentos, entretanto com volume negativo ($-6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$). Em relação à disposição dos perfis no sentido Norte-Sul, a variação no volume sedimentar apresenta um certo equilíbrio na parte central da área estudada, constatando-se uma maior variação no volume sedimentar em relação aos extremos Norte e Sul da área. O perfil que apresentou a maior variação em seu volume foi o perfil 04, valendo salientar que houve, durante o período monitorado, intervenção da Prefeitura da Cidade Recife entre os meses de Janeiro a Março/03, para conter a ação erosiva do mar.

ABSTRACT

The development of urban centers at the coast increase the human pressure on the coastal environment resulting in a growing degradation. The beaches are important coastal environments for leisure, tourism and source of income, but their main function is protect the coast. Many locations at Pernambuco's coast present problems of erosion, that vary from moderate to severe, however there is not, yet, enough knowledge to understand the local and regional causes. Boa Viagem Beach and Pina Beach are urban beaches that present some hard structures against erosion and the city hall of Recife wants to build a submersed breakwater extending 2,000 meters between Boa Viagem Hotel and Piedade Beach. In order to characterize the sedimentary and morphologic variations of the beach environment between Pina Beach and the south limit of Recife city (Piedade-Jaboatão), to verify the erosive conditions from this area, as well to observe possible seasonal variations, 13 samples of superficial sediments were collected along the beach arch at June and December of 2002 and 5 beach profiles were monitored in a period between August, 2002 to September, 2003, during the spring tides. These profiles are enumerated from 01 to 05 going from North to South. The definition of each point to be monitored took into consideration the presence of hard structures against erosion and the presence or not of reefs protecting the beach. The sediments collected along the beach arch were classified as very fine to medium sand during the rainy season, and fine to medium sand during the dry season. They presented a predominance of moderately selected distributions in either seasons, being these distributions less representatives in the dry season, with less energy. An occurrence of approximately assimetrical curves was observed in the dry and rainy seasons, been more representative in the rainy season, indicating an environment of more energy. The sediments showed mesocurtic distributions in both seasons, suggesting a mixture in the grains selection. The sediments are composed of quartz grains (80%) and bioclastic material (20%). The grains of quartz vary of sub-rounded to rounded with high sphericity, and shinning superficial texture, indicating an aquatic transport. In relation to the sediment volume for each beach profile monitored, was observed the following variations: the Profile 01 showed a negative sediment balance of $-30,16 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$; a positive balance for Profile 02 ($+9,89 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$), showing a certain equilibrium between the sediment loss and gain; the Profile 03 also presented this type of equilibrium, with a positive balance ($+13,69 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$); in Profile 04 it was observed a great variation in the volume, with a negative balance ($-22,79 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$); and Profile 05 presented a certain equilibrium between the loss and gain of sediments, however with a negative balance ($-6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$). Regarding the disposition of beach profiles from North-South, the sediment variations presented a certain equilibrium in the central part of the area studied, showing a higher variation in the sediment volume toward the north and south extremes. The beach profile that showed the highest variation in its sand volume was the Profile 04, where the city hall of Recife, between the months of January to March/03, intervened in order to control the beach erosion.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos, que de alguma forma deram sua importante contribuição, para a realização desse estudo.

À Prof^a Dr^a Tereza Araújo pela sua valiosa orientação e apoio.

À Prof^a Dr^a Lúcia M. Mafra pela sua rica contribuição.

A todos os professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Oceanografia da UFPE.

A Prof. Dr^o Valdir Manso pelo empréstimo dos seus trabalhos.

À minha irmã Fátima pelo apoio dado durante todo curso.

Aos amigos Fabiana Silva, Héliida Karla, Jaime Mendonça, João Marcello Camargo, Stella Teles, Caio Marcius, Patrícia Mesquita, Paulo Tavares, Valéria Barboza, pelo apoio nos trabalhos de campo. Ao Sr. Hermes Ferreira pela colaboração nos trabalhos de campo. A Marcelo Dalalana pela sua amizade. A Marcelo Rollnic pela ajuda com o seu trabalho.

À direção e aos meus amigos da Esc. Gov. Barbosa Lima, aos profs. Demisson Fernando pelo incentivo e apoio, a Sueli Costa pela orientação na tradução do Abstract.

A Iceiber Nascimento pela colaboração nos cálculos estatísticos.

A Luciano Barros pela ajuda na escala fotográfica.

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT.	II
AGRADECIMENTOS	III
SUMÁRIO	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE FOTOGRAFIAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
CAPÍTULO 01 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Localização da Área de Estudo	4
CAPÍTULO 02 - METODOLOGIA	6
2.1. Sedimentologia	6
2.2. Morfologia	9
CAPÍTULO 03 - ÁREA DE ESTUDO	13
3.1. Geologia e Geomorfologia	13
3.2. Clima	17
3.3. Hidrodinâmica Costeira	19
	IV

a) Ondas	19
b) Correntes	20
c) Marés	21
3.4. Vegetação	21
4.2. Resultados e Discussão	24
4.2.1. Análise Granulométrica	24
a) Média	24
b) Desvio Padrão	27
c) Assimetria	28
d) Curtose	29
4.2.2. Análise Composicional e Morfoscópica	31
4.2.3. Teor de Carbonato de Cálcio	32
4.2.4. Sumário dos Resultados	32
 CAPÍTULO 05 - MORFODINÂMICA PRAIAL	 44
5.1. Introdução	44
5.2. Resultados e Discussão	47
5.2.1. Perfil 1	47
a) Morfologia	47
b) Sedimentologia	53
5.2.2. Perfil 2.	55
a) Morfologia	55
b) Sedimentologia	61
5.2.3. Perfil 3	63

a) Morfologia	63
b) Sedimentologia	69
5.2.4. Perfil 4	71
a) Morfologia	71
b) Sedimentologia	78
5.2.5. Perfil 5	80
a) Morfologia	80
b) Sedimentologia	87
 CAPÍTULO 06 - CONCLUSÕES	 89

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo	5
Fig. 2 - Mapa de localização dos pontos de coleta dos sedimentos	8
Fig. 3 - Mapa de localização dos perfis topográficos	11
Fig. 4 - Tamanho médio do grão nas duas estações	25
Fig. 5 - A – Inclinação da face da praia x diâmetro médio, durante a estação chuvosa. B – Inclinação da face da praia x diâmetro médio, durante a estação seca	26
Fig. 6 - Desvio padrão nas duas estações	27
Fig. 7 - Assimetria nas duas estações	29
Fig. 8 - Valores de curtose nas duas estações	30
Fig. 9 - Variação do teor de carbonato nas duas estações	36
Fig. 10 - Distribuição espacial das características dos sedimentos no mês de Junho de 2002	41
Fig. 11 - Distribuição espacial das características dos sedimentos no mês de Dezembro de 2002	42
Fig. 12 - Curva acumulada da distribuição textural dos sedimentos no setor médio da face da praia (amostra 5)	43
Fig. 13 - Curva acumulada da distribuição textural dos sedimentos no setor médio da face da praia (amostra 10)	43
Fig. 14 - Divisão do ambiente praial	45
Fig. 15 - A – Variações morfológicas referentes ao período de Outubro de 2002 à Março de 2003, perfil 1. B – Variações morfológicas referentes ao período de Abril de 2003 à Setembro de 2003, perfil 1	49
Fig. 16 - Variação do volume sedimentar do perfil 1	50
Fig. 17 - A - Variações morfológicas referentes aos meses de Outubro de 2002 e Junho de 2003, perfil 1. B - Variações morfológicas referentes aos meses de Outubro de 2002 e Setembro de 2003, perfil 1	51

Fig. 18 - Polígono de frequência do perfil 1	52
Fig. 19 - A - Variações morfológicas referentes ao período de Agosto de 2002 à Fevereiro de 2003, perfil 2. B - Variações morfológicas referentes ao período de Março de 2003 à Setembro de 2003, perfil 2	57
Fig. 20 - Variação do volume sedimentar do perfil 2	58
Fig. 21 - A - Variações morfológicas referentes aos meses de Setembro e Dezembro de 2002, perfil 2. B – Variações morfológicas referentes aos meses de Agosto de 2002 e Setembro de 2003, perfil 2	59
Fig. 22 - Polígono de frequência do perfil 2	60
Fig. 23 - A - Variações morfológicas referentes ao período de Setembro de 2002 à Fevereiro de 2003, perfil 3. B - Variações morfológicas referentes ao período de Março de 2003 à Setembro de 2003, perfil 3	65
Fig. 24 - Variação do volume sedimentar do perfil 3	66
Fig. 25 - A - Variações morfológicas referentes aos meses Outubro de 2002 e Abril de 2003, perfil 3. B – Variações morfológicas referentes aos meses de Setembro de 2002 e Setembro de 2003, perfil 3	67
Fig. 26 - Polígono de frequência do perfil 3	68
Fig. 27 - A - Variações morfológicas referentes ao período de Agosto de, 2002 à Março de 2003, perfil 4. B - Variações morfológicas referentes ao, período de Abril de 2003 à Dezembro de 2003, perfil 4	74
Fig. 28 - Variação do volume sedimentar do perfil 4	75
Fig. 29 - A - Variações morfológicas referentes aos meses Março de 2002 e Agosto de 2003, perfil 4. B - Variações morfológicas referentes aos meses Agosto de 2002 e Dezembro de 2003, perfil 4	76
Fig. 30 - Polígono de frequência do perfil 4	77
Fig. 31 - A - Variações morfológicas referentes ao período de Agosto de 2002 à Fevereiro 2003, perfil 5. B – Variações morfológicas referentes ao período de Março de 2003 à Setembro de 2003, perfil 5	83
Fig. 32 - Variação do volume sedimentar do perfil 5	84
Fig. 33 - A - Variações morfológicas referentes aos meses Setembro de 2002 e Julho de 2003, perfil 5. B - variações morfológicas	

referentes aos meses Agosto de 2002 e Setembro de 2003,
perfil 5 85

Fig. 34 - Polígono de frequência do perfil 5 86

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Coleta de sedimentos superficiais no extremo Norte da área de estudo	6
Foto 2 - Determinação dos pontos de inflexão no terreno, perfil 02, no mês de Agosto de 2002	12
Foto 3 - Utilização do Nível Pentax AL 240B nos trabalhos de campo, no perfil 2, mês de Julho de 2003	12
Foto 4 - Vista aérea dos recifes de arenito, em frente ao Hotel Recife Palace, no nº 4070 da Avenida Boa Viagem	16
Foto 5 - Recifes de arenitos ou <i>beach rocks</i> em frente ao Hotel Internacional Palace, no nº 3722 da Avenida Boa Viagem	16
Foto 6 - Grãos bioclásticos (amostra 02), representados por: A - foraminífero fragmentos de conchas, C - algas calcária	33
Foto 7 - Grãos bioclásticos (amostra 08), representados por: A - foraminífero B - fragmentos de conchas, C - espinho de equinodermata	34
Foto 8 - Grãos de quartzo (amostra 13) com alta esfericidade	34
Foto 9 - Grãos de quartzo (amostra 02), representando grãos subarredondados e brilhantes	35
Foto 10 - Grãos de quartzo (amostra 05), representados grãos arredondados e brilhantes	35
Foto 11 - Localização do perfil 1 – praia do Pina, em frente ao Ed. Mar do Porto, no mês de Fevereiro de 2003	47
Foto 12 - Vista geral do perfil 1 em direção ao mar, mostrando região da pós-praia e estirâncio largo, no mês de Outubro de 2002	48
Foto 13 - Localização do perfil 2, praia da Boa Viagem, o Posto salva-vidas nº 5, mês de Outubro de 2002	55
Foto 14 - Vista geral do perfil 2 em direção ao continente, no mês de Agosto de 2002	56
Foto 15 - Localização do perfil 3, praia da Boa Viagem ao Sul do Ed. Acaiaca no mês de Outubro de 2002	63
Foto 16 - Vista geral do perfil 3, para o Sul, mostrando a região de	

praia.. bem desenvolvida, no mês de Outubro de 2002	64
Foto 17 - Localização do perfil 4, ao Norte Praça da Boa Viagem, na praia da Boa Viagem, Outubro de 2003	71
Foto 18 - Visão geral do perfil 4 em direção ao mar, mês de Setembro de 2002	72
Foto 19 - Interferência antrópica observada no perfil 4, no mês de Janeiro de 2003. Observa-se a colocação de sacos de areia na região da pós-praia	73
Foto 20 - Localização do perfil 5, o Sul do enrocamento, praia da Boa Viagem, do mês de Outubro de 2002	80
Foto 21 - Visão geral do perfil 5 em direção ao mar, no mês de Setembro de 2002	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Precipitação pluviométrica para a estação do Recife	17
Tabela 02 - Médias mensais da velocidade (m.s^{-1}) e direção dos ventos do Recife	19
Tabela 03 - Resultados granulométricos do mês de Junho 2002	37
Tabela 04 - Resultados granulométricos do mês de Dezembro 2002	38
Tabela 05 - Resultados dos estudos morfoscópico e composicional de Junho de 2002	39
Tabela 06 - Resultados dos estudos morfoscópico e composicional de Dezembro/2002	40
Tabela 07 - Resultados do volume sedimentar do perfil 1	52
Tabela 08 - Resultados granulométricos do perfil 1	54
Tabela 09 - Resultados do volume sedimentar do perfil 2	60
Tabela 10 - Resultados granulométricos do perfil 2	62
Tabela 11 - Resultados do volume sedimentar do perfil 3	68
Tabela 12 - Resultados granulométricos do perfil 3	70
Tabela 13 - Resultados do volume sedimentar do perfil 4	77
Tabela 14 - Resultados granulométricos do perfil 4	79
Tabela 15 - Resultados do volume sedimentar do perfil 5	86
Tabela 16 - Resultados granulométricos do perfil 5	88

CAPÍTULO 01 - INTRODUÇÃO

1.1. – APRESENTAÇÃO

Os ecossistemas costeiros são espaços físicos que caracterizam a zona de transição entre o continente e o mar. Ai interagem fatores abióticos e bióticos, recebendo influência dos ecossistemas terrestre e marinho.

As praias são ambientes litorâneos importantes para o lazer, turismo e fonte de renda para sua população, mas sua principal função é a proteção da costa. As praias são constituídas por sedimentos inconsolidados, formados por areias, cascalhos e conchas, acumulados pelas ondas, marés, correntes e ventos. A zona de praia se estende desde da linha da maré baixa até a linha de vegetação permanente.

O processo de erosão marinha pode estar associado a causas naturais e antrópicas. Entre as causas naturais, está o aumento relativo do mar, que dependerá de alguns fatores, como por exemplo, os períodos glaciais, fusão do gelo em épocas de climas quentes, e a elevação da superfície da terra resultante do ajustamento isostático (Weyl, 1970). Segundo estimativas da média global de Gornitz (1992), durante os últimos 100 anos o nível do mar apresenta uma subida entre 1,0 – 2,0 mm por ano.

Entre as causas antrópicas estão: a construção de represas, que retêm o deslocamento dos sedimentos, a exploração de areias de dunas, construções nas áreas de dunas frontais, ocupação da região da pós-praia, aterros e construções de portos que aceleram o processo de erosão. Uma nítida diminuição da quantidade de sedimentos (areia) sobre a costa, uma lenta elevação do nível do mar e um possível aumento do poder destruidor das ondas, isoladamente são insuficientes para explicar a erosão que atualmente sofrem as praias, mas agindo conjuntamente podem criar condições desfavoráveis que ameacem a sua estabilidade (Manso et al, 1995).

Quase toda costa brasileira apresenta evidências erosivas (Lira, 1997), como por exemplo, em Canavieiras, na praia do Atalaia no Sul da Bahia, no delta do rio Paraíba do

Sul, também são encontrados sinais de instabilidade no sistema de cordões litorâneos entre o Rio de Janeiro e Cabo Frio, em Santa Catarina o afloramento de turfas na praia de Moçambique é um indicador de retrogradação da linha de costa (Muehe, 1998).

O Brasil possui uma extensão de 7.408 km de linha de costa e, segundo o IBGE, em 1991 22% da população brasileira viviam em áreas litorâneas. Das nove regiões metropolitanas brasileiras, cinco se localizam no litoral. A Região Metropolitana do Recife possui 44% da população do Estado, e é a zona costeira de maior concentração das atividades antrópicas, como por exemplo, aterros dos manguezais e ocupação das áreas estuarinas.

O processo de urbanização e a interferência no carreamento de sedimentos marinhos são ameaças aos ecossistemas costeiros, como os ambientes de praias e áreas de manguezais. A utilização inadequada dos recursos destes ecossistemas, aliada a falta de conhecimento sobre os sistemas biológicos e os processos físicos, resulta provavelmente na subutilização e prejuízo dos mesmos. É necessário, portanto, a implantação de programas de monitoramento, com indicadores ambientais, associado a uma política urbana para proteger e reabilitar o meio ambiente.

Em Pernambuco, estudo realizado entre o Cabo de Santo Agostinho e a Ilha de Itamaracá mostra sinais de erosão (Muehe, 1998), como por exemplo, nos municípios de Itamaracá (praia do Pilar), Paulista (Maria Farinha), Olinda (praias do Janga, e Casa Caiada), Recife (Boa Viagem), Jaboatão dos Guararapes (praias de Piedade, Candeias e Barras das Jangadas), Cabo (praias de Gaibu, Suape) (Manso et al, 1995). Segundo Lira (1997) vários pontos da costa pernambucana apresentam problemas ambientais de erosão marinha, que varia de moderada a severa. Entretanto não há até o momento um diagnóstico preciso para a compreensão das causas locais e regionais para este problema.

Devido ao estado avançado de erosão nas praias de Paulista e Olinda, foram construídos quebra mares e espigões para conter o avanço do mar. Na praia de Candeias, estão sendo construídos recifes artificiais, bem como a colocação de sedimentos para a realimentação da praia pela Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes. As praias do Pina e da Boa Viagem são praias urbanas, e a praia da Boa Viagem já apresenta obras de contenção de erosão marinha, no trecho localizado entre a Praça de Boa Viagem e a praia de Piedade. A Prefeitura da Cidade do Recife prevê a construção de um quebra mar submerso, paralelo à linha de costa, no trecho entre o Hotel Boa Viagem e a praia de Piedade (Cunha, 2002), perfazendo ao todo 2 km.

São poucos os estudos sobre as praias do Pina e da Boa Viagem, encontrando-se o trabalho de Luz (1991), sob o título “Fauna dos Recifes de Boa Viagem (PE) com Ênfase aos Mollusca”; e sobre monitoramento morfológico e sedimentológico, apenas o estudo realizado por Manso et al (1995), sob o título “Estudo da Erosão Costeira na Praia da Boa Viagem”. Este estudo corresponde a um relatório técnico, em caráter emergencial na adoção das obras de contenção da erosão costeira, o qual foi implantado o enrocamento entre o trecho da Praça de Boa Viagem e as proximidades do Hospital da Aeronáutica. Entretanto, não foram feitas observações de campo que apresentasse resultados de todo um período de sazonalidade. Mais recentemente, Rollnic (2002) desenvolveu estudos sobre a Hidrologia, Clima de Onda e Transporte Advectivo na Zona Costeira de Boa Viagem, Piedade e Candeias-PE.

Devido à falta de dados atualizados sobre o perfil praial e sua variação sazonal no trecho localizado entre a praia do Pina e o limite sul da cidade do Recife (Piedade – Jaboatão), foram realizados os estudos sobre a variabilidade dos parâmetros sedimentológicos e morfológicos para determinação do perfil praial e verificação do estado erosivo e/ou deposicional do citado ambiente. Cabe ressaltar, que à parte sul da área estudada engloba a porção da praia da Boa Viagem que vem sofrendo problema de erosão costeira, e que na mesma está prevista uma obra de contenção a ser realizada pela Prefeitura da Cidade do Recife.

Os estudos realizados foram analisados e discutidos por capítulos: A introdução e metodologia encontram-se nos capítulos 01 e 02, respectivamente, e a área de estudo no capítulo 03. A caracterização da variação sazonal dos parâmetros sedimentológicos no capítulo 04; o estudo da morfodinâmica e dos sedimentos de cada perfil no capítulo 05; e no capítulo 06, são apresentadas as conclusões.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral à caracterização sedimentológica do arco praial, bem como a determinação do perfil praial para verificação do estado erosivo, no trecho da praia do Pina ao limite sul da cidade do Recife (Piedade – Jaboatão dos Guararapes).

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Caracterização sedimentológica do arco praial: Parâmetros estatísticos, (média, desvio padrão, assimetria e curtose); análise composicional e morfoscópica (forma, textura superficial); teor de carbonato cálcio;
- Determinação do perfil praial através de levantamento topográfico;
- Cálculo do volume sedimentar;
- Dados estatísticos do volume sedimentar;
- Caracterização sedimentológica dos perfis;
- Geração de um banco de dados de monitoramento ambiental para a praia da Boa Viagem

1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife situa-se no Setor Médio da costa pernambucana. As praias do Pina e da Boa Viagem situam-se no ambiente litorâneo da cidade do Recife (PCR, 2000), entre as coordenadas planas 9105000 – 9098000 N e 293000 – 289000 E (Fig. 1), com uma extensão de 8 km.

O ambiente litorâneo do Recife abrange os bairros de Brasília Teimosa, Pina e Boa Viagem, com uma população de 100 mil habitantes. Os bairros do Pina e da Boa Viagem apresentam uma paisagem diversificada, com habitações de classe média alta e popular, centros comerciais e empresariais, quadras esportivas direcionadas à recreação popular, além de ser uma importante área turística explorada pela rede de hotéis, e pela economia informal. Sendo também utilizada para eventos esportivos e culturais.

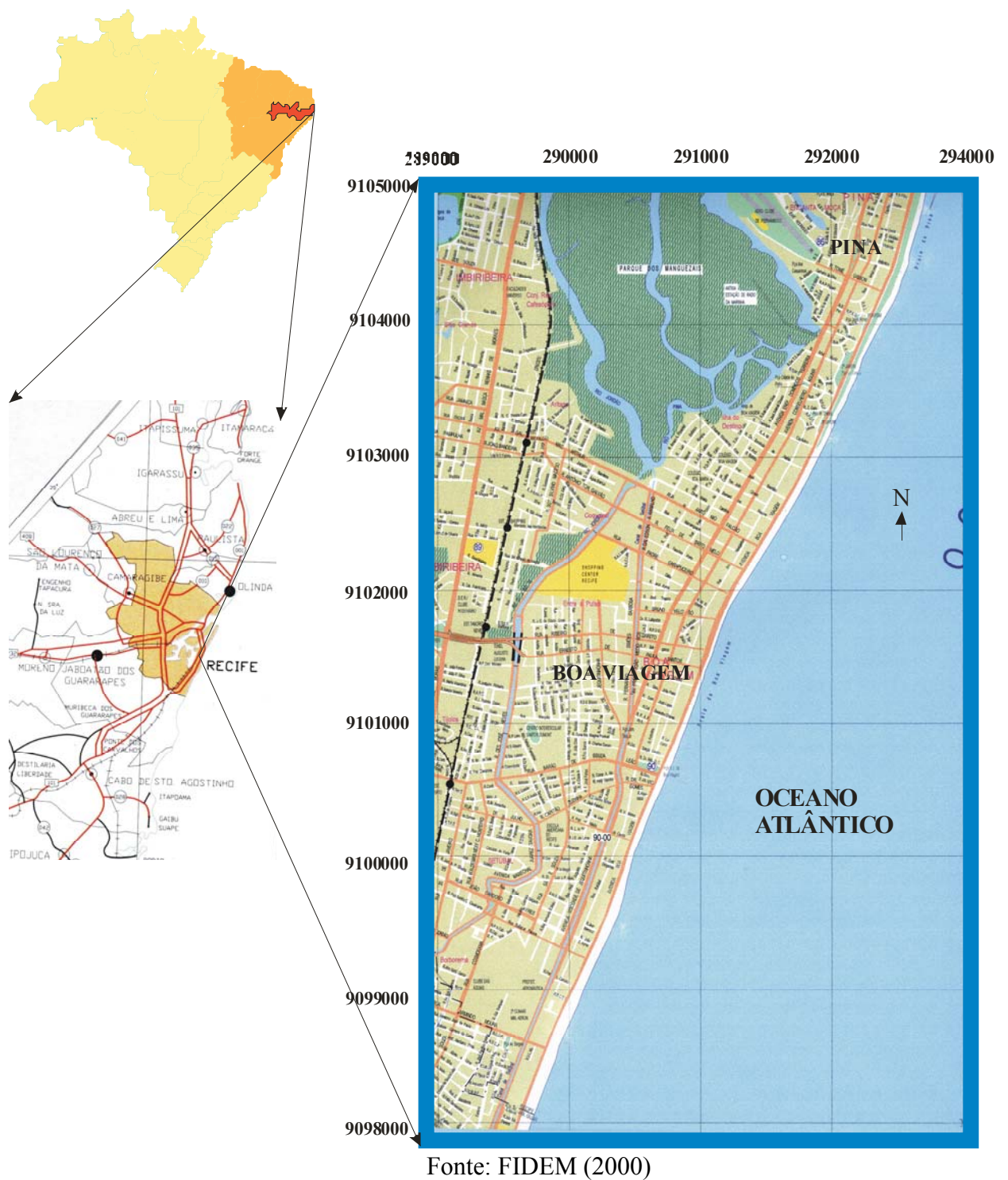


Fig. 01 – Mapa de localização da área de estudo

CAPÍTULO 02 - METODOLOGIA

2.1. SEDIMENTOLOGIA

Foi realizado caminhamento ao longo do arco praial, para caracterização do mesmo e escolha dos pontos de monitoramento. Durante o caminhamento foram coletadas na face da praia 13 amostras de sedimentos superficiais (Foto 1) ao longo do arco praial, nos meses de Junho e Dezembro de 2002, durante a maré de sizígia. As amostras estão distribuídas a uma distância média de 500 m uma da outra, numeradas de 01 a 13 no sentido Norte/Sul (Fig. 2). A amostra 01 corresponde ao limite Norte da praia do Pina, e a amostra 13 encontra-se no limite dos municípios Recife e Jaboatão dos Guararapes



Foto 1 - Coleta de sedimentos superficiais no extremo Norte da área de estudo
(Foto do autor, 2004)

Em cada local de coleta de sedimento superficial foram utilizados sacos plásticos, espátula, etiquetas. Concomitantemente à coleta dos sedimentos, foi medida a inclinação da face média da praia, com auxílio do clinômetro de uma bússola.

Os sedimentos foram analisados no Laboratório de Oceanografia Geológica, do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), segundo a metodologia apresentada por Suguio (1973). Na análise granulométrica, foi utilizada 100grs. de cada amostra, pesado em balança de precisão (duas casas decimais), onde primeiramente se fez o peneiramento úmido, para separação da fração lamosa e eliminação de sais solúveis, utilizando-se de peneiras de 2,0 e 0,62 mm. Após isto, o material foi levado à estufa a temperatura de 70°C para secagem no período médio de 72 horas. Posteriormente foi feito o peneiramento seco da fração areia, utilizando-se um intervalo de peneiras de $\frac{1}{2}\Phi$. As diversas frações foram pesadas para o tratamento posterior dos dados.

Os dos sedimentos foram classificados segundo Folk & Ward (Muehe, 1996), através dos parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, assimetria e curtose), e analisados segundo o Software SYSGRAM desenvolvido por Camargo's Corp. (1999). Os resultados obtidos foram convertidos em informações estatísticas descritivas e posteriormente construídos gráficos. As características morfooscópicas (arredondamento, esfericidade), a textura superficial e a composição foram determinadas com o auxílio da lupa binocular. O arredondamento e esfericidade foram classificados segundo a Tabela de Krumbein & Sloss (Powers, 1953 apud Scholle, 1979). Para o estudo morfooscópico foi utilizada a fração 1,0 Φ para as amostras de 01 a 11, e fração total para as amostras 12 e 13, por não haver grãos suficientes na fração 1,0 Φ nestas amostras. Foram também analisados dados de precipitações e de ventos fornecidos pelo INMET, referente aos anos de 2002 e 2003, para a estação da cidade do Recife.

O teor de carbonato de cálcio dos sedimentos foi determinado através do método descrito por Loring & Rantala (1992), o qual consiste no ataque de HCl a 40% a frio, para eliminação do CaCO_3 (carbonato de cálcio). Desta forma, uma alíquota seca de 10 gramas de cada amostra, foi atacada com uma solução de ácido clorídrico. Após este procedimento, a alíquota foi lavada com água destilada, levada à estufa de secagem a 60°C, em média de 72 horas, e depois de seco, o material foi novamente pesado em balança de precisão (duas casas decimais). O valor do teor de CaCO_3 , foi encontrado pela diferença de peso entre o total da alíquota utilizada e o valor do peso de grãos de quartzo, sendo depois calculado o percentual do CaCO_3 .

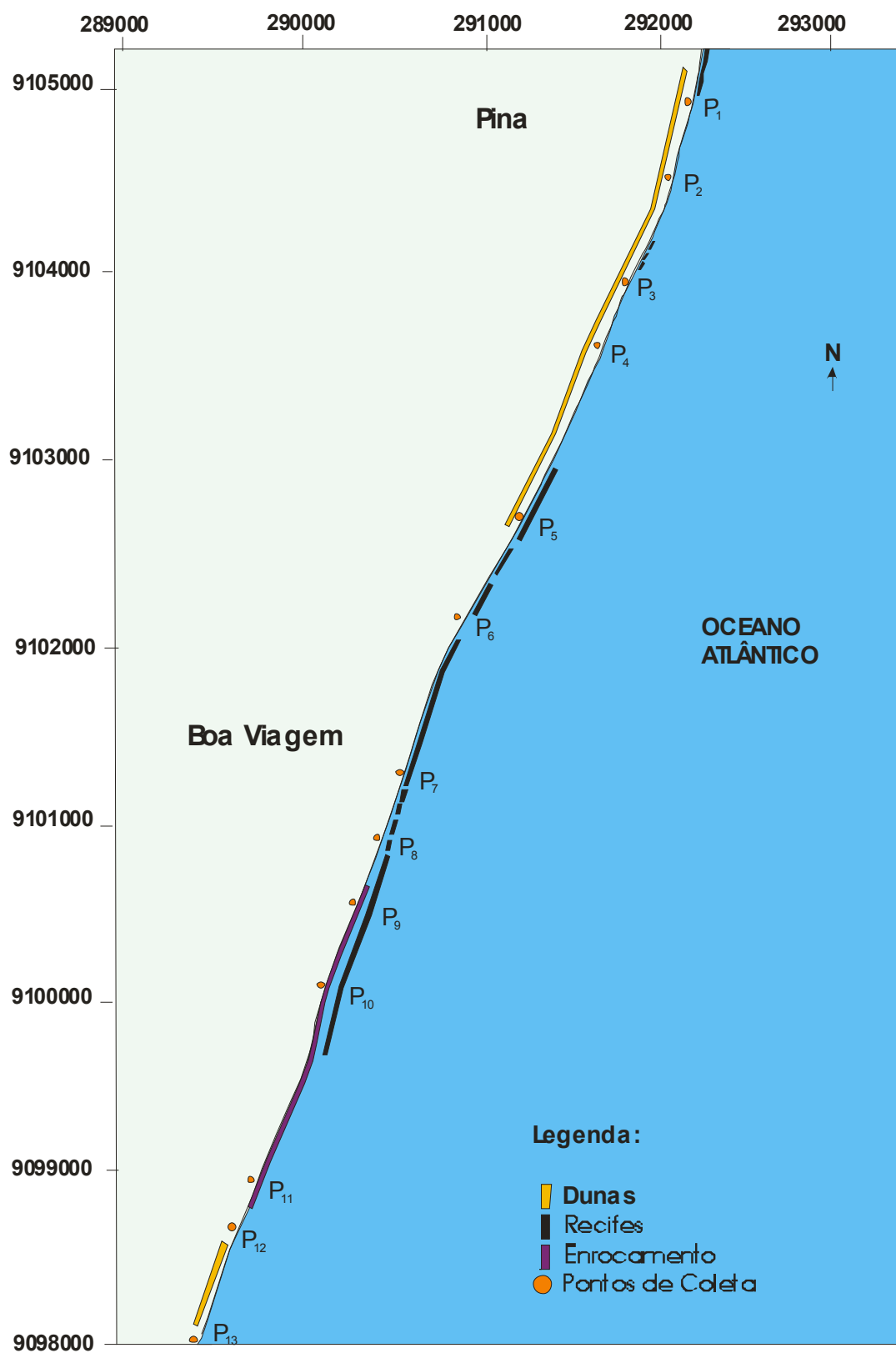


Fig. 2 – Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos

2.2. MORFOLOGIA

Foram monitorados, mensalmente, 05 perfis topográficos ao longo do arco praial no trecho localizado entre a Praia do Pina e o limite Boa Viagem/Piedade, em Jaboatão dos Guararapes (Fig. 3). Foram coletados concomitantemente à realização dos perfis, amostras de sedimentos superficiais na face de praia de cada perfil.

Para estabelecimento de cada ponto a ser monitorado, levou-se em consideração se a praia era protegida por recifes e/ou aberta, além da presença de obras de contenção e indícios de erosão e deposição. Outro fator também considerado, foi o posicionamento da obra de contenção a ser realizada na parte sul da Praia de Boa Viagem. Numerados de Norte para o Sul, os perfis 02 e 05 foram monitorados de Agosto de 2002 à Setembro de 2003, o perfil 04 de Agosto de 2002 à Dezembro de 2003, o perfil 03 de Setembro de 2002 à Setembro de 2003, e o perfil 01, no período de Outubro de 2002 à Setembro de 2003. O período monitorado permitiu verificar a variabilidade na estação do inverno (Março a Agosto) que corresponde à estação de chuva, e do verão (Setembro a Fevereiro) que corresponde à estação seca. Os trabalhos de campo foram realizados sempre durante as marés de sizígia, na baixamar.

Os perfis topográficos foram efetuados com o emprego de nível de precisão (Pentax AL 240B), trena e mira graduada (Fotos 2 e 3), compreendendo desde as dunas frontais (quando existentes) até o início da zona de arrebentação, sempre a partir de um marco fixo (por exemplo o calçadão), o qual foi adotado um nível de referência (NR) relativo ao nível de mínima maré de sizígia (mm).

Para o nivelamento topográfico foi adotado o método da “Stádia” aperfeiçoado por Birkemeier (1981), pois apresenta uma precisão dessimétrica, com erro estimado entre 10 e 20 cm e, além disso, possibilita monitorar o perfil subaquático até aproximadamente 1,0 m de lâmina d’água (Tozzi & Calliari, 1999).

Em laboratório os perfis foram ajustados ao nível médio do mar, utilizando-se tábuas de marés da DHN. Com auxílio de programas específicos, os perfis foram então graficamente representados em várias combinações. Após isto, foi calculado o volume de areia em cada perfil, determinando-se a área abaixo de cada um deles, pelo cálculo geométrico de cada seção, multiplicando-se o valor da área expressa em metros quadrados por 1 m. Mantendo-se o próprio valor da área obteve-se, assim, o volume de areia por

metro linear, expressa em $\text{m}^3.\text{m}^{-1}$. O valor do volume de cada perfil para os meses monitorados, foi transformado em dados estatísticos, através do cálculo da média, desvio padrão e coeficiente de variação. Foi utilizada a média e o desvio padrão para a representação gráfica da zona de normalidade no polígono de frequência, segundo Nazareth (2001).

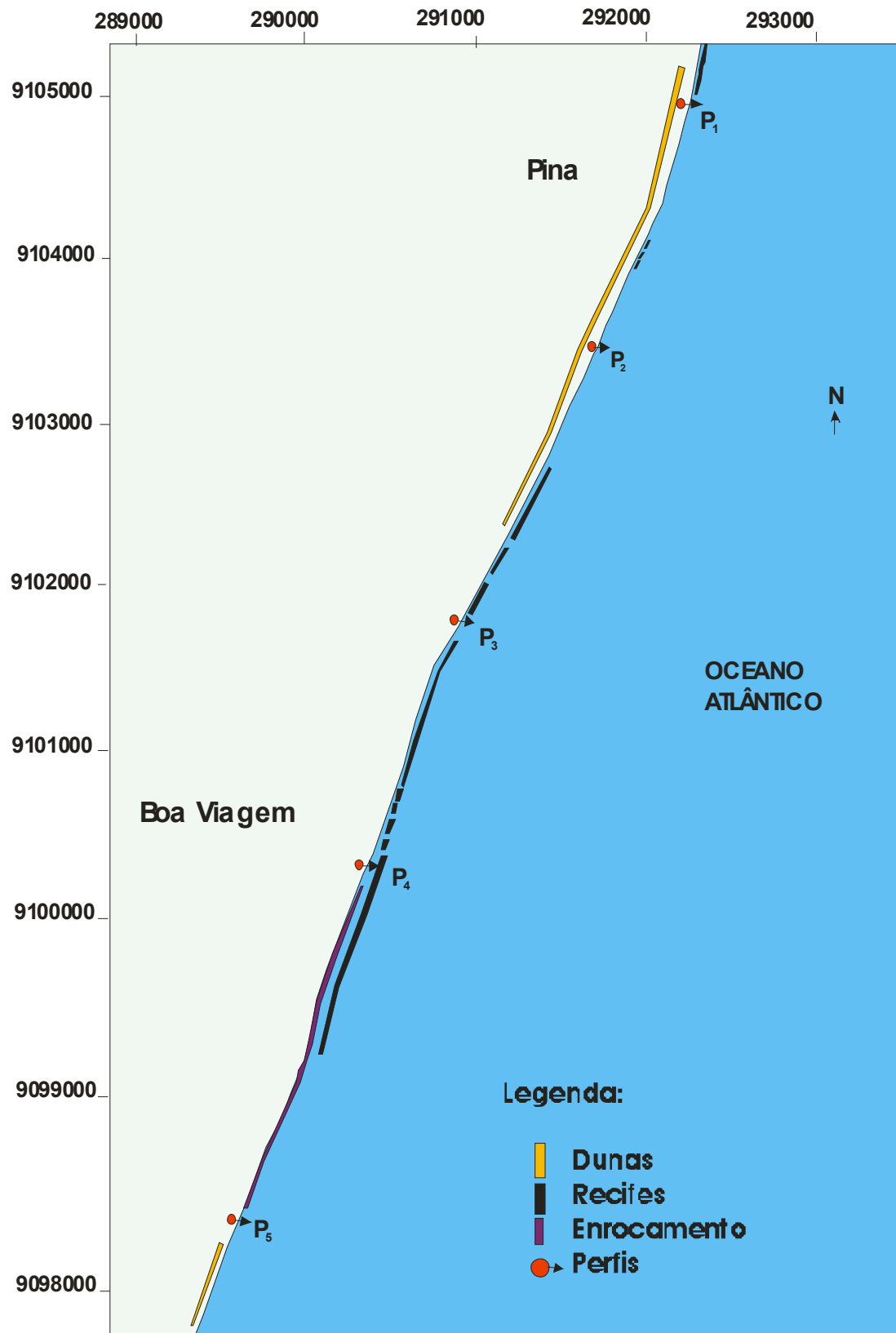


Fig. 3 – Mapa de localização dos perfis topográficos



Foto 2 - Determinação dos pontos de inflexão no terreno, perfil 02, no mês de Agosto de 2002 (Foto do autor, 2004)



Foto 3 - Utilização do Nível Pentax AL 240B nos trabalhos de campo, no perfil 2, mês de Julho de 2003 (Foto do autor, 2004)

CAPÍTULO 03 - ÁREA DE ESTUDO

3.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O litoral do Nordeste brasileiro, segundo Silveira (1964, apud Muehe, 2001), se estende das proximidades da baía de São Marcos até a baía de Todos os Santos. É dividida em dois macrocompartimentos: a costa semi-árida, a noroeste do Cabo do Calcanhar (RN), e a costa Nordeste oriental ou das Barreiras, do Cabo do Calcanhar até a baía de Todos Santos (BA), identificada também com a denominação Costa de Tabuleiros ou Grupo Barreiras, que se refere aos depósitos terciários em forma de tabuleiros.

A costa nordeste oriental está dividida em três macrocompartimentos: Costa dos Tabuleiros Norte, que se estende do Cabo do Calcanhar a Porto de Pedras, incluindo parte do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e parte de Alagoas; Costa dos Tabuleiros Centro, que se estende do Porto de Pedras à foz do rio São Francisco; e a Costa dos Tabuleiros Sul, que estende da foz do São Francisco a Salvador (Muehe, 2001).

A faixa costeira de Pernambuco está inserida no macrocompartimento Costa dos Tabuleiros Norte, onde a partir da Paraíba aumenta a presença de estuários e manguezais até o seu limite em Porto de Pedras. Coutinho (1994, apud Muehe 2001), chama a atenção para a complexa ausência de deltas no litoral de Pernambuco, refletindo o reduzido aporte de sedimentos fluviais, características dos outros macrocompartimentos, sendo a principal fonte de sedimentos, na formação das praias, cordões litorâneos e pontais, e a própria plataforma continental interna.

O Estado de Pernambuco possui uma faixa costeira de 187 km, que compreende parte das Bacias Sedimentares Pernambuco-Paraíba e Cabo, separadas pelo Lineamento Pernambuco, que corta a cidade do Recife. Estas bacias são preenchidas por sedimentação mesoceno-zóico, representadas pelas formações Cabo, Beberibe e Gramame de idades cretáceas, e pelo Grupo Barreiras do Terciário. Os sedimentos quaternários constituem importantes depósitos desta sequência sedimentar.

Sob o aspecto fisiográfico a costa pernambucana é dividida em três setores: Setor Norte, situado entre Olinda e o Estado da Paraíba, onde o desenvolvimento da Formação

Barreiras é responsável por uma planície estreita é pouco recortada, com a presença de estuários e manguezais; Setor Médio, situado entre Olinda e o Cabo de Santo Agostinho, caracterizado pela sedimentação quaternária com maior extensão da planície costeira, principalmente onde se situa a cidade do Recife e as restingas de Barras das Jangadas, Candeias e Brasília Teimosa. O Setor Sul, entre Cabo de Santo Agostinho e o extremo sul do Estado, caracterizado pelos sedimentos cretáceos das Formações Cabo e Estivas, as vulcânicas da Formação Ipojuca e o embasamento cristalino que chega aflorar próximo à praia (Coutinho et al, 1997).

O Setor Médio da costa pernambucana é caracterizado pela sedimentação quaternária, constituído por terraços marinhos inferior e superior. Os terraços marinhos superior apresentam-se com altitude de 7 a 11 m acima da preamar atual, com alguns afloramentos de antigas cristas de cordões arenosos litorâneos, como na região entre a Lagoa Olho D'água e Boa Viagem, elaborados na penúltima transgressão marinha (Pleistoceno). Os terraços marinhos inferior, com 1 a 5 m de altitude, foram elaborados na última transgressão marinha (Holoceno). Neste setor encontram-se ainda, depósitos de pântanos associados ao afogamento da região costeira na última transgressão; bancos de arenito que afloram em alguns trechos na face da praia, ligados a níveis marinhos mais elevados; e recifes de corais de idade holocênica que se instalaram sobre os bancos de arenito submersos (Dominguez et al, 1990).

No Município do Recife foram reconhecidos quatro conjuntos de unidade geológicas denominadas: Embasamento Cristalinos de Idade Pré-cambriana, Bacias Sedimentares Cretáceas, Sedimentos Terciários e Sedimentos Quaternários. (Alheiros et al, 1995). As rochas sedimentares são formadas pela Bacia Pernambuco-Paraíba ao Norte, e pela Bacia do Cabo ao Sul. Os sedimentos de cobertura são constituídos pela Formação Barreiras e sedimentos inconsolidados do Quaternário. Nos bairros de Boa Viagem, Pina e Brasília Teimosa ocorrem terraços marinhos holocênicos, limitados pelas áreas de manguezais, pelo canal do Setúbal e pela linha de costa, constituídos por areias quartzosas clara.

Em frente à cidade do Recife a plataforma continental é estreita, apresentando uma largura de 18 a 20 milhas, sendo relativamente plana e terminando por um declive abrupto, entre 60 e 80 m de profundidade. A plataforma continental do Recife está dividida em três partes distintas: zona costeira com os recifes; área com fundo pouco acidentado entre as isobátas de 10 e 40 m; e área mais irregular abaixo de 40 m, com a parte superior do talude

continental. A natureza de fundo em frente à cidade do Recife é composta por: faixas constituídas por domínio de lama, recifes, recifes recobertos por areia carbonática, e faixas com areia carbonática (Souza et al 2003). Entre os recifes e a praia encontra-se um estreito canal, onde o material fino trazido pelos rios através do estuário Barras das Jangadas, é transportado para o norte. Esta lama é composta de areia fina quartzosa e biodetrítica (Kemp et al, 1967/9).

Os recifes, bancos de arenitos ou *beach rocks* (Fotos 4 e 5), são feições lineares que se estendem, às vezes, continuamente, por cerca de 10 Km, apresentando uma largura média de 20 - 60 m e 3 a 4 m de espessura, afloram na baixamar ou mesmo acima do nível médio do mar e se dispõem paralelamente à linha de costa (Dominguez et al, 1990). Segundo Mabesoone (1964, apud Dominguez et al, 1990), os bancos de arenitos são constituídos de 20% a 80% de areias de quartzo, e o restante constituído de fragmentos carbonáticos, principalmente de moluscos e algas. Para Moraes (1967/9) trata-se da parte submarina da praia, muito rica em calcário que pelas diversas etapas de regressão marinha se consolidou, e se formaram na vizinhança do lençol freático, a temperaturas suficientemente altas para permitir a precipitação do carbonato de cálcio como cimento. Segundo Delibrias & Laborel (1971, apud Dominguez et al, 1991) os recifes tem uma idade de 5.900 mais ou menos 300 A.P. Segundo Manso et al (1995), os recifes protegem a costa do efeito da energia das ondas, mas podem gerar processos erosivos nas suas extremidades.

Os recifes de corais são corpos alongados descontínuos, com eixo paralelo à linha de praia entre 1 km e 4 km de comprimento nos mais próximos à praia, e os que estão submersos chegam a 10 km de comprimento, com idade entre 6.500 e 6.000 A.P. Em Pernambuco, a fauna de corais responsáveis pela construção dessas feições é pobre em número de espécies. Das 18 espécies brasileiras, apenas 09 são encontradas na costa de Pernambuco (Laborel, 1969, apud Dominguez et al 1990).



Foto 4 - Vista área dos recifes de arenito, em frente ao Hotel Recife Palace, no nº 4070 da Avenida Boa Viagem (Foto do autor, 2004)



Foto 5 – Recifes de arenitos ou *beach rocks*, em frente ao Hotel Internacional Palace, no nº 3722 da Avenida Boa Viagem (Foto do autor, 2004)

3.2. CLIMA

Segundo a classificação de Köppen a área em estudo possui um clima quente e úmido (As'), com temperatura média térmica anual de 26°C, com pluviosidade média de 1.720 mm (IBGE, 1977). O ritmo sazonal da região Nordeste brasileira, onde se encontra inserida a área de estudo, é marcada pelo regime de chuvas. Apresenta duas estações, uma estação de chuvas, com pluviosidade superior a 100 mm, caracterizada por chuvas de inverno antecipada no outono, com máxima no inverno, e uma estação seca, com precipitações inferiores a 100 mm (Andrade, 1997).

Dados de precipitação pluviométrica, fornecidos pelo o INMET, para o ano de 2002 e 2003 para a estação do Recife, são apresentados na tabela 01. Para os anos de 2002 e 2003 as maiores precipitações foram observadas nos meses de Março e Junho. A menores precipitações são observadas no mês de Dezembro de 2002 e Novembro de 2003.

Tabela 01: Precipitação pluviométrica para a estação do Recife

Mês	2002	2003
Janeiro	231,6	53,3
Fevereiro	200,5	149,2
Março	409,8	397,9
Abril	140,2	116,1
Maio	304,2	225,9
Junho	583,5	474,0
Julho	281,6	282,2
Agosto	121	194,8
Setembro	44,2	135,8
Outubro	49,0	52,2
Novembro	88,7	26,8
Dezembro	33,1	51,5

Segundo os dados do INMET (2002), o período de maior precipitação pluviométrica, está entre o mês de Janeiro de 2002 e Julho de 2002, exceto o mês de Abril, que apresentou menor precipitação pluviométrica entre Jan/Jul/02. Para o período estudado no de 2002, o maior índice pluviométrico corresponde ao mês de Junho. Durante o ano de 2003, o período de maior precipitação pluviométrica está entre Março e Agosto, e com exceção o mês de Abril/03, apresentando também o mês de maior precipitação o mês de Junho de 2003.

A faixa costeira da cidade do Recife está situada em uma região de baixa latitude, com altitudes pouco acima do nível do mar, recebendo assim, influência dos ventos alísios. As velocidades médias dos ventos alísios variam de 6,1 a 9,3 nós (3,1 a 4,7 m.s⁻¹) vindos principalmente de E-SE, no período de Abril a Setembro, e de E-NE, de Outubro a Março (Cavalcanti & Kempf, 1970, apud Manso et al 1995).

Segundo Lira (1997) dados estatísticos mais recentes da área do Porto de Suape, ao sul da cidade do Recife, relativos ao período de Fevereiro/77 a Janeiro/83, caracterizam como vento dominante para esta região, o de direção SE. No regime de inverno a incidência maior de direção permanece SE, com velocidades médias elevando-se para a faixa de 5,0 a 6,1 m.s⁻¹. No verão, a predominância é caracterizada pelos ventos alísios, ventos de quadrante E. As velocidades nestes quadrantes situaram-se em torno de 5,2 m.s⁻¹.

Para a praia de Casa Caiada, Setor Norte da costa pernambucana, Pereira (1998) encontrou para a distribuição sazonal dos ventos, que nos meses de Junho e Setembro as intensidades foram maiores (ventos dominantes de SE), enquanto nos meses de Dezembro e Março os ventos foram mais brandos e predominantes de NE.

Dados das médias mensais de ventos, fornecidos pelo o INMET, para o ano de 2002 e 2003 para a estação da cidade do Recife são apresentados na tabela 02. Para o ano de 2002 as maiores velocidades dos ventos são observadas nos meses de Agosto e Setembro (superior a 3,0 m.s⁻¹), enquanto a menor velocidade foi observada no mês de Janeiro. O ano de 2003 apresentou no mês de Março, uma velocidade média de 3,0 m.s⁻¹, o que pode ser considerada alta para o período.

Tabela 02: Médias mensais da velocidade (m.s^{-1}) e direção dos ventos do Recife

Mês	Ano/2002 (m.s^{-1}) - direção	Ano/2003 (m.s^{-1}) - direção
Janeiro	2,4 - SE/E	2,5 - E/NE
Fevereiro	2,9 - SE/E	2,1 - SE/E
Março	2,7 - SE/S	3,0 - E/SE
Abril	2,8 - SE/S	2,3 - SE/S
Maio	2,6 - SE/S	2,0 - SE/E
Junho	2,8 - S/SE	1,9 - SE/S
Julho	2,6 - S/SE	2,1 - SE/S
Agosto	3,5 - S/SE	2,0 - SE/S
Setembro	3,0 - SE/E	2,6 - SE/E
Outubro	2,9 - E/SE	2,6 - SE/E
Novembro	2,8 - E/SE	2,9 - E/SE
Dezembro	2,7 - E/NE	2,5 - E/NE

O mês de Agosto corresponde ao mês de maior velocidade do vento, com direção S/SE para o ano de 2002, e o mês de Janeiro, o de menor velocidade, para o período estudado entre os meses de Ago/02 e Dez/02, predominando os ventos de direção E/SE. Os maiores índices de velocidade estão nos meses de Agosto e Setembro. Em relação ao ano de 2003, para o período de Janeiro de 2003 e Setembro de 2003, a maior velocidade apresentada é para o mês de Março, mas para o período estudado, com exceção do mês de Março, não apresentou grande variações. Entre Janeiro e Setembro de 2003, a direção predominante são os ventos de SE/S.

3.3. HIDRODINÂMICA COSTEIRA

a) Ondas

Os ventos são o principal formador das ondas, e estas representam um dos mais importante agente marinho que governa o desenvolvimento da linha de costa, e a dinâmica do ambiente praias no processo de erosão e acumulação dos sedimentos.

Em 1995 foi medida a altura significativa das ondas em Boa Viagem por Manso et al (1995), sendo observada na zona de arrebentação, uma variação de 0,2 a 1,4 m, com predominância de 0,6 a 0,8 m. o período oscilou entre 4 e 12 s, com uma concentração de 6 e 8 s.

As ondas observadas ao largo de Boa Viagem para o ano de 2002, apresentam alturas médias de 0,6 -1,0 m, período de 5,0 a 9,8 s, altura significativa de 1,0 a 1,5, período significativo de 5,6 a 9,8 s, altura máxima de 1,5 a 2,3 m e $H_{1/10}$ de 1,3 a 2,1 m (Rollnic, 2002). O clima de ondas ao largo das praias da Boa Viagem, Piedade e Candeias é semelhante para os meses de Janeiro, Março, e Julho, mas apresentam maiores alturas e menores períodos no mês de Setembro. O maior transporte de energia das ondas ocorre durante os períodos de equinócios de primavera e de verão. Predomina a arrebentação do tipo derramante, porém nos meses de ventos (Julho) e marés mais intensas (Setembro), ocorre arrebentação do tipo mergulhante (Rollnic, 2002).

b)Correntes

Parte da energia dissipada pelas ondas incidentes na zona de surfe é transferida para a geração de correntes costeiras tanto longitudinais (*longshore currents*) como transversais (correntes de retorno, *rip currents* ou *rips*). Estas correntes representam importantes agentes transportadores de sedimentos na zona de surfe (Hoefel, 1998).

Para a costa Pernambucana existem poucos dados sobre o transporte sedimentar longitudinal ou paralelo à praia (Coutinho et al, 1997). Estudos em Suape (1992) mostram apenas uma tendência sazonal, no sentido N-S, em época de verão, e S-N nos meses de inverno. Resultados obtidos por Bragard (1992, apud Coutinho et al 1997) para a praia da Boa Viagem, no período de inverno, indicaram que a capacidade de transporte resultante está em torno de $70.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ de sedimentos, no sentido S-N. No período do verão, foi encontrado um transporte da ordem de $15.000 \text{ m}^3/\text{ano}$, no sentido N-S para a mesma praia (Manso, 1995).

Quanto as correntes litorâneas, Manso et al (1995) mostra os resultados obtidos para a praia de Boa Viagem, onde preferencialmente há uma ausência das correntes litorâneas (em torno de 53% dos dados totais). Esta tendência é favorecida pela

concentração dos dados de direção dos ventos, próximos a perpendicular e perpendiculares à costa (115° Az), bem como pela tendência frontal da incidência das ondas na área. Quando ocorrem, as correntes apresentam-se preferencialmente, no sentido N-S (77%).

Estudos de correntometria realizados nos largos das praias da Boa Viagem e Piedade, utilizando os quatro estágios de maré, o transporte líquido à superfície é para o sul, mas costa-a-fora, defronte da foz do rio Jaboatão, com o valor de até $48,8 \text{ m.s}^{-1}$. O transporte maior se dá próximo à costa. A camada intermediária, apresenta um transporte costa-a-fora em toda área de $5,8$ a $31,6 \text{ cm.s}^{-1}$. O transporte de fundo é menos intenso, variando de $7,2$ a $21,9 \text{ cm.s}^{-1}$ e é em direção à costa, exceto próximo à foz do rio Jaboatão, onde assume em direção ao mar (Rollnic, 2002).

c) Marés

As marés são uma componente vital na dinâmica costeira, produzindo importantes movimentos de correntes e sedimentos, bem como influenciando a zonation dos organismos costeiros, forma da terra e processos de intemperismo (Viles & Spencer, 1995, apud Duarte 1997). As variações de altura de maré foram classificadas por Davies (1964, apud Hoefel, 1998), como sendo micro ($< 2 \text{ m}$), meso ($2 - 4$), e macro ($> 4 \text{ m}$).

As marés que atuam em Pernambuco são do tipo mesomaré, dominadas por ondas, e sob ação constante dos ventos alísios. Isto representa uma grande influência sobre os ambientes praias e estuarinos (Martins, 1997). As marés do litoral pernambucano são do tipo semidiurna, com período médio de 12,42 horas, apresentando duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar; os valores representativos da altura da maré são de $2,4 \text{ m}$ para sizígia máxima; $2,1$ para sizígia mínima (Coutinho et al 1997).

3.4. VEGETAÇÃO

A cidade do Recife era recoberta pela vegetação da Mata Atlântica, vegetação de restinga e mangues. Porém estas formações foram devastadas ao longo dos anos, sendo substituída pela urbanização, desde a colonização brasileira. A vegetação tem como função sustentar o solo, evitando que a areia se desloque para outro local.

As praias do Pina e da Boa Viagem apresentam região de dunas frontais, encontradas da praia do Pina até as imediações do Posto Salva-vidas nº 08, na praia da Boa Viagem. Sendo esta vegetada da praia do Pina até as proximidades do 3º Jardim da praia da Boa Viagem.

São encontradas nas dunas frontais vegetadas: *Crotalaria retusa* (mato-pasto-roxa), *Ipomea littoralis* (salsa-da-praia-branca), *Pes-caprae* (salsa-da-praia-roxa), *Polygala cyparissias* (pinheiro-de-praia), *Turnera ulmifolia* (chanana), que caracterizam a vegetação da área (Leite, 2000).

CAPÍTULO 04 - CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DO ARCO

PRAIAL

4.1. INTRODUÇÃO

Praia é um ambiente sedimentar costeiro de composição variada, formado comumente por areia, e condicionado pelos sistemas de ondas que incidem sobre a costa (King, 1959, apud Hoeffel, 1998).

A análise sedimentar visa fornecer subsídios para a correlação entre as características texturais dos sedimentos e dos vários ambientes que compõe a dinâmica deposicional, bem como estabelecer parâmetros utilizáveis na identificação e característica do ambiente (Suguio, 1973).

A investigação dos processos sedimentares com base nas análises granulométricas vêm sendo utilizada para a compreensão da dinâmica sazonal de ambientes sedimentares costeiros recentes (Bittencourt et al. 1987).

As variações texturais observadas nos sedimentos litorâneos podem estar relacionadas às variações na energia das ondas, taxas de transporte e a influência de diferentes fontes de sedimentos ao longo da praia (Komar, 1976 apud Accioly & Dominguez, 1997).

O método mais empregado de cálculo dos parâmetros estatísticos de uma distribuição granulométrica é o descrito por Folk & Ward (1957). Neste método, os tamanhos dos grãos são expressos em Phi (Φ), sendo Phi o logaritmo negativo de base dois do valor em milímetro ($\Phi = -\log_2 \text{mm}$), (Muehe, 1996).

Este estudo teve como objetivo a identificação das características sedimentológicas ao longo das praias do Pina e da Boa Viagem. As características sedimentológicas foram determinadas através da análise granulométrica e do teor de CaCO_3 .

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1. Análise Granulométrica

Os resultados das análises granulométricas encontram-se na tabela 03, e 04. A tabela 03 é referente à estação chuvosa (Junho de 2002) e a tabela 04, referente à estação seca (Dezembro de 2002).

Os dados obtidos foram convertidos em informações numéricas que caracterizam as amostras e servem para descrições texturais, para comparações entre as amostras, para desenvolvimento ou teste de comportamento dos sedimentos durante o transporte e deposição, para interpretação das condições de gênese e mapeamento das variações das características sedimentológica (Suguio, 1973).

a) Média

Média é à medida que fornece a distribuição média do tamanho das partículas (Toldo Jr., 1998). Segundo a classificação de Wentworth (1922 apud Muehe, 1996) são classificados em: cascalho (-1Φ), areia muito grossa (-1 a 0Φ), areia grossa (0 a 1Φ), areia média (1 a 2Φ), areia fina (2 a 3Φ), areia muito fina (3 a 4Φ). O tamanho do grão depende da natureza do material envolvido, do tempo e da distância do transporte.

Nas amostras coletadas no período chuvoso, os sedimentos foram classificados de areia muito fina a média (Fig. 4). A areia média concentra-se na parte central da área em estudo, enquanto a areia fina é encontrada nas extremidades. A areia muito fina foi encontrada apenas em uma amostra, localizada ao Norte (amostra 02). No período seco, os sedimentos são predominantemente constituídos por areia fina, com apenas uma amostra sendo classificada como areia média, localizada na parte central (amostra 05).

As amostras apresentaram uma dominância de areia fina em ambos períodos, evidenciando que não houve uma grande variação de energia entre o período chuvoso e o seco. No entanto, a ocorrência de areia média na parte central é devido, provavelmente, à presença de pequenas aberturas entre os recifes neste trecho. Estas aberturas permitem maior ação da energia das ondas, retirando a areia fina, principalmente durante o período chuvoso. A ocorrência de areia fina na parte Norte da área de estudo, pode ser explicada

pela presença de recifes submersos que dissipam a energia das ondas incidentes neste trecho ou pelo deslocamento do grão da região de dunas frontais para praia pela ação do vento. No entanto velocidade do vento para a região, no mês de Agosto de 2002, apresentou um dos valores mais altos no decorrer do ano de 2002, com direção S/SE. Provavelmente o grão de areia fina seria deslocado da região do estirâncio para a região da pós-praia ou para região de dunas frontais e não ao contrário.

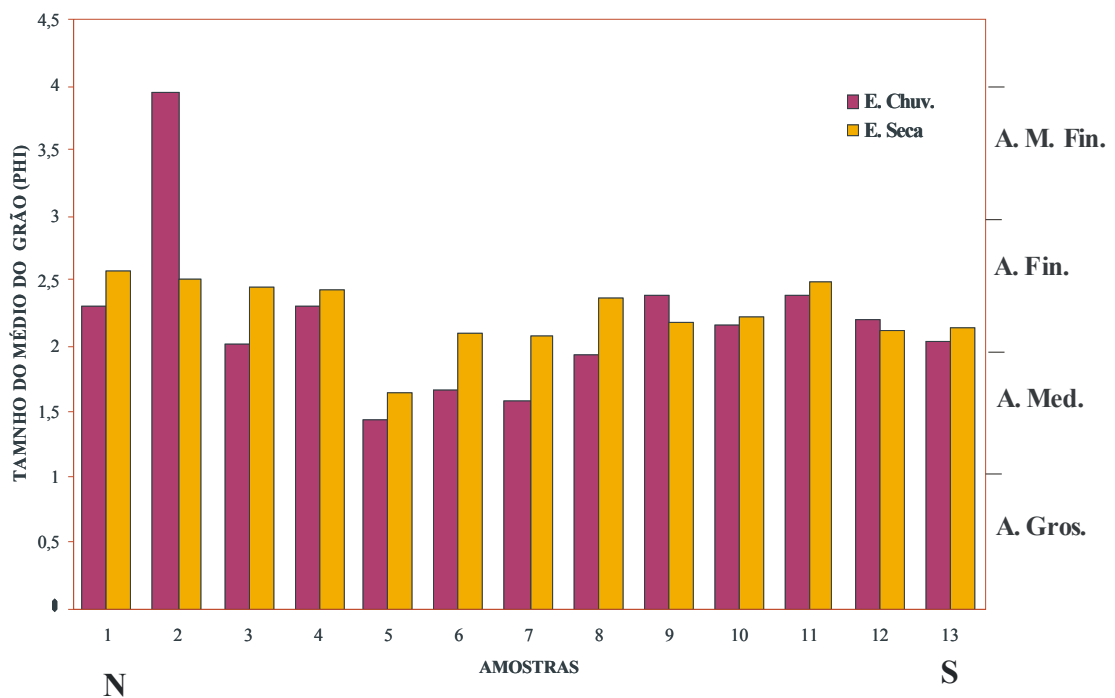


Fig. 4 - Tamanho médio do grão nas duas estações

Quanto ao tamanho médio do grão e inclinação da face da praia segundo Hoefel (1973), os grãos mais finos tendem a repousar em equilíbrio em perfis de inclinação mais suave, enquanto grãos maiores originam perfis de equilíbrio gradualmente mais íngremes.

Em relação à inclinação da face média da praia foi observada no período chuvoso uma variação de 1° a 6°, e no período seco de 1° a 5° (Fig. 5 A e B). Observou-se valores mais altos de inclinação (5° e 6°) no período chuvoso, distribuídos em toda área de estudo, e uma maior ocorrência de valores mais baixos durante o verão (1° a 4°). Apresentou apenas uma amostra (10) de 5°, ao sul da área de estudo. Para as praias as praias do Pina e da Boa Viagem não foi observado uma correlação entre o tamanho médio do grão e a inclinação da face da praia, pois algumas amostras de areia média, estão presentes tanto em face de praia com alta declividade, como de baixa declividade, o mesmo acontecendo com a areia fina.

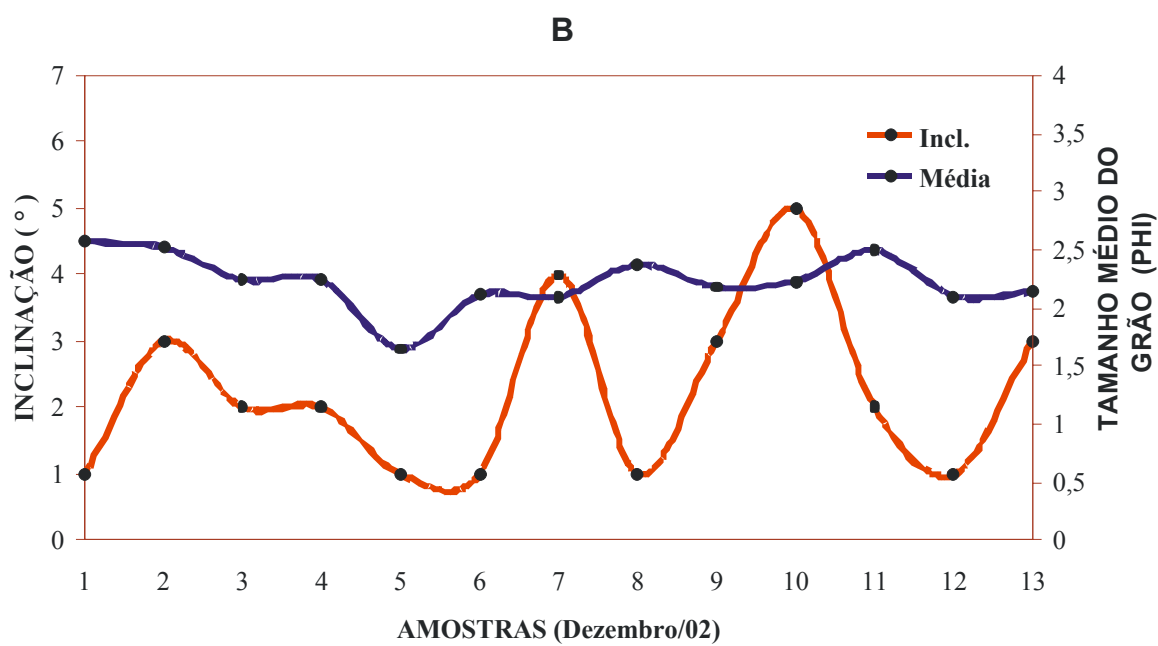
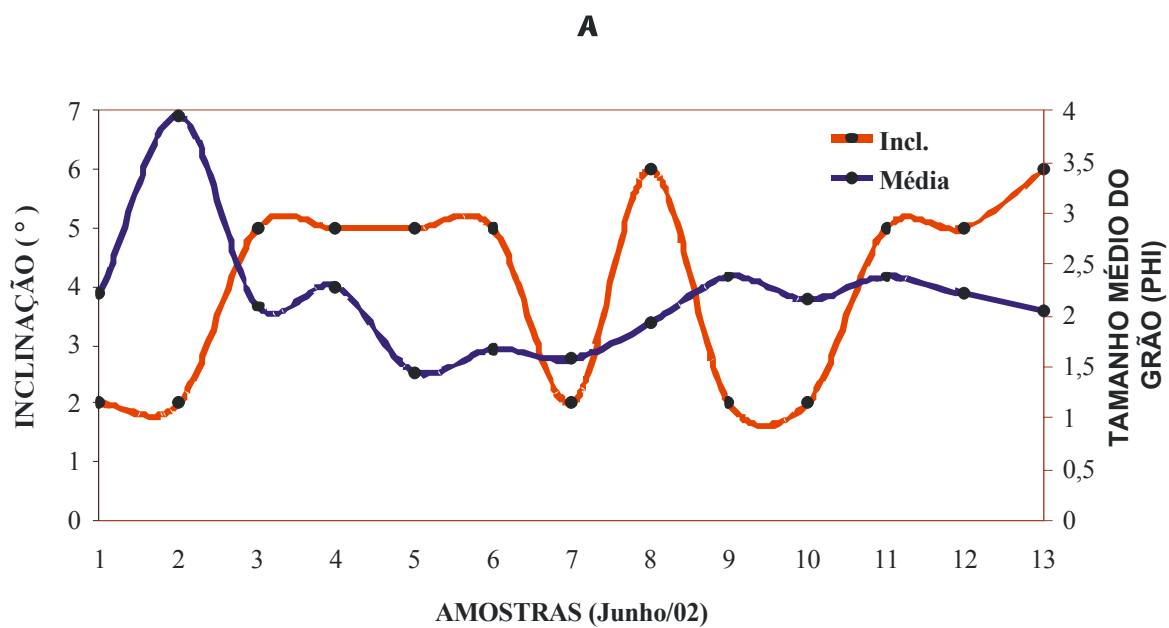


Fig. 5. A – Inclinação da face da praia x diâmetro médio, durante a estação chuvosa
 B – Inclinação da face da praia x diâmetro médio, durante a estação seca

b) Desvio Padrão

Desvio padrão é uma medida de dispersão, que determina o grau de seleção dos sedimentos. Os limites de classificação do selecionamento pelo desvio padrão gráfico em valores de phi são: muito bem selecionado ($< 0,35$), bem selecionado ($0,35 - 0,50$), moderadamente selecionado ($0,50 - 1,00$), pobremente selecionado ($1,00 - 2,00$) e extremamente mal selecionado ($> 2,00$). Segundo Muehe (1996), o desvio padrão corresponde a maior grau de um dado tamanho granulométrico encontrado.

Quanto ao grau de seleção (Fig. 6), no período chuvoso as amostras apresentam uma variação de pobremente a bem selecionadas, predominando a classificação bem selecionada. Apenas uma amostra pobremente selecionada foi encontrada, ao Norte (amostra 02). No período seco, os sedimentos foram classificados de moderadamente a bem selecionados, observando-se a predominância de sedimentos moderadamente selecionados em quase todo trecho. Apenas duas amostras foram classificadas com bem selecionadas: uma na parte central (amostra 07) e outra no extremo Sul (amostra 13).

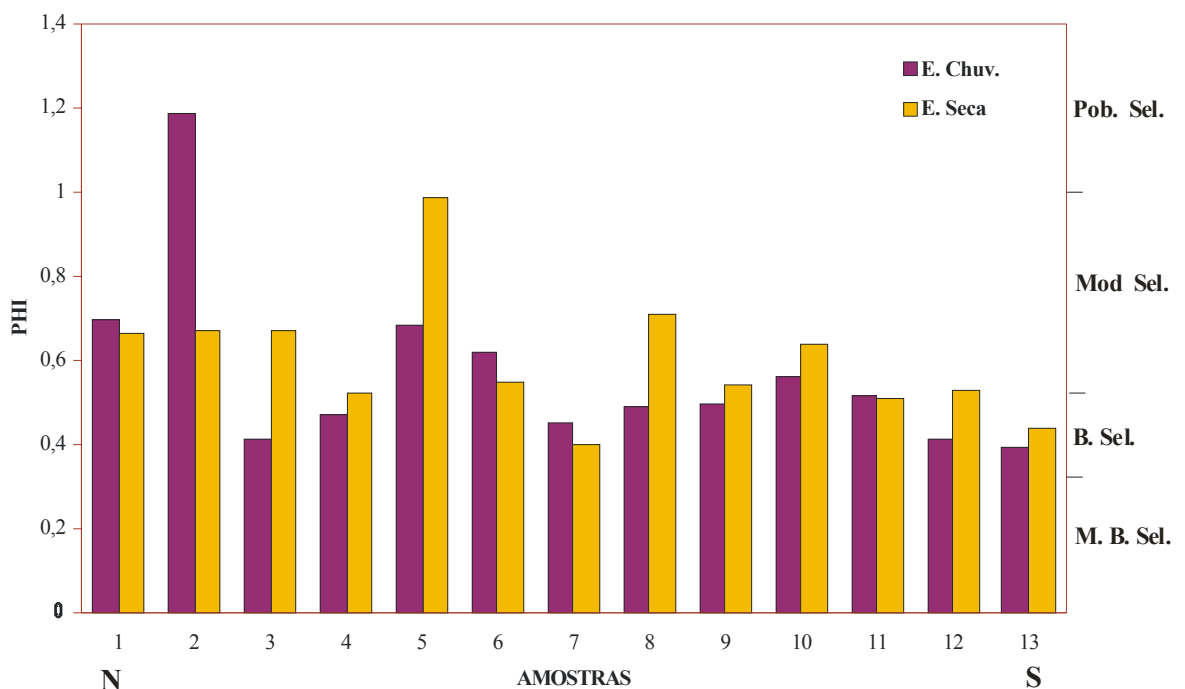


Fig. 6 - Desvio padrão nas duas estações

Para as praias do Pina e da Boa Viagem foi observado, que os sedimentos foram classificados predominantemente como bem selecionados na estação chuvosa e moderadamente selecionados na estação seca. Evidenciando, que durante a estação seca não houve energia suficiente para um bom selecionamento.

c) Assimetria

É uma medida da tendência dos dados de se dispersarem de um ou do outro lado da média (Suguio, 1973). Quando os sedimentos são compostos por material fino e grosso em proporções iguais, apresentam curvas simétricas. Os sedimentos são classificados segundo o grau de assimetria em: assimetria muito negativa (-1,00 a -0,30); assimetria negativa (-0,30 a -0,10); aproximadamente simétrica (-0,10 a 0,10); assimetria positiva (+0,10 a +0,30); assimetria muito positiva (+0,30 a +1,00).

A assimetria é o parâmetro que melhor descreve o ambiente, em termos do seu nível energético (Mabesoone, 1968). Segundo Duane (1964 apud CPRH, 1998), o sinal negativo indicaria remoção de partículas finas (ou remoção seletiva contínua), característico de praias, zonas litorâneas e canais de entrada de maré. O sinal positivo resulta da acumulação de sedimentos finos em zonas protegidas, como lagunas e dunas de deposição eólicas (Lira, 1997). Em relação aos processos de deposição, as praias apresentam uma assimetria negativa, devidos os componentes finos serem mais facilmente removidos pelo vento.

Em relação à representatividade do afastamento do diâmetro médio do grão (Fig. 7), as amostras apresentaram uma variação de assimetria de muito negativa a positiva no período chuvoso, observando-se porém uma maior ocorrência do grau de aproximadamente simétrica. Foram observadas apenas duas amostras muito negativa (amostras 02 e 09) e duas positivas (05 e 10), não caracterizando assim, um padrão de distribuição ao longo da área. No período seco, a variação foi de assimetria negativa, a muito positiva. Como já observado na estação chuvosa, não há também um padrão de distribuição para o verão.

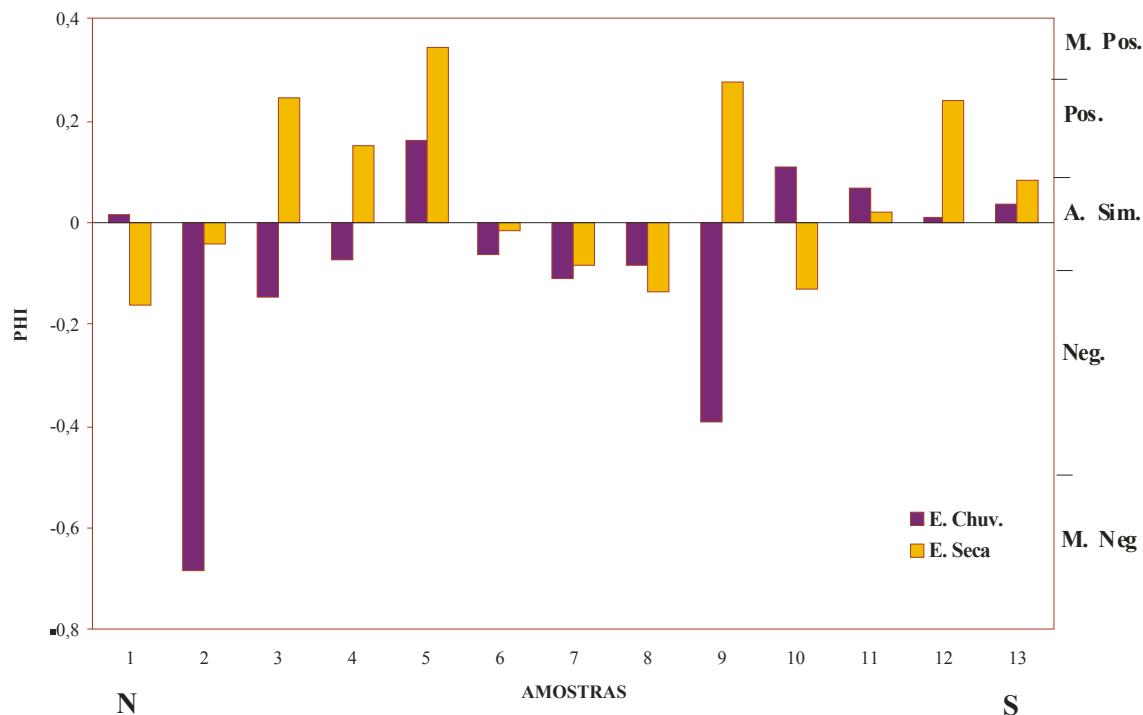


Fig. 7 - Assimetria nas duas estações

De modo geral, os sedimentos foram classificados como aproximadamente simétricos em ambos períodos, havendo uma maior representatividade no período chuvoso, indicando assim, uma mistura dos grãos durante os períodos chuvoso e seco, indicando que não houve grande diferença de energia no período chuvoso para retirada dos grãos mais finos. As areias das praias do Pina e da Boa Viagem não apresentam resultados comumente encontrados em ambientes de praia (assimetria negativa), por predominarem em seus resultados distribuições aproximadamente simétricas.

d) Curtose

Curtose é uma medida que retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição, ou seja, o grau de seleção dos extremos da distribuição comparando-os com o da porção central (Muehe, 1996). São classificados segundo os limites como: muito platicúrtica (<0,67), platicúrtica (0,67-0,90), mesocúrtica (0,90-1,11), leptocúrtica (1,11-1,50), muito leptocúrtica (1,50-3,00), extremamente leptocúrtica (>3,00).

Quanto à curtose (Fig. 8), na estação chuvosa predominaram os valores médios de curtose, de mesocúrtica a platicúrtica, Porém, observou-se uma maior ocorrência de mesocúrtica distribuídas ao longo da área de estudo. No período do verão, as amostras também apresentaram uma maior ocorrência de distribuições mesocúrticas, concentradas ao centro e ao Sul da área, seguidas de platicúrtica localizadas ao Norte.

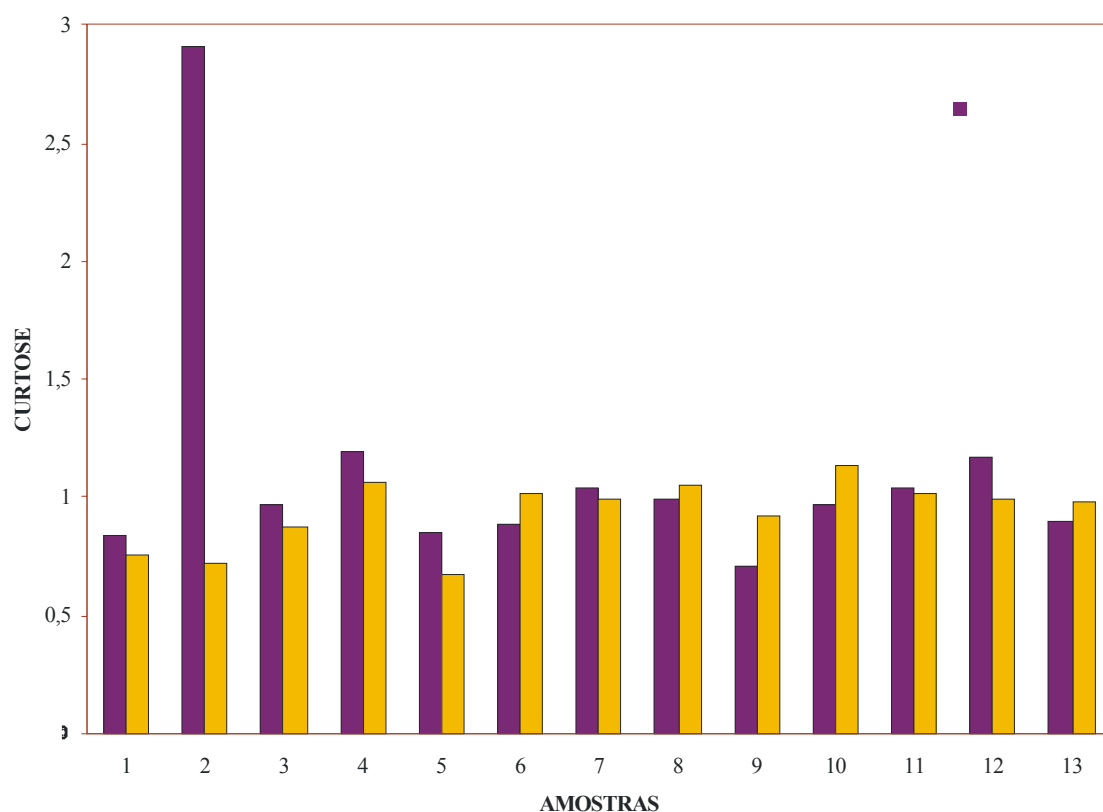


Fig. 8 - Valores de curtose nas duas estações

Segundo Lima Santos (1998), os valores de curtose estão relacionados às condições de movimentação do ambiente sedimentar. As amostras que apresentam distribuições leptocúrtica e muito leptocúrtica são de ambientes de maior movimentação; platicúrtica e muito platicúrtica são de ambientes de baixa movimentação; e distribuições mesocúrticas, de ambientes de mais ou menos movimentação. Para as praias do Pina e da Boa Viagem, predominam distribuições mesocúrticas em ambas as estações, indicando um ambiente de energia intermediária. A presença de distribuição platicúrtica ao Norte da área, provavelmente está relacionada à presença de recife submerso, que permita um ambiente de menor movimentação, também já explicada para a presença de areia fina neste mesmo setor.