

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

Marcelo Menezes Diniz Madruga

DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTORNO DA LINHA DE PREAMAR MÁXIMA  
ATUAL DO LITORAL DO MUNICÍPIO DE GOIANA-PE E SUAS IMPLICAÇÕES  
AMBIENTAIS

2016

Marcelo Menezes Diniz Madruga  
Geólogo, Universidade Federal de Pernambuco, 2014

DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTORNO DA LINHA DE PREAMAR MÁXIMA  
ATUAL DO LITORAL DO MUNICÍPIO DE GOIANA-PE E SUAS IMPLICAÇÕES  
AMBIENTAIS

Dissertação que apresenta à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife, PE  
2016

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

M178d	<p>Madrugá, Marcelo Menezes Diniz.</p> <p>Definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual do litoral do município de goiana-pe e suas implicações ambientais. 2016. 107folhas, Il. e Tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Geociências, 2016. Inclui Referências, e Anexos.</p> <p>1. Geociências. 2. Linha de costa. 3. Morfodinâmica. 4. Sedimentologia. 5. Goiana – PE. I. Manso, Valdir do Amaral Vaz (Orientador) III. Título.</p> <p>UFPE</p> <p>551 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2016-259</p>
-------	---

**MARCELO MENEZES DINIZ MADRUGA**

**DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTORNO DA LINHA DE PREAMAR MÁXIMA  
ATUAL DO LITORAL DO MUNICÍPIO DE GOIANA-PE E SUAS IMPLICAÇÕES  
AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Geociências da  
Universidade Federal de Pernambuco,  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Mestre em Geociências.

Aprovada em: 01/08/2016

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. George Satander Sá Freire (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Ceará

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pela força, saúde e coragem para que essa caminhada tenha se concretizado.

Aos meus pais, José Diniz Madruga Filho e Maria do Rozário Menezes Madruga que, com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu concluísse essa etapa da minha vida.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, primeiramente por ter aceitado o convite para orientação do trabalho, além do apoio científico na elaboração deste relatório, pelos comentários sempre objetivos, como também pelos conselhos que servirão para a vida toda e por sua amizade.

A João Alberto Rocha de Oliveira, pelo companheirismo e pela ajuda nos trabalhos de campo.

A minha tia, Fernanda Assunção, pela revisão ortográfica.

Aos amigos Bruno César, Diego Dias, Diógenes Valença, Larissa Luna e Sharliane d'Almeida pela ajuda nos trabalhos de campo.

Aos amigos Diego Cunha, Márcio Alencar e Mário Ramos pelos ensinamentos nos softwares necessários.

A todos que compõem o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia (DEGEO), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que patrocinou esta pesquisa.

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada no município de Goiana, litoral Norte do Estado de Pernambuco (Bacia da Paraíba), entre as praias de Ponta do Funil e Carne de Vaca. O trabalho teve intuito de levantar informações sobre o sistema costeiro, com base na caracterização morfodinâmica e geoambiental, quantificando o balanço sedimentar e a vulnerabilidade das praias. Para isto fez-se um monitoramento bimestral com levantamento de perfis topográficos e coletas de sedimentos no estirâncio entre os meses de novembro/2014 e setembro/2015. Na correlação dos perfis topográficos associados à sedimentologia das amostras, os resultados indicaram que o balanço sedimentar foi positivo (deposicional) em seis pontos, sendo o perfil praial P5, na praia de Ponta de Pedras, onde houve a maior variação com  $+281,5\text{m}^3/\text{m}$ . No perfil praial P1, na praia de Ponta do Funil, foi o único que obteve variação do volume negativa (retrogradacional). No levantamento da linha de preamar máxima, constatou-se a retrogradação no litoral sul e progradação no litoral norte. Os indicadores utilizados revelaram um litoral moderadamente preservado com 69% estabilizado apresentando feições geomorfológicas típicas do ambiente praial, como as escarpas de berma e 31% com obras de proteção costeira, na maioria dos casos sem fundamentação técnica adequada. A porção mais vulnerável da área encontra-se na praia de Catuama, local onde há grande número de casas construídas na pós-praia e até mesmo no estirâncio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Linha de costa, Morfodinâmica, Sedimentologia, Goiana – PE.

## ABSTRACT

This research was conducted in an area in the municipality of Goiana, northern coast of the state of Pernambuco (Paraíba Basin), located between the Ponta do Funil and Carne de Vaca beaches. The main goal of the work was to obtain information concerning the coastal system, based upon the morphodynamic and environmental quantification of the sedimentary balance and the vulnerability of these beaches. To accomplish that, topographic profiles were conducted with intervals of two months and samples of sediments were collected in the foreshore during the period from November/2014 and September/2015. The correlation of the topographic profiles with the sedimentary characteristics of the collected samples, it was clear that the sedimentary balance was positive (depositional) for six points, with the P5 beach profile, located in the Ponta de Pedras beach, showing the larger variation +281,5m<sup>3</sup>/m. The P1 beach profile, located in the Ponta do Funil, was the only one to show negative variation of volume (retrogression). During the definition of the line of maximum high tide, it was observed a retrogression on the south coast and progradation on the north coast. The parameters used revealed a moderately preserved coast, with 69% of stabilization showing morphologic features typical of environment with berm scarps and 31% with civil engineering construction to protect the coast; most of them without technical support. The most vulnerable section of the coast was located in the Catuama beach, due to the large number of houses constructed in the post-beach and some involving the foreshore.

**KEY WORDS:** Shoreline, Morphodynamics, Sedimentology, Goiana – PE.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área estudada. ....	17
Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Goiana em Pernambuco (CPRH, 2003). ....	20
Figura 3 – (A) Estufa para secagem das amostras (B) – Peneiras utilizadas para o peneiramento seco LGGM-CTG-UFPE .....	25
Figura 4 – Nível Pentax com tripé.....	27
Figura 5 - Régua de 5 metros e estacas de ferro.....	28
Figura 6 – Mapa de localização dos perfis praias e dos setores dos mesmos. ....	28
Figura 7- Esquema do cálculo de volume de perfil praial. Área do perfil aéreo ( $m^2$ ) multiplicada por 1 m resultando no volume ( $m^3/m$ ). ....	29
Figura 8 – GPS utilizado no levantamento geodésico.....	31
Figura 9 – Mapa dos principais domínios geológicos da Província da Borborema (Modificado de Brito Neves et. Al (2000). ....	33
Figura 10 - Bacia da Paraíba com suas sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (Barbosa, 2004, 2007). ....	35
Figura 11- Coluna estratigrafia da faixa costeira da Sub-bacia de Olinda (Barbosa, 2007). ....	36
Figura 12– Sessão geológica elaborada a partir de perfis de poços ao longo da faixa costeira entre a Zona de Cisalhamento Pernambuco e o Alto de Mamanguape (Barbosa, 2004). ....	37
Figura 13 - Perfil generalizado de uma praia hipotética com suas divisões e morfologia (Duarte, 2002). ....	42
Figura 14 - Classificação textural dos sedimentos no diagrama triangular de Shepard (1954). Todas as amostras foram classificadas como areia. ....	45
Figura 15 – Digrama mostrando os percentuais de areia fina, areia média e areia grossa na área estudada. ....	46
Figura 16 – Digrama mostrando os percentuais do grau de seleção na área estudada, com predominância de sedimentos moderadamente selecionados, característico de sedimentos praias. ....	48
Figura 17 – Digrama mostrando os percentuais de assimetria da distribuição granulométrica da área estudada. ....	49
Figura 18 – Vista aérea mostrando a localização do RN do perfil praial P1. Fonte: Google Earth. ....	51
Figura 19 - Vista de norte para sul da praia nas proximidades do perfil praial P1, em Ponta do Funil. ....	52
Figura 20 – Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P1, na praia de Ponta do Funil, no período de novembro/14 a setembro/15. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados. ....	53
Figura 21 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta do Funil. ....	53
Figura 22 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta do Funil. ....	54
Figura 23 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta do Funil. ....	54
Figura 24 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta do Funil. ....	55



Figura 25 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta do Funil.....	56
Figura 26 - Conjunto de perfis realizados em P1, praia de Ponta do Funil.....	56
Figura 27 - Vista aérea da localização do RN dos perfis realizados em P2. Fonte: Google Earth. ....	57
Figura 28 – Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praial P2, na praia de Catuama, mostrando salsas de praia (Ipomea pes-caprae Rottb.) no setor de pós-praia. ....	57
Figura 29 - Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P2. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados. ....	58
Figura 30 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Catuama. ....	58
Figura 31 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama. ....	59
Figura 32 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Catuama. ....	59
Figura 33 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Catuama.....	60
Figura 34 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho/14 e setembro/15 na praia de Catuama. ....	60
Figura 35 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Catuama. ....	61
Figura 36 - Conjunto de perfis realizados em P2, praia de Catuama. ....	61
Figura 37 - Vista aérea da localização doo RN do perfil praial P3. Fonte: Google Earth. ....	62
Figura 38 – Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praial P2, na praia de Catuama.....	62
Figura 39 – Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P3. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados. ....	63
Figura 40 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Catuama. ....	63
Figura 41 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama. ....	64
Figura 42 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama. ....	64
Figura 43 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Catuama.....	65
Figura 44 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Catuama. ....	65
Figura 45 – Conjunto de perfis realizados em P3, praia de Catuama. ....	65
Figura 46 – Vista aérea da localização do RN do perfil praial P4. Fonte: Google Earth. ....	66
Figura 47 – Perfil praial P4, local de levantamento dos perfis na praia de Ponta de Pedras, onde há a presença de calcários de Formação Maria Farinha.....	67
Figura 48 – Perfis praias P4. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados. ....	68
Figura 49 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	68
Figura 50 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	69

Figura 51 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.....	69
Figura 52 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	70
Figura 53 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.....	70
Figura 54 - Conjunto de perfis realizados no em P4, praia de Ponta de Pedras. ....	70
Figura 55 Perfil Marco do Distrito (Dez/2006). Fonte: Xavier (2007). ....	71
Figura 56 – Vista aérea da localização do RN do perfil praial P5. Fonte: Google Earth. ....	71
Figura 57 – Perfil praial P5, local de levantamento dos perfis na praia de Ponta de Pedras, onde há grande quantidade de materiais pesados. ....	72
Figura 58 – Perfis praiais P5. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados. ....	73
Figura 59 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	73
Figura 60 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	74
Figura 61 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.....	74
Figura 62 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	75
Figura 63 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.....	75
Figura 64 - Conjunto de perfis realizados em P5, praia de Ponta de Pedras.....	75
Figura 65 – Vista aérea da localização dos perfis realizados em P6. Fonte: Google Earth. ....	76
Figura 66 – Perfil praial P6, local de levantamento dos perfis na porção norte da Praia de Ponta de Pedras. ....	77
Figura 67 – Perfis praiais P6. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados. ....	78
Figura 68 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	78
Figura 69 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	78
Figura 70 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.....	79
Figura 71 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras. ....	79
Figura 72 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.....	80
Figura 73 – Conjunto de perfis realizados em P6, praia de Ponta de Pedras.....	80
Figura 74 - Vista aérea da localização dos perfis realizados em P7. Fonte: Google Earth. ....	81
Figura 75 – Perfil praial P7, local de levantamento dos perfis na praia de Carne de Vaca.....	81
Figura 76 – Perfis praiais P7. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados. ....	82
Figura 77 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Carne de Vaca.....	82

Figura 78 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Carne de Vaca. ....	83
Figura 79 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Carne de Vaca. ....	83
Figura 80 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Carne de Vaca. ....	84
Figura 81 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Carne de Vaca. ....	84
Figura 82 – Conjunto de perfis realizados em P7, praia de Ponta de Carne de Vaca. ....	84
Figura 83 – Escarpa de Berma na Praia de Carne de Vaca. ....	89
Figura 84 – Linha de vegetação utilizada na definição da linha de preamar máxima. ....	89
Figura 85 – Linha de deixa utilizada na definição da linha de preamar máxima. ....	90
Figura 86 – Estruturas de muros construídas para conter a ação das ondas sem ....	90
Figura 87 – Feições morfológicas utilizadas na identificação da linha de preamar máxima atual. ....	91
Figura 88 - Espigões construídos na praia de Carne de Vaca.....	91
Figura 89- Mapa com a linha de preamar máxima estabelecida.....	92
Figura 90 – Forma côncava dos recifes algálicos próximo ao perfil praial P3. ....	95
Figura 91 – Mapa com grau de vulnerabilidade à erosão.....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi e em milímetros. ....	44
Tabela 2 – Variação do volume no perfil praial P1 nos meses estudados. ....	53
Tabela 3 – Variação do volume no perfil praial P2, nos meses estudados. ....	58
Tabela 4 – Variação do volume no perfil praial P3, nos meses estudados. ....	63
Tabela 5 – Perfis praias P4 - Variação do volume nos meses estudados. ....	67
Tabela 6 – Perfis praias P5. Variação do volume nos meses estudados. ....	72
Tabela 7 – Perfis praias P6. Variação do volume nos meses estudados ....	77
Tabela 8 – Perfis praias P7. Variação do volume nos meses estudados ....	82

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos do trabalho .....	15
1.3 - Aspectos Fisiográficos .....	17
1.3.1 - Clima .....	17
1.3.2 - Vegetação .....	18
1.3.3 - Hidrografia .....	19
1.3.4 - Geomorfologia .....	20
1.4 - Oceanografia .....	21
1.4.1 - Correntes .....	22
1.4.2 - Placeres de praia.....	22
CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
2.1 - Amostragem Sedimentológica .....	24
2.1.2- Tratamento das amostras .....	24
2.1.3 – Tratamento dos dados.....	25
2.2 – Levantamento Morfodinâmico .....	25
2.3 - Levantamento Hidrodinâmico.....	29
2.4 - Levantamento geodésico.....	30
CAPÍTULO 3 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	32
3.1 - Província da Borborema.....	32
3.1.1 - Terreno Rio Capibaribe .....	33
3.2 - Bacia da Paraíba .....	34
3.2.1 - Sub-Bacia Olinda .....	34
3.2.4 - Depósitos Quaternários.....	38
3.2.4.1 - Depósitos flúvio-lagunares.....	38
3.2.4.2 - Depósitos Aluviais .....	38
3.2.4.3 - Depósitos de Mangue .....	39
3.2.4.4 - Terraços Marinhos Pleistocênicos.....	39
3.2.4.5 - Rochas de praia (beachrocks).....	40
3.2.4.6 - Depósitos Litorâneos praias .....	41
CAPÍTULO 4 – SEDIMENTOLOGIA .....	43
4.1 – Generalidades .....	43
4.2 - Classificação Textural .....	45
4.3 - Diâmetro médio.....	45
4.4 - Desvio padrão (seleção) .....	47
4.5 - Assimetria .....	48
CAPÍTULO 5 - MORFODINÂMICA DE PRAIA .....	50
5.2 - Perfis de praia.....	51
5.2.1 – Perfil de praia P1 .....	51
5.2.2 – Perfil de praia P2 .....	56
5.2.3 – Perfil de praia P3 .....	61
5.2.4 - Perfil de praia P4.....	66
5.2.5 - Perfil de praia P5 .....	71
5.2.6 - Perfil de praia P6.....	76
5.2.7 – Perfil de praia P7 .....	80

CAPÍTULO 6 - LINHA DE PREAMAR MÁXIMA .....	86
6.1 - Generalidades .....	86
6.2 Levantamento da Linha de Preamar Máxima atual .....	87
CAPÍTULO 7 - VULNERABILIDADE À EROSÃO MARINHA .....	93
7.1 - Generalidades .....	93
7.2 - Resultados .....	94
CAPÍTULO 8 - CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS .....	97
CAPÍTULO 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Assim como em todo litoral brasileiro, Pernambuco vem sofrendo com a erosão marinha que continua se agravando, sendo as praias urbanas as que mais sofrem com o processo erosivo. Devido ao aumento da população e à ocupação desordenada da zona costeira, além da extrema fragilidade dos diversos ecossistemas encontrados no litoral, este problema só tende a aumentar, pois obriga ainda mais a utilização desta localização pelo fato de se tratar de uma área nobre para moradia e onde se concentra a maior parte das atividades econômicas.

Cerca de 60% da população mundial mora na faixa litorânea e segundo previsões da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 2100, esse percentual deve aumentar para aproximadamente 75%. A zona costeira pernambucana representa cerca de 4% do território do estado e, de acordo com o Censo 2010 realizado pelo IBGE, 56% da população vive nesse ambiente praial.

A zona costeira é considerada como o espaço de integração do ar, do mar e da terra, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre e é nela que se desenvolve uma significativa parcela das atividades sociais, processos naturais, no qual o equilíbrio é de extrema importância para a mitigação de possíveis conflitos (Adger et al., 2005; Neves; Muehe, 1995).

As constantes transformações que ocorrem em todas as zonas costeiras do mundo, sobretudo morfológicas, são decorrências de um complexo sistema de agentes que interagem, os quais são designados de “Dinâmica Costeira”.

Segundo Manso et. Al. (2003), a grande velocidade da variação do perfil praial é o resultado de sua contínua adaptação a situações energéticas (ondas, marés e correntes longitudinais) que se alteram em curtos períodos de tempo e em função das características morfológicas do litoral; essa variação influencia diretamente na posição da linha de costa.

Os países da América Latina mais vulneráveis à erosão costeira são Argentina, Bahamas, Brasil, Cuba e México (Eclac, 2012). Segundo Muehe (2006), todos os estados litorâneos brasileiros têm problemas devido a processos erosivos na zona costeira e, muitas vezes com danos ao patrimônio e perda no valor econômico. De acordo com Manso et al (2006), 33% das praias do estado apresenta intenso grau de erosão.

No que se refere ao corpo do trabalho, está dividido em capítulos, assim distribuído:

- Este, que hora mencionamos, onde se faz um alerta sobre os processos erosivos nas regiões costeiras, mostram-se os objetivos do trabalho, apresenta-se a área estudada, destacando-se seus aspectos fisiográficos, bem como os dados gerais que retratam o atual estágio, no que se refere ao nível de conhecimento, relacionado às informações oceanográficas, e uma introdução revelando a estrutura do trabalho. .

- O segundo capítulo, em que se abordam todos os métodos de trabalho que foram utilizados.

- No terceiro capítulo, faz-se referência e discute-se o contexto geológico regional.

- O quarto capítulo aborda a sedimentologia, inclusive destacando a classificação textural dos sedimentos das praias da área estudada.

- No quinto capítulo retrata-se a morfodinâmica praial e através da análise de perfis topográficos realizados, faz-se um diagnóstico do balanço sedimentar, localizando-se os setores da praia onde está instalado o processo erosivo.

- Um breve histórico da linha de preamar e dos terrenos de marinha é tratado no capítulo seis, que culmina com determinação da linha de preamar máxima atual.

- O sétimo capítulo aborda a vulnerabilidade à erosão marinha, descrevendo as áreas onde os processos erosivos são mais evidentes no qual se estabelece três graus de vulnerabilidade, de acordo com classificação de Dal Cin & Simeoni (1994).

- E, por fim, o oitavo capítulo onde são feitas as considerações finais e conclusões.

## 1.1 Objetivos do trabalho

### a) Objetivo Geral

O município de Goiana apresenta problemas ambientais causados pela ocupação desordenada, da zona costeira por moradores, pousadas, poluição dos recursos hídricos, entre outros. Sendo assim, esta pesquisa tem como propósito



estabelecer a linha de preamar máxima atual, substituindo a que foi instituída em 1831. Para que, a partir desta última referida, se constitua a linha de costa do município de Goiana. O presente trabalho será extremamente importante no disciplinamento do uso do solo, como também, na definição futura de faixas de recuo adequadas para cada ponto do referido litoral.

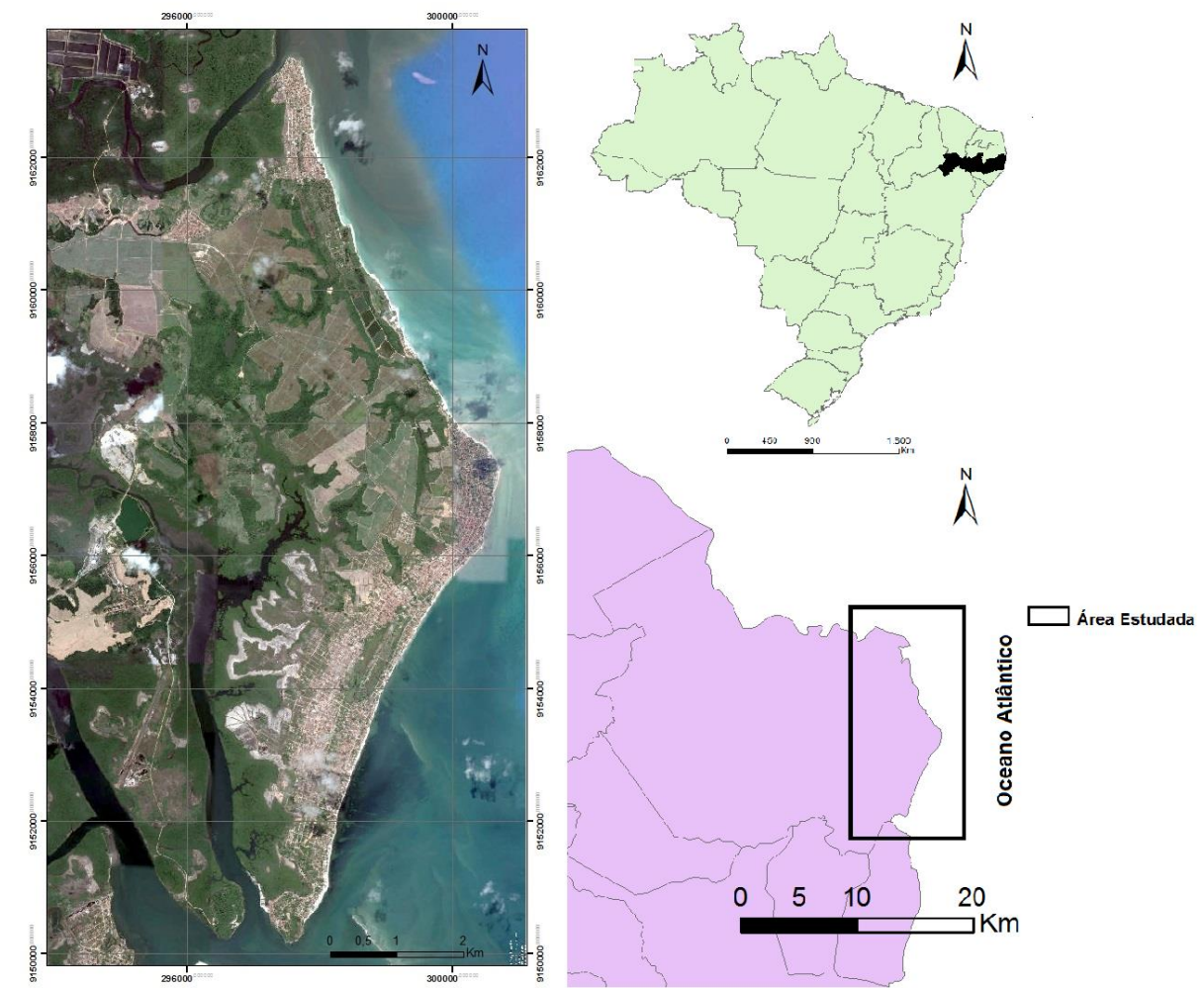
b) Objetivo específico do presente trabalho:

- Avaliar a morfodinâmica sazonal das praias no período de novembro de 2014 e setembro de 2015;
- Caracterizar a sedimentologia dos perfis praiais;

## 1.2- Localização e Vias de Acesso

A área estudada localiza-se entre as coordenadas UTM 9164000 e 9150000 de latitude sul e 2926000 e 301000 de longitude leste, compreendendo aproximadamente 15 quilômetros de extensão, e está inserida na porção externa da planície costeira da Região Norte do Estado, especificamente na orla marítima do município de Goiana – PE, entre o Rio Itapessoca e o Rio Goiana (figura 1).

Figura 1 - Localização da área estudada.



### 1.3 - Aspectos Fisiográficos

#### 1.3.1 - *Clima*

No Nordeste do Brasil, o sistema de circulação atmosférica que atua é representado pela Massa Equatorial Atlântica, a Frente Polar Atlântica e um sistema de ventos alísios, cuja dinâmica se reflete sobre as condições climáticas costeiras se encontra o município de Goiana, cuja precipitação varia de 1932,3 a 975,6mm anuais. No litoral Norte pernambucano, nos meses de setembro a fevereiro, os ventos que sopram têm direção SE. Nestes meses, principalmente em novembro e dezembro, meses mais secos, em função da força dos ventos o céu se torna mais limpo e o tempo seco. No mês de março, os ventos tomam a direção NE, aumentam as precipitações, e de abril a agosto ocorre o período chuvoso (CPRH, 2003).

Em relação aos elementos como pluviometria, temperatura e regime de frentes de ar, Koppen (1948) classificou o clima da área como um clima tropical chuvoso do tipo As' ou "pseudotropical", que é caracterizado por ser quente e úmido com chuvas concentradas entre os meses de março a agosto e apresenta temperaturas médias anuais que variam em torno de 24°C, com 3°C de amplitude térmica anual.

### 1.3.2 - Vegetação

Na área estudada são encontrados diversos tipos de vegetação, pois se localiza em um ambiente transicional que engloba várias unidades ambientais como mangues, praias, planícies de inundação, várzea, entre outras. Segundo dados da SUDENE (1973), na costa de Estado de Pernambuco ocorrem dois tipos básicos de formações florestais: a floresta subperenifólia e as formações litorâneas. A floresta subperenifólia (Floresta Tropical Atlântica), é uma formação rica em espécies, densa e alta (20 – 30m), que vem sendo retirada para o plantio da cana-de-açúcar e que hoje é representada por fragmentos entre o domínio canavieiro. A Floresta perenifólia de restinga, manguezais, formações de praia e campos de várzea (flúvio-lagunar), engloba os principais tipos de floresta das formações litorâneas.

A floresta perenifólia de restinga é uma formação com árvores de troncos finos, pouco densa, que ocorre normalmente associada aos terraços arenosos da zona costeira, que na área é representada pelos terraços marinhos pleistocênicos. O mangue se desenvolve nas áreas em que a vegetação está influenciada diretamente pelas marés, predominando as *Rhizophorae mangle*, o mangue vermelho, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* e *Avicennia ssp.* Essa vegetação tem grande importância, pois o sistema de raízes proporciona abrigo para a fauna, se tornando verdadeiros berçários naturais. Na porção mais arenosa do litoral, encontra-se uma vegetação pouco densa e herbácea, que geralmente tem início na pós-praia e é representada por gramíneas, salsas de praia, capim de areia e psamófica herbácea alastrante. Nos campos de várzeas, ocorrem ao longo dos cursos d'água, brejos e áreas de acumulação de água doce. Na área estudada, estas formações são densas e predominam espécies de *Gramineae* e *Cyperaceae*.

### 1.3.3 - Hidrografia

A bacia de drenagem do Rio Goiana apresenta forma losangular. É composta por vinte e dois municípios e dezenove sedes municipais. Está localizada no extremo norte de Pernambuco, inserida na província da Borborema e limita-se ao norte e a oeste com o Estado da Paraíba; a leste com o oceano Atlântico e ao sul com a bacia hidrográfica do rio Capibaribe (Condepe, 1980).

O Rio Goiana é o rio mais importante do município homônimo com uma extensão de 20 km, cortando a planície costeira no sentido W-E, apresenta características meandriformes e pequeno poder erosivo. Seus maiores afluentes são os rios Capibaribe-mirim e Tracunhaém.

Esses dois rios se encontram a poucos quilômetros a leste da sede municipal do município homônimo, dando origem ao Rio Goiana. Existem dois tipos de drenagem que envolve os rios Goiana, Capibaribe-mirim e Tracunhaém: um sistema dendrítico, desenvolvido nas encostas do vale; e um anastomosado, influenciado pelo regime de marés, que juntamente à elevada pluviosidade da área e baixa permeabilidade do solo, confere perenidade aos rios, e desenvolve-se sobre a planície aluvial, onde se originam lagoas, manguezais e remansos. (CPRH, 2003).

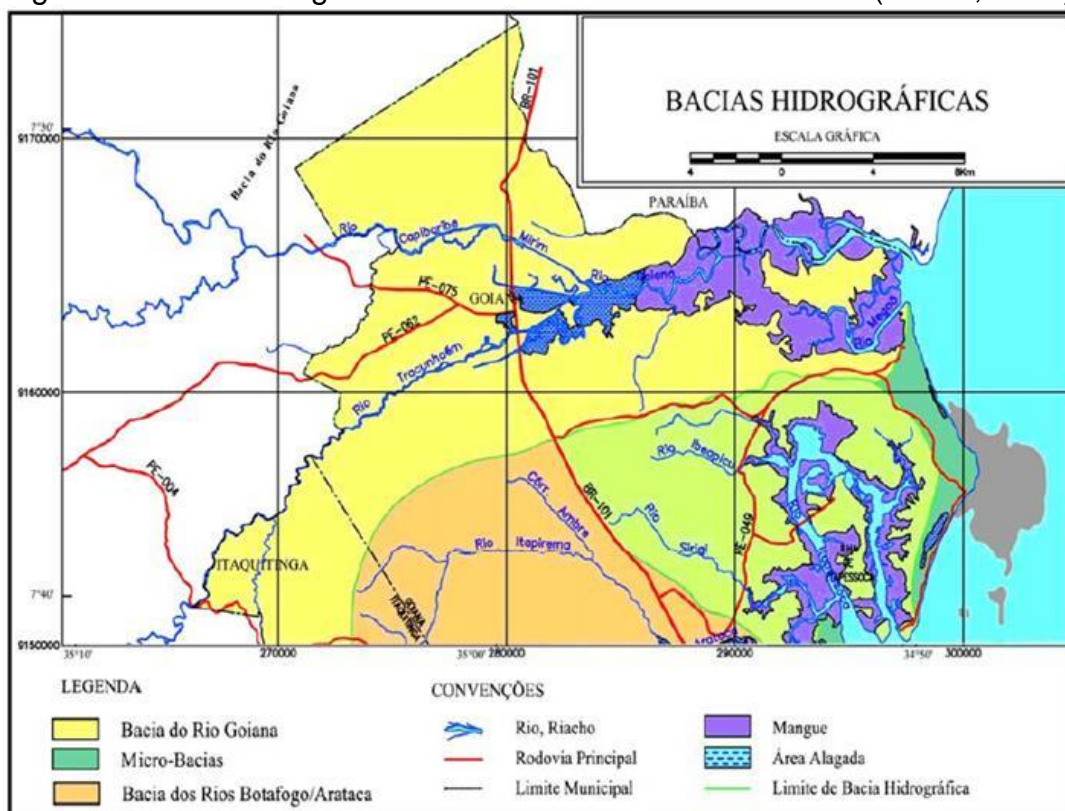
Cerca de 60 km<sup>2</sup> da bacia do Rio Goiana é formada por uma extensa rede de drenagem originada por pequenos e médios afluentes. No inverno, período de maior precipitação, a calha do Rio Goiana fica inundada; nos meses de estiagem, os terrenos que se localizam nas margens do rio permanecem úmidos devido à impermeabilidade de seus aluviões.

Os rios Carrapicho e Maçaranduba, com ampla foz no litoral, se unem na porção sudeste do município, nas proximidades do Rio Tejucupapo, onde os aluviões formaram a ilha de Itapessoca, Tariri e outras menores e, a partir deste ponto até a foz do seu curso, é denominado Rio Tejucupapo. O Rio Siri desemboca no mesmo estuário do Rio Carrapicho e apresenta as mesmas características dos demais rios que inundam os manguezais costeiros, apresentando água mansa e baixa profundidade. (CPRH, 2003).

Os rios São Lourenço e Camboa de Megaó apresentam a mesma feição do Rio Goiana. São rios meandrantos, encontram-se numa planície aluvial costeira, apresentam largura acentuada e curso curto e deságuam no mar.

A lagoa de Camboa de Meagó pode ter sido originada por um antigo meandro abandonado pelo Rio Goiana. Este, juntamente com o rio Camboa de Megaó, deságuam juntos no litoral constituindo um expressivo estuário, cujas águas vêm sendo afetadas pelos efluentes liberados pelas fazendas de carcinicultura, trazendo riscos à biota desse ecossistema. (CPRH, 2003).

Figura 2 - Bacia hidrográfica do Rio Goiana em Pernambuco (CPRH, 2003).



#### 1.3.4 - Geomorfologia

A Formação Barreiras está relacionada com as principais feições geomorfológicas que se destacam na faixa costeira de Pernambuco, formando três grandes unidades: colinas, tabuleiros e planícies. A morfogênese e a evolução destas unidades estão associadas a fatores geológicos (litologia e tectônica) e climáticos, sobretudo quando está sob ação de clima quente e úmido (Mabesoone & Silva, 1991).

As feições colinosas são mais ou menos arredondadas e de baixas altitudes, aparecem nas áreas sub-litorâneas e nas áreas baixas nos vales fluviais,

frequentemente constituídas por sedimentos areno-argilosos que recobrem principalmente as rochas calcárias no trecho Recife – João Pessoa (Souza, 1999). As formas colinosas se desenvolvem com atuação de uma erosão vertical num antigo vale fluvial; isso promove uma acentuação vertente e as fendas se alargam devido à erosão lateral e recuo da escarpa, cada vez mais o vale se torna largo e plano e, devido ao intemperismo da vertente, acumula-se material aluvial no fundo novo, sendo assim um processo de denudação das vertentes (Mabesoone, 1989).

As planícies estuarinas ocorrem ao longo do litoral, formando praias arenosas que se adelgaçam em trechos que fazem contato com falésias, representando um testemunho de regressão e transgressão marinha ocorrida durante o Período Neogênico. A alternância dos períodos glaciais e periglaciais com períodos de altas temperaturas influenciaram na forma irregular que predominam nos litorais. Em outros trechos, as planícies estuarinas seguem os baixos cursos dos rios, formando estuários afogados nas desembocaduras fluviais, onde se encontram as planícies intertidais, de material argiloso. (Ferreira, 2008).

Do Período Neogênico, em termos territoriais, o talude é a feição predominante ao norte do Lineamento Pernambuco. É limitado a leste pelas baixadas litorâneas e a oeste pelo Relevo Colinoso e formas Tabulares (Superfícies de Chãs), as quais são resultados do produto de intemperismo do embasamento. Esses tabuleiros estão localmente dissecados em forma de colinas convexas, apresentam interflúvios planos, geralmente entalhados por canais de margens abruptas e, geralmente, os topos tabulares coincidem com a Formação Barreiras, enquanto as vertentes de dissecação se desenvolvem através dos sedimentos dessa formação, atingindo as rochas do embasamento. Os tabuleiros são limitados a leste pelas planícies estuarinas e praias e a oeste pelo piemonte oriental da Borborema (Ferreira, 2008).

#### 1.4 - Oceanografia

Os dados oceanográficos apresentados aqui trazem informações gerais que traduzem o atual estágio de conhecimento da plataforma continental interna adjacente.

### 1.4.1 - Correntes

Três tipos de correntes marinhas fundamentais atuam junto à praia, ou sejam: as correntes longitudinais, as correntes de retorno, e as correntes geradas por ondas. As mais importantes das três são as correntes longitudinais que se movem paralelamente à linha de costa, cuja velocidade varia de acordo com o ângulo de incidência das ondas. Quando ângulos são de  $46^\circ$  a  $58^\circ$ , essas correntes atingem as maiores velocidades (Larras, 1961; apud Suguio, 1992), porém Muehe (1994) afirma que ângulos superiores a  $5^\circ$  já são suficientes para produzir grandes velocidades.

As correntes de retorno são as responsáveis pela movimentação dos sedimentos da costa. Essas correntes englobam fortes correntes superficiais que seguem para o mar aberto, correspondendo ao movimento de retorno das águas que ficam acumuladas na zona costeira pelos contínuos trens de onda. Segundo Suguio (1992), as correntes de retorno têm comprimentos que variam de 70 m a 830 m. As velocidades variam entre 2m/s e 3m/s, porém já foram registrados valores de 10m/s (Reading & Collinson, 1996).

Os sistemas de correntes que, provavelmente, afetam a sedimentação e consequentemente a morfologia costeira da área em estudo são: correntes de maré, correntes de circulação oceânica, correntes fluviais e correntes litorâneas. Como a região estudada é submetida a um regime de mesomarés, é natural que as correntes de maré exerçam uma influência no modelado costeiro. A circulação oceânica regional é caracterizada pela Corrente do Brasil que flui para o Sul com velocidades de 0,2m/s a 0,5m/s (Madruza Filho, 2004).

### 1.4.2 - Placeres de praia

Placeres (*placers*) são acumulações de sedimentos constituídas pela concentração mecânica de minerais detríticos que possuem valor econômico, como bens metálicos e pedras preciosas, originados pelo intemperismo e erosão principalmente de rochas ígneas, porém também rochas metamórficas e sedimentares. Os placeres são formados por minerais com pesos específicos que variam de  $2,9 \text{ g/cm}^3$  a  $21 \text{ g/cm}^3$  e esses minerais são conhecidos como minerais pesados por apresentarem o peso específico maior que o quartzo ( $2,65 \text{ g/cm}^3$ )

(Emery e Noakes, 1968).

Os placeres são formados por: minerais pesados “pesados” (peso específico entre 21 e 6,8 g/cm<sup>3</sup>), que são transportados apenas por curtas distâncias (15 a 20 km); minerais pesados “leves” (peso específico entre 5,3 e 4,2g/cm<sup>3</sup>), que chegam frequentemente às zonas costeiras, concentrando-se em ambientes de deposição de alta energia, e por gemas (peso específico entre 4,1 e 2,9g/cm<sup>3</sup>). Os principais minerais pesados “pesados” são ouro, platina e cassiterita. Nos minerais pesados “leves”, encontra-se principalmente ilmenita, o rutilo, o zircão, a monazita e a magnetita. E a gema que se destaca é o diamante, que tanto se encontra em aluviões como em praias e na plataforma continental.

Pelo fato de que alguns minerais pesados serem bastante resistentes aos processos de intemperismo e diagênese, esses tendem a se concentrar no ciclo sedimentar (Morton, 1984; Weltje & Von Eynatten, 2004). Por essa resistência esses minerais vêm sendo utilizados como elementos chave para identificação da natureza da área-fonte. Sua deposição e distribuição na área de sedimentação podem ser utilizadas como indicativos das direções das correntes preferenciais do transporte sedimentar

Nas regiões costeiras e plataforma continental, esses depósitos têm sua gênese associada aos fenômenos de erosão, transporte e deposição de sedimentos pela ação das ondas e correntes costeiras e estão diretamente associados com as modificações de correntes das variações eustáticas do nível do mar que caracterizaram todo o período Quaternário (Emery & Noakes; 1968). Tendo em vista estas modificações no nível marinho, muitas concentrações são também associadas a depósitos fluviais, que recobriam grande parte da plataforma continental, exposta durante fases de nível de mar baixo e que foi posteriormente afogada pela transgressão marinha que ocorreu no final do Pleistoceno e início do Holoceno.



## CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Amostragem Sedimentológica

Para os estudos dos tipos de sedimentos constituintes da faixa litorânea da área estudada, foram coletadas seis amostras com cerca de 250 gramas cada, em cada um dos sete perfis realizados, totalizando 42 amostras, referentes aos meses de novembro do ano de 2014, janeiro, março, maio, julho e setembro de 2015. As amostras foram coletadas no estirâncio durante a maré de sizígia. Essas amostras foram georeferenciadas através do Sistema de Posicionamento Global – GPS, utilizando-se para tal o equipamento modelo Garmin 12.

#### 2.1.2- Tratamento das amostras

As amostras coletadas foram submetidas à análise granulométrica no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia da UFPE.

Todas as amostras foram submetidas às seguintes etapas laboratoriais (Figura 3).

- a) pré-secagem a temperatura ambiente;
- b) secagem à temperatura de 60°C em estufa;
- c) quarteamento manual e pesagem de 100g em balança semianalítica, com erro aproximado de 0,050g. Parte da amostra foi reservada como contra-amostra, para eventual erro de processamento;
- d) após a primeira pesagem, foi realizado o peneiramento úmido em água corrente para a primeira separação das frações granulométricas. Nesse processo, utilizam-se duas peneiras, sendo uma com abertura de malha de 2mm e outra com 0.063mm. As partículas que ficam retidas na peneira que possui a malha de 2mm são as do tamanho de cascalho, as que ficam na peneira de abertura 0,063mm são as areias, e as que passarem são menores do que 0,063, consequentemente silte e/ou argila que, para este estudo, não foram consideradas;
- e) após a lavagem, as areias e cascalhos foram colocados para secar na estufa em *beckeres* a uma temperatura de 60°;
- f) após a secagem, as amostras foram pesadas novamente, separando-

se as frações cascalho e areia; essas foram colocadas num jogo de peneiras com aberturas de 1,00mm, 0,500mm, 0,250mm e 0,125mm e um fundo onde são retidas as partículas entre 0,125mm e 0,063mm. As amostras são agitadas durante 10 minutos. As partículas retidas correspondem às frações areia muito grossa (acima de 1,00mm), areia grossa (entre 1,00 e 0,500mm), areia média (entre 0,500 e 0,250mm), areia fina (entre 0,250 e 0,125mm) e areia muito fina (entre 0,125 e 0,063mm);

g) Separadas as frações areia, pesa-se cada um delas e embala-se, devidamente identificadas, em sacos plásticos.

Figura 3 – (A) Estufa para secagem das amostras (B) – Peneiras utilizadas para o peneiramento seco LGGM-CTG-UFPE



### 2.1.3 – Tratamento dos dados.

De posse das informações referentes às frações areia, introduziram-se os dados no programa Sysgran, que se encarrega de tratá-los, gerando uma tabela contendo todos os parâmetros estatísticos (diâmetro médio, desvio padrão, e assimetria), tendo como referência a classificação de Folk & Ward (1957).

## 2.2 – Levantamento Morfodinâmico

Com o apoio dos componentes do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM/DGEO – UFPE), foi realizado um nivelamento topográfico no mês de novembro, de 2014, e cinco nos meses de janeiro, março, maio, julho e setembro

de 2015, em sete perfis situados no extremo sul, centro e extremo norte da área. Nos nivelamentos foi utilizado o Nível Pentax com tripé, com mira topográfica auxiliada por miras verticais, posicionadas nos pontos de inflexão dos setores de praia (pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia), GPS (Garmin 12), régua de cinco metros, trena e em torno de sete estacas de ferro (figura 4 e 5).

As diferenças de nível entre cada ponto da área é medida através das leituras visadas horizontais obtendo a diferença do nível de cada ponto, enquanto as distâncias dos pontos de visada são medidas através da trena. (Garcia & Piedade, 1987).

Este procedimento ocorreu sistematicamente, antes de cada maré de sizígia, na baixa mar, em cada um dos perfis, com o propósito de realizar um monitoramento nas referidas praias.

Para este trabalho, dividiu-se a área em três setores de acordo com as características morfodinâmicas, presença ou ausência de estruturas naturais além de grau de utilização da orla pela população. Foi monitorado 15 km da orla do município de Goiana, no qual os pontos dos perfis foram definidos de acordo com a acessibilidade da praia, pois em grande parte de Ponta de Pedras as moradias barram o acesso das pessoas à praia. O primeiro setor apresenta dois pontos localizados na praia de Ponta do Funil, três localizados entre a praia de Catuama e a praia de Ponta de Pedras e dois localizados entre a praia de ponta de Pedras e Carne de Vaca (figura 6).

Os perfis de praia foram realizados a cada dois meses durante um ano, a fim de compreender a dinâmica da praia durante a estação chuvosa e seca.

Os perfis foram amarrados a um ponto de referência fixo e atribuído à cota zero o nível do mar, de acordo com a tábua de maré do dia 24/11/2014 da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, tomando como base o Porto de Recife.

Foi considerado o horário em que a mira alcançou a linha d'água e a partir daí foi calculado a altura do nível do mar naquele momento em relação ao nível de redução disponível na carta do DNH, obtendo-se a cota daquele ponto. Após isso, foi possível calcular as diferenças entre as leituras dos pontos cotados adjacentes, tendo um perfil de referência absoluto.

Após a coleta de dados em campo, foram efetuados os cálculos das cotas absolutas e colocados em planilhas do programa Excel que gerou os respectivos gráficos para todos os perfis. Em seguida, foi calculado o volume do perfil subaéreo

através do programa Surfer 8. Para isso, considerou-se o perfil subaéreo a extensão do ponto de referência de nível na pós-praia até a cota zero (nível do mar) sendo o resultado da área multiplicado por 1, obtendo o volume total por metro cúbico linear (Figura 7).

Figura 4 – Nível Pentax com tripé.



Figura 5 - Régua de 5 metros e estacas de ferro.

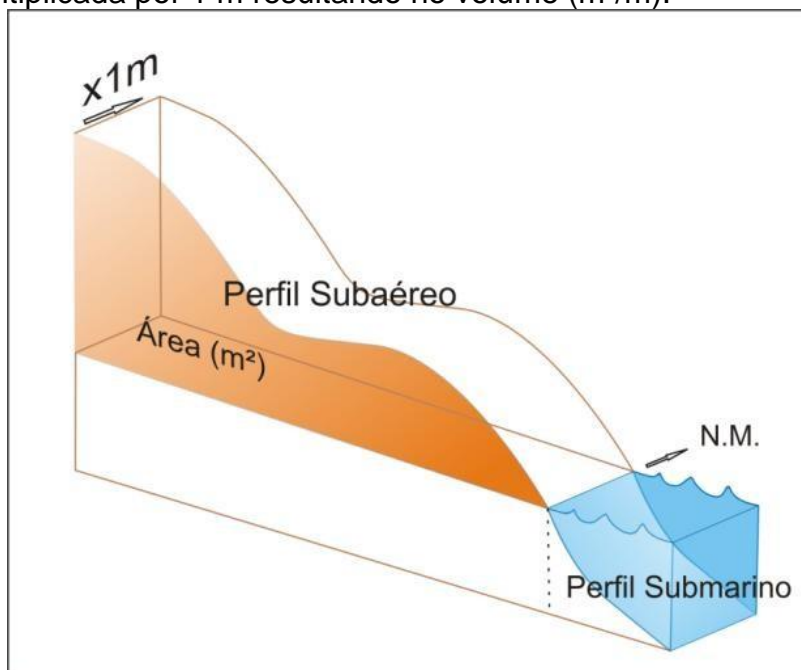


Figura 6 – Mapa de localização dos perfis praias e dos setores dos mesmos.





Figura 7- Esquema do cálculo de volume de perfil praial. Área do perfil aéreo ( $m^2$ ) multiplicada por 1 m resultando no volume ( $m^3/m$ ).



### 2.3 - Levantamento Hidrodinâmico

Para determinar os parâmetros hidrodinâmicos, como altura (m), período (s), e o tipo de onda na zona de arrebentação, ângulo de incidência, velocidade (m/s), e direção das correntes, foi selecionado um ponto representativo da área referente ao perfil praial P7 do levantamento morfodinâmico, localizado na praia de Carne de Vaca.

Para medição da altura das ondas (diferença vertical entre a crista e a cava da ondulação, medidas na zona de arrebentação) foi utilizada uma mira posicionada verticalmente na zona de espraimento médio, alinhando as cristas das ondas com a linha do horizonte. Deste modo, através da medição de dez ondas consecutivas, obteve-se a altura média das ondas.

Para obtenção do período das ondas (tempo decorrido pela passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo), observou-se a passagem de dez ondas consecutivas, medindo-se dez períodos, para determinação do período médio. Para esse procedimento foi utilizado um cronômetro e foi tirada a média dos dez períodos em seguida.

O ângulo de incidência, formado pelo trem de ondas e a linha de costa, foi medido com uma bússola.

Por fim, para determinar a velocidade e direção das correntes, foi utilizado um corpo de deriva que foi lançado após a zona de arrebenção. Com auxílio de duas balizas colocadas na praia e distando dez metros uma da outra, calculou-se o tempo com um cronômetro em que o objeto levou para percorrer esses dez metros e assim foi obtida a velocidade da corrente.

#### 2.4 - Levantamento geodésico

Para a realização do levantamento geodésico, foi feita a coleta de dados em campo, delimitando a zona úmida (linha de deixa), escarpa de berma, linha de vegetação e urbanização (residência, enrocamento e outras construções).

A metodologia utilizada consistiu no levantamento de campo dos pontos, utilizando receptor geodésico de monofrequência com código C/A preciso (*Trimble ProXR*). Posteriormente, as informações relacionadas aos pontos de controle foram trabalhadas por meio de *softwares* de processamento de dados GPS: *Pathfinder Office (TRIMBLE)*, e utilizado como referência os arquivos de dados cedidos pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) – PBJP - localizada em João Pessoa (PB), a uma distância linear de aproximadamente 53 km da área do levantamento.

Neste método, o objetivo foi determinar o posicionamento, nos pontos de vértice, em coordenadas UTM dos pontos de contorno da linha de preamar máxima de todo o litoral da área do trabalho no município de Goiana na escala gráfica de 1:35.000. A precisão é melhor que 50 centímetros + 1 ppm (parte por milhão, ou seja, 1 milímetro a cada quilômetro de distanciamento da base) no método pós processado, como especificado no manual, seguindo as condições recomendadas de filtros de posição.

Figura 8 – GPS utilizado no levantamento geodésico.



#### 2.1.6 - Análise da vulnerabilidade à erosão

Juntamente com o levantamento geodésico, percorrendo toda a costa do município de Goiana, foram identificados os pontos de vulnerabilidade da área estudada e, utilizando o mesmo equipamento de GPS do levantamento geodésico, foi possível obter as coordenadas destes pontos para a confecção de um mapa com as áreas de vulnerabilidade.



## CAPÍTULO 3 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 3.1 - Província da Borborema

Segundo Almeida et al. (1977), a Província da Borborema é um conjunto de unidades geológicas que se estabilizaram no final da orogênese brasileira, limitada a oeste pela Bacia do Parnaíba, a leste e norte pelas bacias sedimentares costeiras, pelo Cráton de São Luiz, e a sul pelo Cráton de São Francisco. É composta por rochas gnaissico-migmatíticas que formam blocos e separam faixas de rochas supracrustais com idades Paleo a Neoproterozóicas.

Os primeiros estudos isotópicos realizados na Província Borborema, através dos métodos K/Ar e Rb/Sr, permitiram identificar dois principais eventos orogênicos: Orogenia Transamazônica durante o Paleoproterozóico e a Orogenia Brasileira no Neoproterozóico.

Jardim de Sá et al. (1987) propuseram um metamorfismo policíclico na Província Borborema associado às orogenias Transamazônica (Paleoproterozóico) e Brasileira (Neoproterozóico).

Posteriormente, Santos (1995) constatou um importante episódio acrescionário em torno de 1.0 Ga (final do Mesoproterozóico) na região central da Província Borborema. Este episódio foi denominado de orogenia Cariris Velhos e considerado cronocorrelato a orogenia Grenviliana. A partir dessa pesquisa, Santos (1995) sugeriu que a Província Borborema seria o resultado de um orógeno colisional desenvolvido a norte do Cráton São Francisco a partir de uma complexa colagem tectônica associada aos eventos orogênicos Cariris Velhos (mesoproterozóico) e Brasileiro/Pan-Africano (Neoproterozóico).

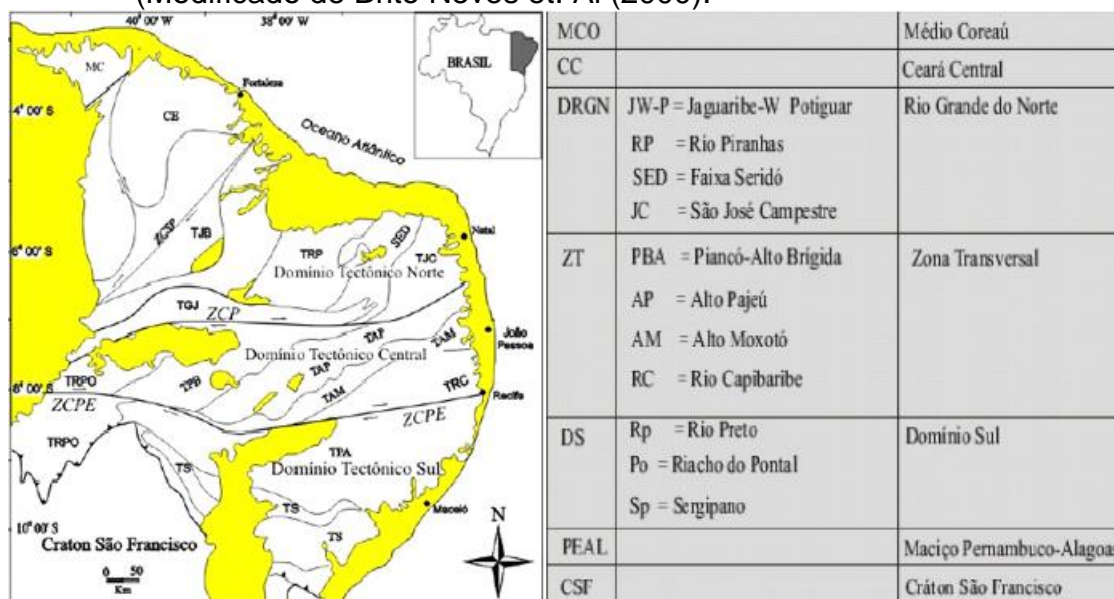
Brito Neves (2000) propôs uma história evolutiva para Província Borborema baseada na aglutinação diacrônica de massas continentais e a sua subsequente fragmentação, destacando a atuação da Orogenia Transamazônica/Eburniana (Paleoproterozóico) na formação do supercontinente Atlântica, a Orogenia Cariris-Velhos (final do Mesoproterozóico) associada à formação do supercontinente Rodínia e finalmente, a influência da Orogenia Brasileira/Pan-Africana (final do Neoproterozóico) no desenvolvimento do supercontinente Gondwana Ocidental.

A Província da Borborema distingue-se em 7 compartimentos distintos denominados; coberturas sedimentares fanerozóicas, coberturas sedimentares do

Ciclo Brasileiro, bacias molássicas do Ciclo Brasileiro (não presente no Estado de Pernambuco), sistema de dobramentos, maciços medianos, zonas geanticlinais e áreas remobilizadas do embasamento, Brito Neves (1975).

Em caráter geotectônico a região estudada localiza-se no Domínio Central da Província da Borborema, localizado entre a zona de cisalhamento Pernambuco e Patos.

Figura 9 – Mapa dos principais domínios geológicos da Província da Borborema (Modificado de Brito Neves et. Al (2000).



### 3.1.1 - Terreno Rio Capibaribe

Está localizado regionalmente a sudeste da Zona Transversal da Província Borborema, desenvolve-se na porção nordeste do estado de Pernambuco e na porção sudeste do estado da Paraíba, sendo limitada ao sul pelo Lineamento Pernambuco, a leste pela Bacia Sedimentar Paraíba e a oeste pelo Terreno Alto Moxotó.

As unidades do embasamento foram datadas do Paleoproterozóico ao Cambriano, além das coberturas cenozoicas. Segundo Brito Neves (2003), o Terreno Rio Capibaribe apresenta embasamento gnáissico-migmatítico (Paleoproterozoico) que é cortado por várias intrusivas de idades paleoproterozóicas, mesoproterozóicas e neoproterozóicas.

### 3.2 - Bacia da Paraíba

A Bacia da Paraíba é definida como uma bacia costeira, com idade Mesozóica, e tem sua origem ligada diretamente à separação dos continentes Sul-americano e africano, além da formação do oceano Atlântico (Souza, 2006). Localizada na faixa costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba, limitada pela Zona de Cisalhamento Pernambuco a sul e a norte pelo Alto ou Falha de Mamanguape, que é uma ramificação da Zona de Cisalhamento Patos, a bacia se dispõe emersa em uma área de 5.300 km<sup>2</sup>.

Estruturalmente, a Bacia da Paraíba se comporta como uma rampa inclinada suavemente para leste, fazendo com que esta seja diferente das bacias marginais próximas (Bacia Pernambuco e Bacia Potiguar), demonstrando assim que nesta área o rifte Atlântico sofreu uma evolução tardia, provavelmente devido à espessura crustal que existe entre o Lineamento Pernambuco e o Lineamento Patos (Barbosa et al., 2003). Com isso, pode-se dizer que a faixa que representa a Bacia da Paraíba permaneceu emersa até o Cretáceo superior, resistindo assim aos processos de rifteamento do Cretáceo (Mabesoone & Alheiros, 1988; Feitosa & Feitosa, 1986; Feitosa et al., 2002).

Segundo Lima Filho et al. (1998), a Bacia da Paraíba se divide em três sub-bacias que são separadas por falhamentos no sentido E-W: Miriri, localizada entre as falhas de Itabaiana e de Mamanguape, Alhandra, entre as falhas de Goiana e de Itabaiana, e Olinda onde está localizada a área de estudo (Figura 04).

Quanto à declividade entre as sub-bacias, inserida nessa Bacia, o maior gradiente, segundo Sá (1998), se encontra na sub-bacia Olinda na qual o autor relaciona ao comportamento irregular das isolinhas dessa sub-bacia, especificamente mais ao sul da Falha de Itaquitinga. Atribui-se esse comportamento, a maior atividade tectônica nessa área, gerado por fraturamento e / ou falhamentos, como eventos observados ao sul do Rio Goiana, onde o mesmo, está encaixado na falha, tida como o limite norte dessa sub-bacia.

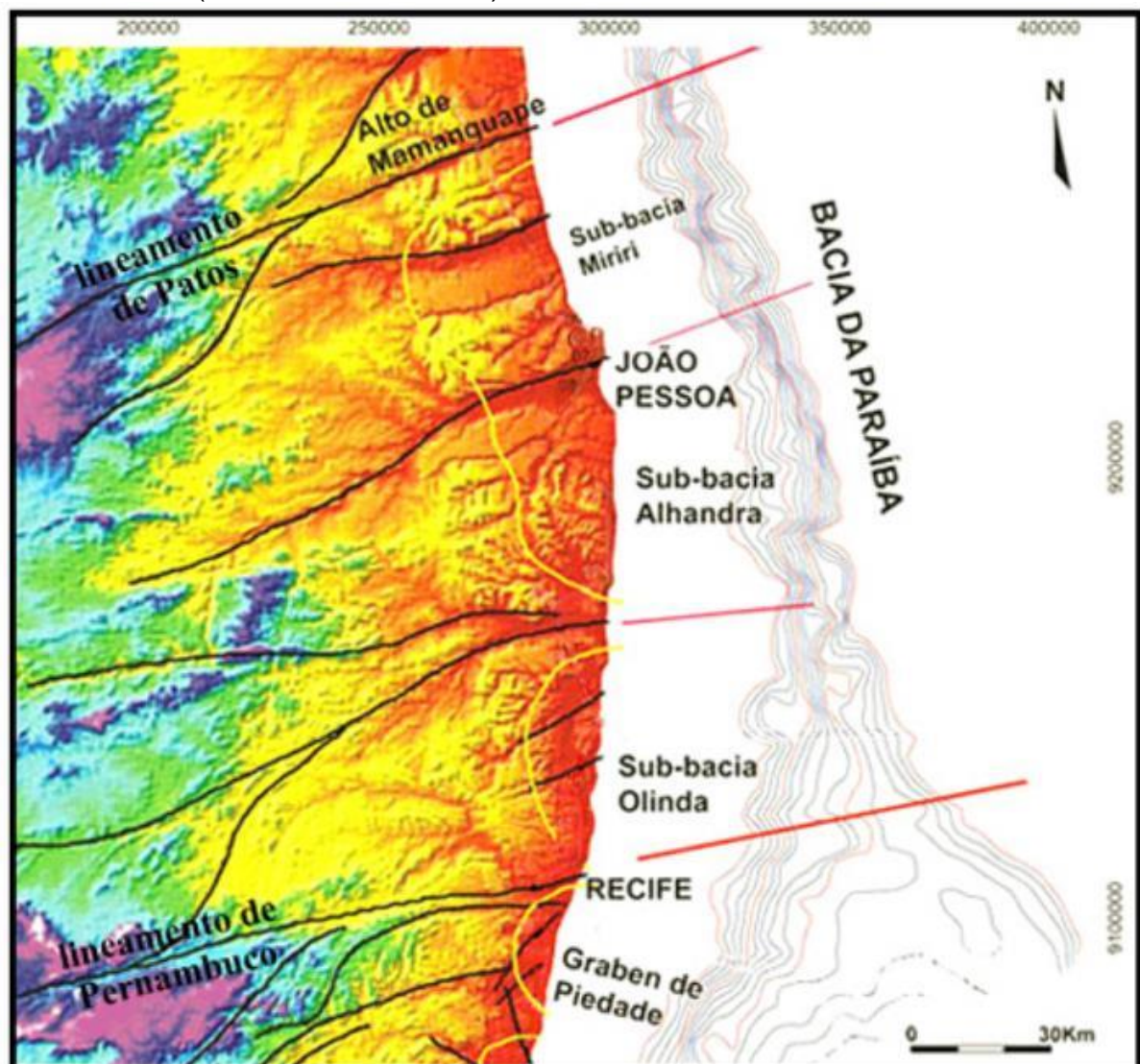
#### 3.2.1 - Sub-Bacia Olinda

Localizada na porção sul da Bacia da Paraíba, inserida entre o Lineamento Pernambuco e a Falha de Goiana, a Sub-Bacia Olinda apresenta sequências

calcárias da Formação Gramame, caracterizando águas mais profundas, visto que esta foi a última a ser afetada pela transgressão do Oceano Atlântico Sul, apesar de que os efeitos da regressão ocorrida no final do Maasthriectiano, foi menos atuante sobre ela (Barbosa, 2004).

A Sub-Bacia Olinda é composta pelas Formações Beberibe, Itamaracá, Gramame, Maria Farinha, Barreiras e por Depósitos Neogênicos continentais e marinhos (Figura 05 e 06).

Figura 10 - Bacia da Paraíba com suas sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (Barbosa, 2004, 2007).





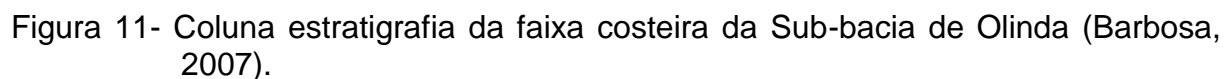
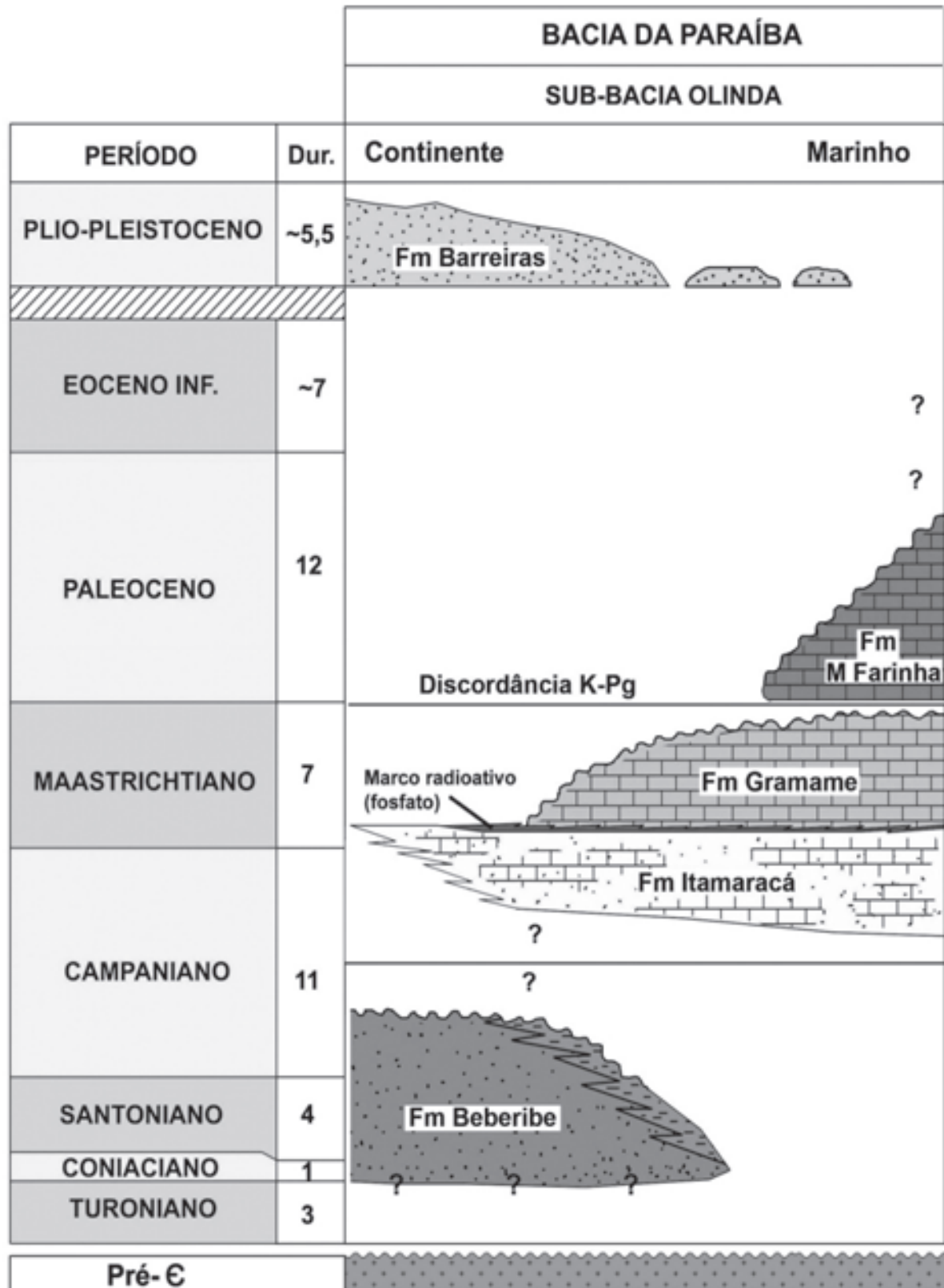


Figura 12– Sessão geológica elaborada a partir de perfis de poços ao longo da faixa costeira entre a Zona de Cisalhamento Pernambuco e o Alto de Mamanguape (Barbosa, 2004).



### 3.2.4 - Depósitos Quaternários

#### 3.2.4.1 - Depósitos flúvio-lagunares

Esses depósitos são formados por brejos e pântanos, ocupando áreas topograficamente deprimidas das planícies flúvio-lagunares da porção interna dos estuários (Alheiros, 1998). Nas regiões próximas ao município de Goiana, estes depósitos ocorrem nas margens do Rio Goiana e Tracunhaém, porém os depósitos encontrados entre o Rio Tracunhaém e a cidade de Goiana, entre o mangue e a rodovia BR-101 e entre terraços marinhos na praia de Catuama, são muito pequenos, portanto não são bastante representativos. Os depósitos de manguezais são formados onde se desenvolve a vegetação do mangue, sendo muito ricos em matéria orgânica e em geral relacionadas às fases de regressão marinha (Alheiros, 1998).

Os Depósitos Flúvio-Lagunares, reúnem os aluviões e os sedimentos lagunares, deltaicos e estuarinos antigos e recentes. Ao longo dos canais mais retilíneos, os aluviões são predominantemente arenosos e apresentam sedimentos argilosos, com matéria orgânica depositados nas planícies de inundação durante o transbordamento dos canais. As composições dos sedimentos lagunares, estuarinos e deltaicos são areno-siltico-argilosas com matéria orgânica e estratificação plano-paralela. Por conta das oscilações do nível do mar, esses depósitos podem apresentar intercalações de sedimentos tipicamente lagunares, ricos em conchas, com sedimentos de água doce depositados em lagoas, brejos e pântanos.

#### 3.2.4.2 - Depósitos Aluviais

São depósitos compostos de areias, cascalhos e argila de origem continental, transportados pelos rios e depositados ao longo do canal fluvial. Areias grossas e cascalhos dominam nos depósitos de canal e areias finas a argilas, nas planícies de inundação, particularmente em alças de meandros abandonadas (Alheiros, 1998).

Estes depósitos se localizam nas áreas mais baixas dos vales, junto ao leito menor dos rios, formando várzeas e planície de inundação, enquanto os terraços

fluviais ocorrem como patamares paralelos à várzea e perpendiculares à linha de costa, cuja altitude raramente ultrapassa 10 metros.

#### *3.2.4.3 - Depósitos de Mangue*

Os depósitos de mangue atuais ocorrem nas áreas que sofrem ação das marés. São característicos de ambientes estuarinos tropicais, na qual a salinidade elevada do solo e o substrato lamoso, resultante da sedimentação flúvio-marinha, propiciam o desenvolvimento da vegetação de mangue. Os depósitos de mangue são próprios de estuários afogados estando, portanto, associados a fases de transgressão marinha.

Os sedimentos depositados nesses ambientes são constituídos por materiais siltico-argilosos com grande quantidade de matéria orgânica evidenciada pela coloração escura dos mesmos (LGGM, 1992, p. 34), e também apresentam uma grande quantidade de biodetritos.

A fração arenosa é composta predominantemente por quartzo, apresentando pequena quantidade de mica e minerais pesados. A porção argilosa é dominante neste tipo de depósito e é constituída essencialmente de caulinita, esmectitas e illitas.

#### *3.2.4.4 - Terraços Marinhos Pleistocênicos*

Os terraços marinhos pleistocênicos alcançam um máximo de 8 m a 10 m acima da linha de preamar no passado, porém, tendo em vista a exploração desse material para a construção civil, hoje não ultrapassam 4 m. Representam terrenos planos, com distribuição descontínua e irregular, paralela à costa e com leve inclinação. Por conta do seu rebordo abrupto, esses terraços se mantêm livre das ações do mar, continuando secos até mesmo nas marés altas. São constituídos por areias quartzosas, com granulometria grossa a média, mediantemente selecionados e com grãos arredondados a subarredondados, localizados na porção interna da planície costeira.

Com relação à idade desses depósitos, em função das feições geomórficas e sedimentológicas serem iguais às observadas na região costeira de Sergipe,



Alagoas, São Paulo, Bahia e Rio de Janeiro, Dominguez *et al.* (1990) associou-os à “Penúltima Transgressão”, há cerca de 120.000 anos do presente. Também foram realizadas datações em amostras nesses terraços, no litoral Pernambucano, por Barreto *et al.*, (1998), pelo método de termoluminescência que confirmou uma idade compatível com a Penúltima e Última Transgressão Marinha. Nos terraços a oeste da Lagoa Olho D’Água também foi realizada datação por termoluminescência por Suguio *et al.*, (2004) que também obteve idade compatível.

#### 3.2.4.5 - Rochas de praia (*beachrocks*)

No litoral de Pernambuco, os beachrocks são uma das feições morfológicas mais características. Ocorrem paralelamente à linha de costa, são descontínuos e na maioria das vezes aparecem duas ou três linhas dos mesmos, sendo a primeira encontrada geralmente emersa e mais próxima à praia. As outras duas linhas se encontram praticamente submersas ou apenas parcialmente emersas. Esses são de extrema importância para as praias, pois minimizam as ações da energia das marés.

São compostos por arenitos e os que são encontrados mais próximos à praia, em geral, são mais friáveis, inclusive alguns estão em formação.

Essa feição foi descrita primeiramente por Darwin (1842) referindo-se a essa como construções de corais e, portanto organógenas. Hartt (1870) e Branner (1904) designaram-na como sedimentos de praia consolidado por carbonato de cálcio. Posteriormente, Oliveira (1942), Andrade (1955), Tricart (1959), Ottmann (1960) adotaram a descrição de “recife” apenas para as formações coralinas e adotaram a terminologia “arrecifes”.

Russell (1962) adotou a terminologia “beachrock” para as rochas de praia cimentadas por carbonato de cálcio, enquanto Van Andel & Laborel (1964), Mabesoone (1964), Laborel (1965), Ferreira (1969), Morais (1970), Bigarella (1975), Campos (1976), Oliveira (1978), Assis (1990), Chaves (1996, 2000), realizaram estudos sobre os recifes do Nordeste. Dominguez *et al.*, (1992) lembraram que, sob o ponto de vista sedimentológico, Recife se refere à construção de origem orgânica, preferindo usar – bancos de arenito – evitando o comprometimento com a origem.

Com relação à cimentação, os quatro mecanismos mais relatados são: (a) direta, por precipitação a partir de águas marinhas e meteóricas e *spraymarinho*; (b)

precipitação de cimento, devido à mistura de água doce e salgada no lençol freático costeiro; (c) precipitação de cimento, devido à perda de CO<sub>2</sub> da água subterrânea nos ambientes costeiros; e (d) por processos biológicos (Vousdoukas *et al.* 2007). Embora exista uma ampla literatura sobre a ocorrência de arenitos de praia em diferentes regiões, ainda não se definiu o processo de cimentação. Estas teorias explicam localmente cada caso estudado, mas não permite dizer a origem dos *beachrocks*, pois a precipitação do cimento parece ser controlada por diversos parâmetros ambientais físico-químicos, biológicos e hidrodinâmicos.

#### 3.2.4.6 - Depósitos Litorâneos praias

Segundo Muehe (1995) as praias representam “importante elemento de proteção do litoral”, pois são susceptíveis aos processos de erosão acentuados. Esses processos de erosão interferem principalmente no aporte de sedimentos em praias estreitas, como ocorre no litoral norte do município de Goiana. O aporte de sedimentos nas praias é influenciado por fatores oceanográficos relacionados às estações do ano; No verão, há deposição dos sedimentos trazidos pelas ondas e correntes de deriva litorânea (Costa, 2002). Já no inverno, pelo fato das ondas serem maiores e possuírem maior força hidráulica para o transporte de sedimentos da praia e sua deposição na plataforma continental, há erosão.

Em um perfil de praia, Reineck & Singh (1975) reconhecem dunas frontais (foredunes), áreas de pós-praia (backshore), praia ou estirâncio (shore) e antepraia (shoreface). Essa diferenciação é caracterizada principalmente por elos de tempestade ou de bom tempo e ao nível médio das marés alta e baixa (Reading & Collinson, 1996). Existem várias terminologias para determinar as zonas dos depósitos litorâneos praias e a que será adotada é baseada nos autores citados acima, na qual as definições serão transcritas a seguir (figura 07).

As Dunas frontais (foredunes) correspondem às dunas que se localizam na retaguarda da pós-praia, dispostas longitudinalmente em relação à linha de costa e dispõem de importante fonte de sedimentos em períodos de tempestades.

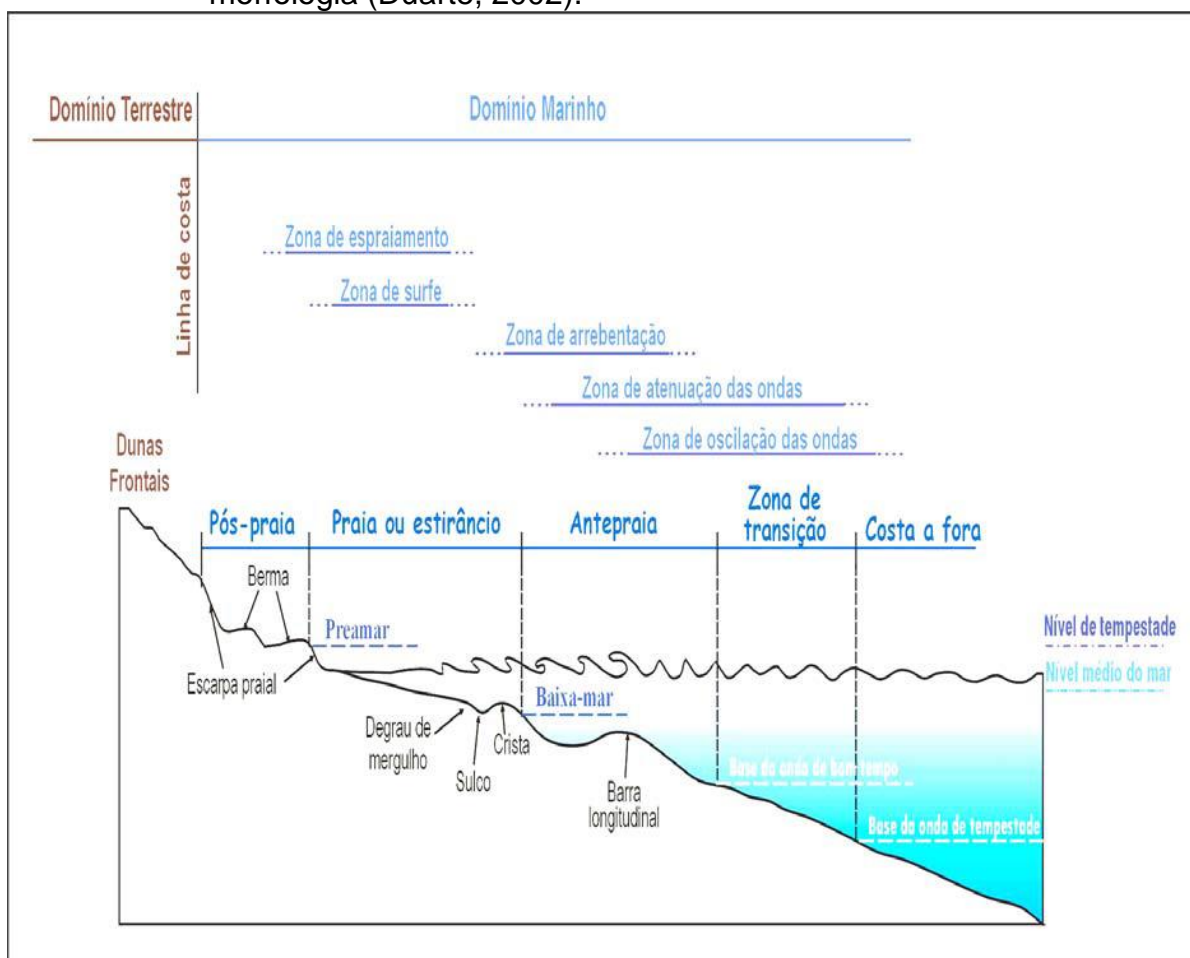
A pós-praia (backshore) localiza-se acima da linha de preamar, onde é raramente atingida pelas marés de sigízia e/ou de tempestade. Porém, quando atingida, leva sedimento em direção ao continente, sendo retrabalhado e depositado

nesta área. Sua largura está relacionada à inclinação média da praia, e geralmente é bem desenvolvida nas áreas de inclinações suaves.

Praia (shore) ou estirâncio, segundo Suguio (1998), “praia é a parte do ambiente praial que sofre a ação das marés e os efeitos de espraçamento das ondas após a arrebentação, por estar situada entre o limite superior da preamar e a linha de baixa mar”. Praia, stritu sensu, corresponde à área onde ocorre a acumulação de materiais geralmente inconsolidados (areia e cascalho) por ação das ondas e de oscilações das marés, segundo condições hidrodinâmicas locais, numa faixa de grande variabilidade morfológica e sedimentológica (Manso, 1997).

A antepraia (shoreface) é a zona que se inicia no nível médio de maré baixa e estende-se mar adentro até a base das ondas de bom tempo (Reading & Collinson, 1996), sendo caracterizada pela presença de barras arenosas, geralmente contínuas, subparalelas à linha de praia (barras longitudinais; Davis, 1978).

Figura 13 - Perfil generalizado de uma praia hipotética com suas divisões e morfologia (Duarte, 2002).



## CAPÍTULO 4 – SEDIMENTOLOGIA

### 4.1 – Generalidades

Segundo Wandell (1932), sedimentologia consiste no estudo científico dos sedimentos. Frequentemente, este termo é utilizado para denominar o material que é depositado, o depósito material e também as partículas que ainda não foram depositadas: como no caso dos sedimentos em suspensão, dos sedimentos transportados por correntes, ventos, etc. (Dias, 2004)

Em uma análise sedimentológica moderna, considerando uma abordagem global, através do estudo das características texturais do sedimento realizada por meio da quantificação das dimensões das partículas em classes texturais da amostra, pode-se dizer a relação dos sedimentos com o ambiente de origem, tipo de transporte e ambiente de deposição.

Normalmente, as classes texturais são baseadas em quatro tipos, tendo propriedades físicas inerentes: cascalho, areia, silte e argila. Em uma amostra, os percentuais das classes texturais podem indicar o comportamento das partículas sob influência dos agentes geológicos e hidrodinâmicos local. As principais classificações texturais dos sedimentos surgiram no momento em que os estudos sedimentológico ganhavam maior expressão (1940 e 1950). As mais difundidas são a de Folk (1954) e Shepard (1954). A classificação de Folk (*op. cit.*) é baseada em dois diagramas triangulares que são representados pelos teores em porcentagem de cascalho, areia e lama (silte + argila) de uma determinada amostra e a partir daí é possível fazer suposições quanto ao ambiente de deposição sobre a influência de processos hidrodinâmicos atuantes.

A classificação textural de Shepard (*op. cit.*) também é baseada em um diagrama triangular representado pelos teores percentuais de argila, areia e silte. Apesar de sua principal finalidade ser para fins descritivos, tem sido possível realizar mapeamentos texturais e realizar deduções quanto à ação hidrodinâmica sobre o ambiente deposicional. Para estudo da distribuição granulométrica das partículas que constituem um sedimento foi utilizado primeiramente uma escala milimétrica (aritmética). Porém, foi constatado que escalas lineares e aritméticas não são as mais apropriadas para obter bons resultados em estudos sedimentológico. Ao

estudar a distribuição das dimensões das partículas de sedimentos utilizando escala aritmética observa-se que a distribuição das partículas é assimétrica, ou seja, a maior parte das partículas se concentra nas dimensões menores. Com isso, utilizando a representação nessa escala, sedimentos bastante diferentes ficam com aspectos semelhantes.

Tendo em vista as distorções à distribuição dos grãos numa curva cumulativa, foi criada a escala de phi ( $\phi$ ) para fins estatísticos. A escala phi mais utilizada é a de Wentworth (1922), cuja classificação é expressa pela tabela 1, que transforma os valores de milímetro para phi através da fórmula:  $\Phi = -\log_2 \text{ mm}$

Tabela 1 – Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi e em milímetros.

Classificação	Phi ( $\phi$ )	Milímetros (mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 8	0,0625 a 0,0039
Argila	> 8	< 0,0039

Após a análise granulométrica através do vibrador de peneiras, como descrito no capítulo de materiais e métodos, com os percentuais de cada dimensão dos grãos, são realizados parâmetros estatísticos nos estudos granulométricos utilizando as equações de Folk & Ward (1957), no qual considera o diâmetro médio do grão, assimetria, seleção do grão (desvio padrão), curtose e mediana.

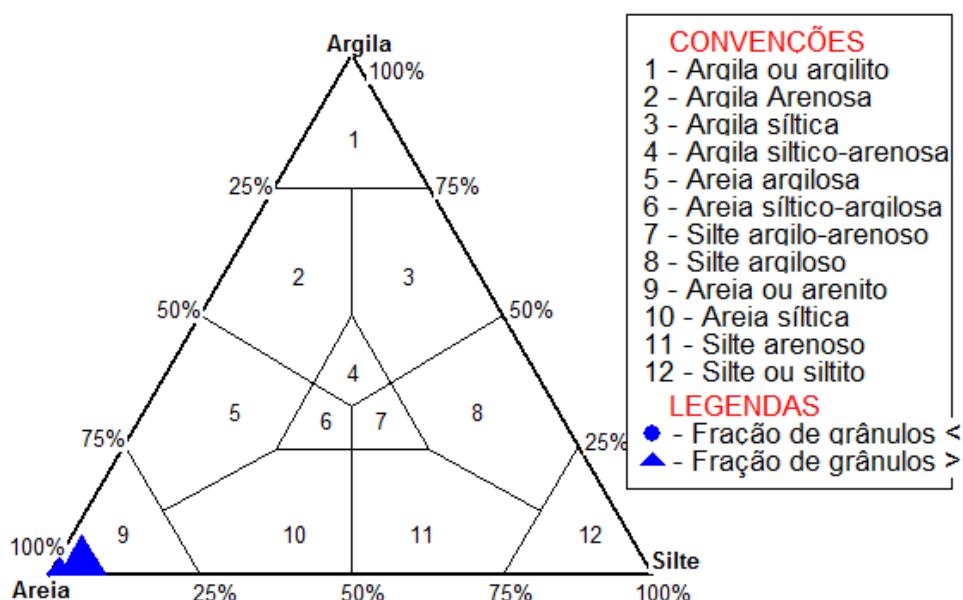
Esse estudo sedimentológico é muito importante em praias arenosas, como no caso das praias do litoral de Goiana, pois através dele pode-se identificar as relações morfogênicas da faixa de praia. Através desses estudos, Tabajara & Martins (2006) puderam entender a relação entre onda-praia-dunas nos processos de formação e manutenção da matriz arenosa das praias em um estudo realizado na praia de Atlântida Sul – RS. A relação dos parâmetros texturais dos sedimentos e os perfis de praia foi mostrada por Medina *et al.* (1994), e está ligada as variações morfológicas no perfil costeiro, espacialmente e temporalmente. A distribuição de sedimentos ao longo de um perfil de praia é resultado das variações morfológicas que alteram essa distribuição de forma direta, interferindo nos processos

hidrodinâmicos, que podem modificar a granulometria dos sedimentos (Madruga Filho, 2004).

#### 4.2 - Classificação Textural

Foi utilizado o diagrama triangular de Shepard (1954) para a classificação textural dos sedimentos das praias do município de Goiana. As 42 amostras coletadas ao longo da área foram plotadas no *software* SYSGRAN e todas foram classificadas na fração areia. (Figura 15).

Figura 14 - Classificação textural dos sedimentos no diagrama triangular de Shepard (1954). Todas as amostras foram classificadas como areia.



#### 4.3 - Diâmetro médio

Para Folk (1954) e Folk & Ward (1957) o estudo do diâmetro médio, tamanho médio dos grãos do sedimento, é a melhor forma para identificar os níveis energéticos que um fluxo tem em mover os grãos, no qual quanto maior o diâmetro do sedimento, maior será a energia para transportá-lo. A média geral de tamanho dos sedimentos que é afetada pela fonte de suprimentos do material, pelo processo de deposição e pela velocidade é refletida pelo diâmetro médio Suguio (1976). Para o cálculo do diâmetro médio, Folk & Ward (1957) propuseram a seguinte fórmula:

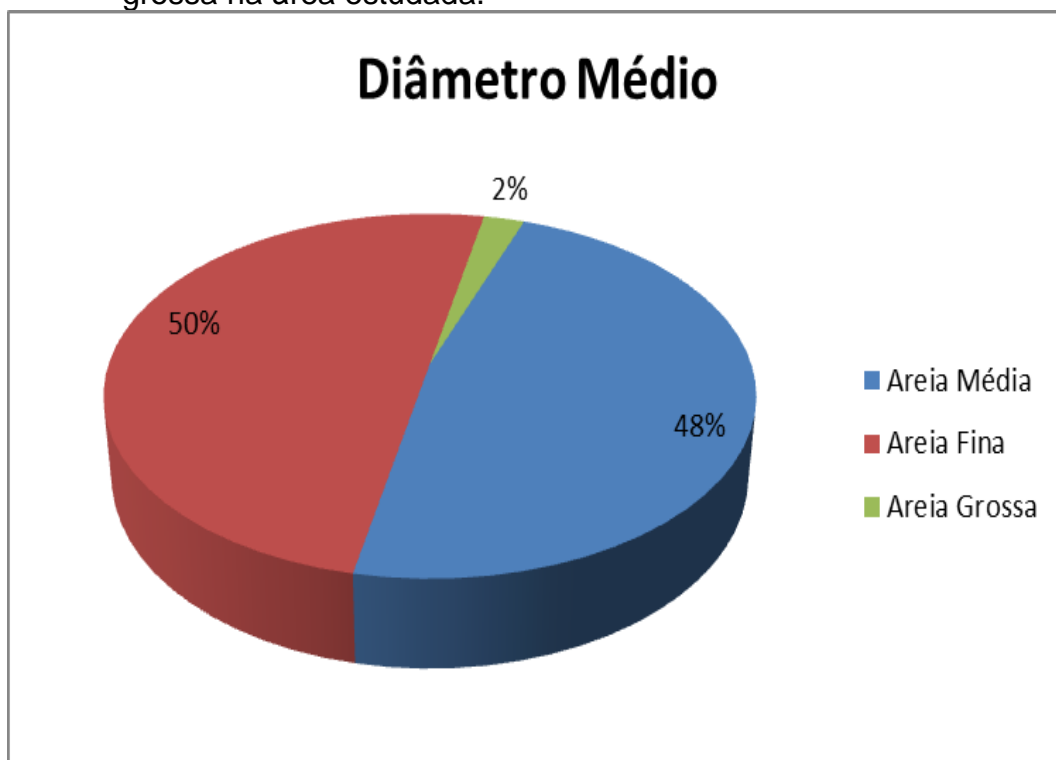
$$Mz = (\varphi)16 + (\varphi)50 + (\varphi)84 / 3$$

Os sedimentos foram classificados, predominantemente como areia média (50%) e como areia fina (48%). Apenas uma amostra, referente ao perfil praial P3, foi classificada como areia grossa (2%). A presença de sedimentos de granulometria grossa pode ser resultado de eventos de tempestade ou devido à remoção dos sedimentos finos pela ação de ondas incidentes.

Em julho, foi observado que houve o maior nível energético dos meses estudados, tendo em vista a presença de areia média em 5 dos 7 pontos de coleta. Com referência ao ponto que apresenta maior nível energético, o ponto de localização do perfil praial P1 apresentou a fração areia média em 85% das coletas realizadas. Por outro lado, os pontos dos perfis praias 3 e 7 foram classificados como os pontos de baixa energia hidrodinâmica apresentando apenas 15% de areia média e 85% de areia fina.

Analisando, perfil por perfil, os pontos dos perfis praias 1, 2 e 5 predominou a fração areia média. Nos perfis praias 3 e 7 a predominância foi de areia fina, e nos perfis praias 4 e 6 foi observada a proporção de 50% de areia média e 50% de areia fina.

Figura 15 – Digrama mostrando os percentuais de areia fina, areia média e areia grossa na área estudada.



#### 4.4 - Desvio padrão (seleção)

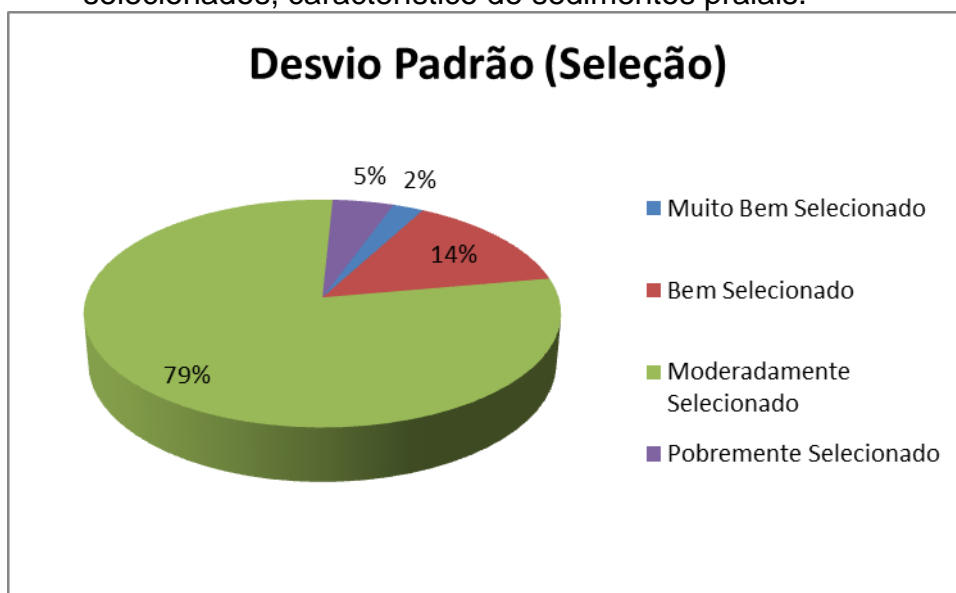
O grau de seleção de uma amostra é medido de acordo com a dispersão da mesma, ou seja, com o desvio padrão ( $\sigma$ ) da distribuição de tamanho. Segundo Sahu (1964), o selecionamento das amostras é um aspecto importante nas análises granulométricas dos sedimentos. O desvio padrão mede o grau de seleção dos sedimentos, mostrando variações no nível energético do agente que foi responsável pela deposição da amostra e a capacidade de classificar os sedimentos.

Sedimentos bem selecionados são resultados de grãos com pequena dispersão de seus valores granulométricos. Quando há o aumento do transporte ou de agitação do meio, partículas de diferentes tamanhos tendem a ser separadas por tamanho. Na praia, a seleção dos grãos é refletida nas características dos sedimentos que são transportados para a zona costeira e em seguida retrabalhados pela ação de ondas, marés, espraçamento (swash) e ventos. Segundo Martins (2003) os sedimentos de praia, em geral, são moderadamente a bem selecionados, enquanto que os sedimentos fluviais são moderadamente a pobremente selecionados e os eólicos são bem a muito bem selecionados.

Os sedimentos foram caracterizados, predominantemente, como moderadamente selecionados (79%), bem selecionados (14%), pobremente selecionados (5%) e muito bem selecionados (2%) (figura 17). A predominância de sedimentos moderadamente selecionados e a presença de sedimentos bem selecionados condizem com a proposta de Martins (2003) para sedimentos praias. Por outro lado, a presença de sedimentos pobremente selecionados pode ser explicada das seguintes formas: (i) pelo fato das praias do município de Goiana serem praias de desembocadura fluvial, faz com que os Rios Goiana e Itapessoca tragam diferentes frações granulométricas de sedimentos para zona costeira e os sedimentos tendem a ser menos selecionados nas áreas fontes (ii) ou o retrabalhamento no ambiente deposicional ainda não foi suficiente para o selecionamento das partículas, como foi sugerido por Folk (1974), havendo uma mistura de diferentes subpopulações Emery (1978).



Figura 16 – Digrama mostrando os percentuais do grau de seleção na área estudada, com predominância de sedimentos moderadamente selecionados, característico de sedimentos praias.



#### 4.5 - Assimetria

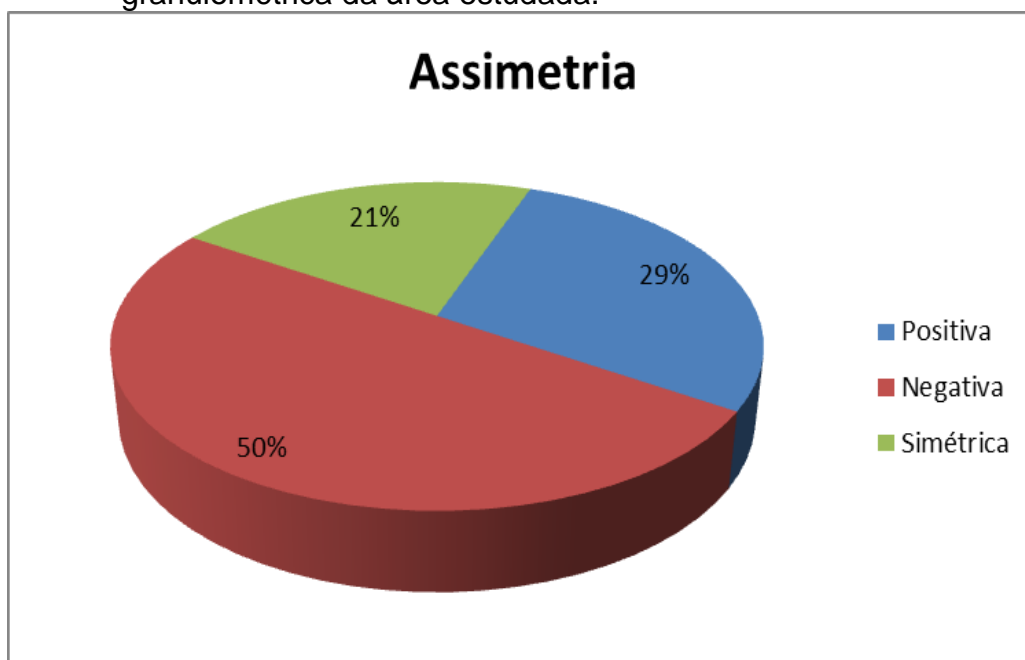
Assimetria representa o nível de deformação da curva de frequência simples para a esquerda ou para a direita, analisando-se a posição da mediana em relação à média aritmética de uma distribuição granulométrica sendo, assim, adimensional (Folk & Ward, 1957). Considerando a relação entre a moda, a média e a mediana, quando todos esses valores forem iguais a distribuição é considerada simétrica. Quando esses valores são diferentes, tem-se a distribuição assimétrica. É considerada assimetria positiva quando o valor da média é superior ao valor da mediana e quando o valor da mediana é maior que o valor da moda. Já a assimetria negativa ocorre quando o valor da média é inferior ao valor da mediana que por sua vez é menor que o da moda.

Segundo o estudo de Duane (1964) na Carolina do Norte, valores negativos de assimetria indicam áreas que estão em processo de erosão, enquanto valores positivos indicam deposição. Friedman (1961) afirma que areias grossas de face de praia podem apresentar valores positivos e negativos de assimetria, porém ambos os autores asseguram que há uma predominância de valores negativos para sedimentos da face de praia.

As curvas de distribuição granulométrica dos sedimentos foram classificadas de maneira geral como 50% de assimetria negativa ou muito negativa, 21% de

aproximadamente simétrica e 29% de assimetria positiva ou muito positiva (figura 18). Segundo Duane (1964), Friedman (1967) e Martins (2003), ambientes praias apresentam assimetria negativa, e a assimetria positiva ocorre em ambientes onde os agentes têm a capacidade de transporte de um fluxo unidirecional (ambiente fluvial ou eólico). O maior percentual de amostras com assimetria negativa, típica de ambientes praias, se concentrou no perfil praiar P3. Neste perfil, a forma dos recifes algálicos que diminuem a força das ondas nas praias, apresenta forma côncava, resultando em ondas com maiores energias que nos outros perfis praias. Já o alto índice de assimetria positiva pode ser explicado pela influência dos rios da região que trazem sedimentos fluviais e em geral apresentam assimetria positiva.

Figura 17 – Digrama mostrando os percentuais de assimetria da distribuição granulométrica da área estudada.



## CAPÍTULO 5 - MORFODINÂMICA DE PRAIA

### 5.1 - Generalidades

A definição mais utilizada para praia é de áreas onde se encontram consideráveis quantidades de areias quartzosas e bioclásticas, cascalho e conchas, trabalhadas pelas ações de ondas e correntes. As feições das praias se modificam em função das marés, vento, tamanho e tipo de sedimento, como também pela biota.

As condições hidrodinâmicas a que uma praia está exposta são refletidas através das condições morfológicas. Estudos dos estados morfodinâmicos de Wright & Short (1984) mostram que as praias apresentam além das assinaturas hidrodinâmicas, as morfológicas.

Através dos perfis topográficos da faixa de praia, determina-se a morfologia por nivelamento geométrico da mesma. O método mais utilizado é através de um teodolito, uma mira topográfica e uma trena métrica.

Através dos perfis topográficos na faixa de praia pode-se realizar o monitoramento costeiro, pois por conta disso é possível calcular o volume de sedimentos que compõem a praia estudada. Além disso, pode ser feita a comparação entre os perfis topográficos realizados, observando a variação das linhas desenhadas nos perfis, associando os estados morfodinâmicos à morfologia.

Os perfis topográficos realizados na praia, quando feitos periodicamente, podem expressar quantitativamente a relação entre a entrada e saída de sedimentos, obtendo-se um balanço final. Quando este balanço é positivo, tem-se a progradação, quando negativo, ocorre erosão. Porém, o espaço de tempo estudado na área deve ser levado em consideração, tendo em vista que a variação morfológica da praia pode ser maior que o período de estudo da praia, fazendo com que haja erros nas condições reais da praia estudada.

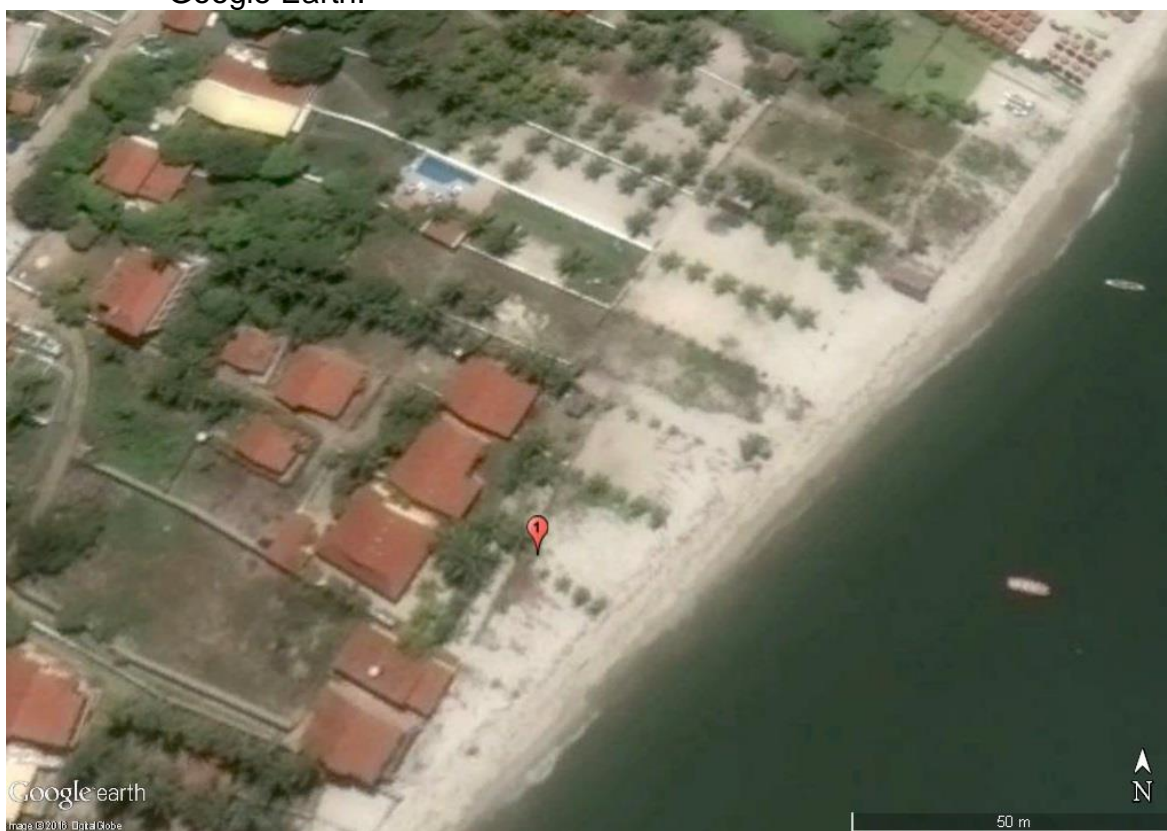
Através do cálculo do volume foi feita a comparação entre os perfis medidos em cada setor no período de um ano, identificando e quantificando os processos de erosão ou deposição neste período, obtendo assim a taxa de acreção ou erosão entre 24/11/2014 e 29/09/2015.

## 5.2 - Perfis de praia

### 5.2.1 – Perfil de praia P1

O perfil praial P1 está localizado no trecho sul da praia de Ponta de Pedras, no limite com a praia de Ponta do Funil (figuras 19 e 20) no Setor 1, nas coordenadas UTM 9150616S e 297826E no *datum* de referência SAD 1969.

Figura 18 – Vista aérea mostrando a localização do RN do perfil praial P1. Fonte: Google Earth.



O referido perfil possui a menor faixa de praia das praias estudadas variando de 48,9m a 56,11m de extensão e suas unidades morfológicas apresentam as seguintes características: a pós-praia tem em média 17 metros de comprimento e é ocupada por diversas moradias construídas; a praia mostra-se com largura média de 25 metros de comprimento, declividade que varia de 9° a 11° e as ondas que chegam à face são do tipo deslizante.

Figura 19 - Vista de norte para sul da praia nas proximidades do perfil praia P1, em Ponta do Funil.



De acordo com a evolução do volume em relação ao tempo estudado (tabela 2), pode-se observar que o volume de sedimentos se manteve praticamente estável entre os meses de novembro/14 e maio/15, apresentando variação de  $-4,66\text{m}^3/\text{m}$ . Essa variação foi resultado da erosão no começo do estirâncio, após os 38m e na redução do comprimento total do perfil. De maio/15 a julho/15 houve a maior taxa de erosão no volume do perfil, com perda de  $18,93\text{m}^3/\text{m}$ . O período de erosão total foi de maio/15 a setembro/15 totalizando a perda de  $33,56\text{m}^3/\text{m}$  linear. Esse período de erosão já era esperado devido ao aumento da pluviosidade e da força dos ventos nesta época do ano na região.

Na figura 22 observam-se os perfis topográficos realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15. Comparando-os, nota-se que em janeiro as pequenas acreções de sedimentos no trecho de 0m a 7m na pós-praia e no estirâncio entre 30m a 37m somaram apenas  $1,96\text{m}^3/\text{m}$ . No intervalo de 7m a 30m o perfil se manteve constante. Apesar de que o comprimento total do perfil foi reduzido em 4,51 metros em janeiro e erosão após 40m. Com relação à variação do volume entre

esses meses, houve um déficit de 8,48 m<sup>3</sup>/m.

Tabela 2 – Variação do volume no perfil praial P1 nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	197,22	0*
Jan/15	188,74	-8,48
Mar/15	187,57	-1,16
Mai/15	192,56	4,98
Jul/15	173,62	-18,93
Set/15	159,00	-14,62

Figura 20 – Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P1, na praia de Ponta do Funil, no período de novembro/14 a setembro/15. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados.

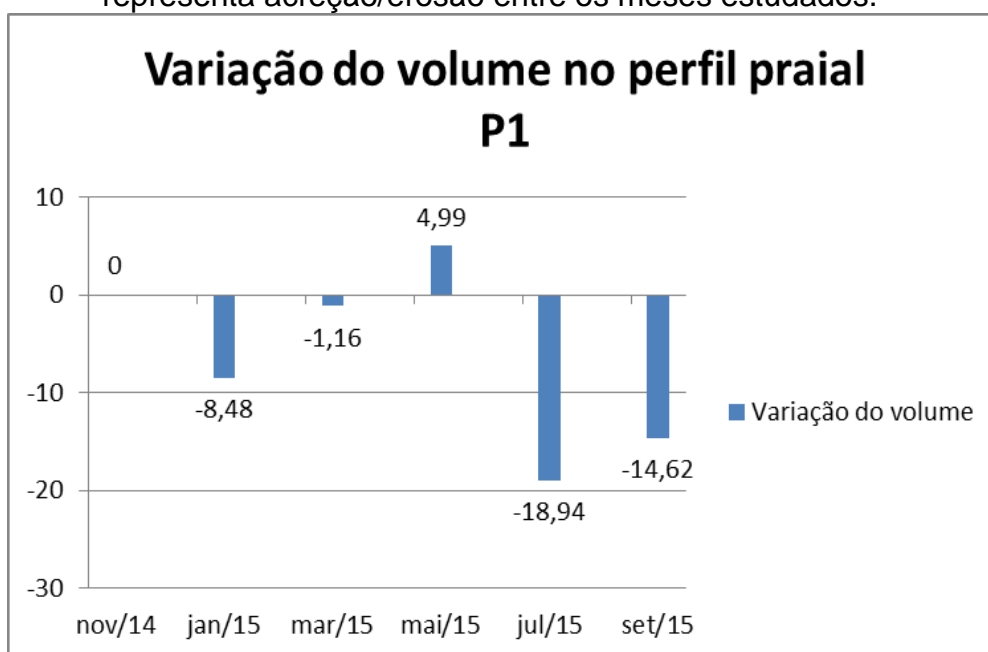
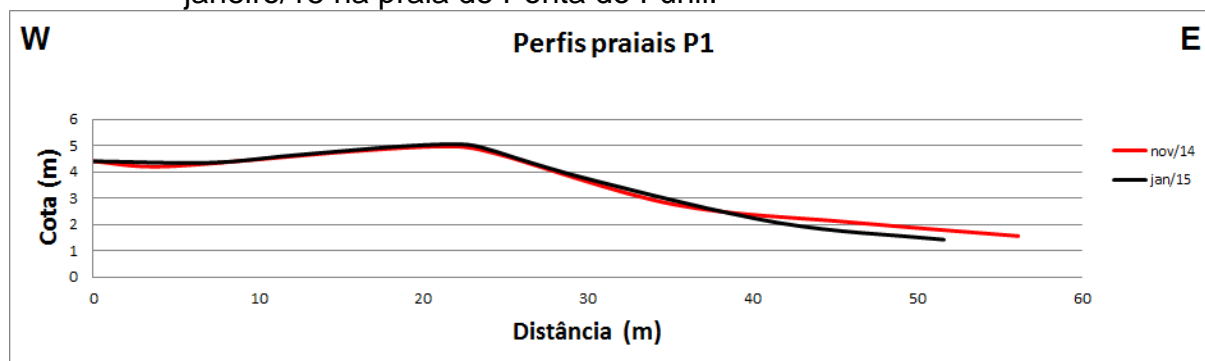
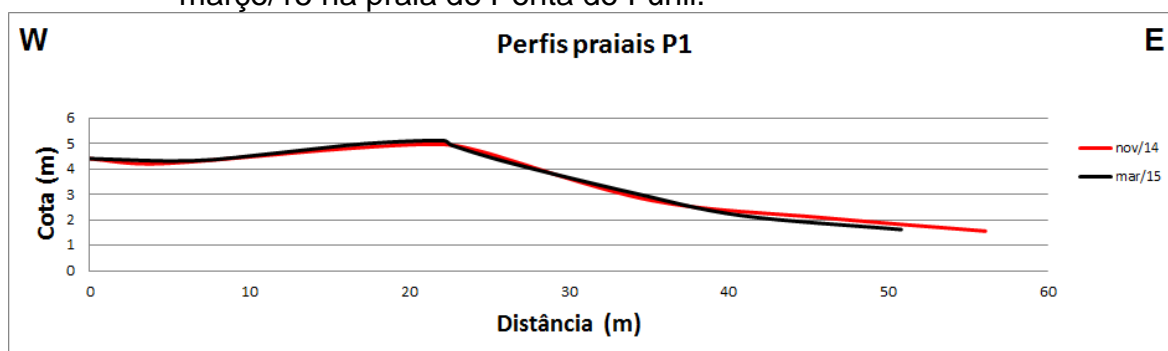


Figura 21 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta do Funil.



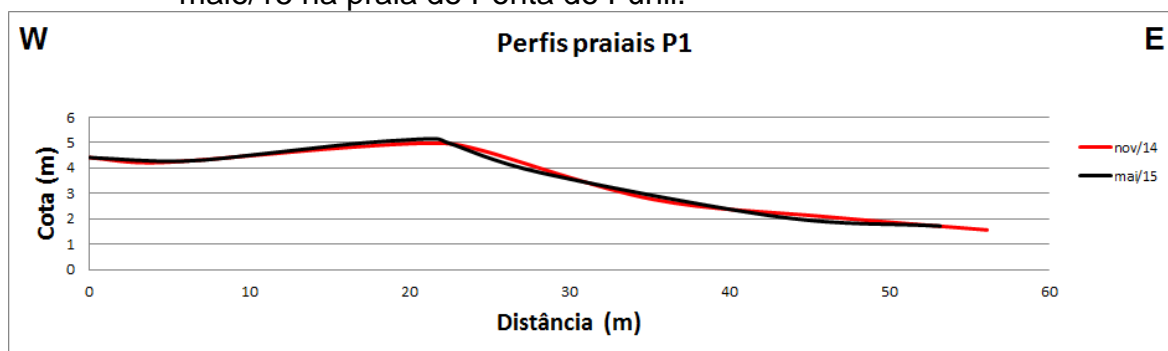
De janeiro/15 a março/15 o perfil se manteve estável, pois o balanço sedimentar foi de apenas  $-1,16\text{m}^3/\text{m}$ . Contudo, deve-se observar que de novembro/14 a março/15 houve um pequeno recuo da pós-praia e a formação de uma berma mais íngreme de aproximadamente 20cm de altura e  $18^\circ$  de inclinação (figura 23). Apesar do recuo da pós-praia, assim como em janeiro/15, houve acreção de sedimentos entre 0m e 7m e 12m e 21m.

Figura 22 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta do Funil.



No mês de maio/15, houve um recuo de berma de 0,5m, que se mostrou com 17 cm de altura e  $11^\circ$  de inclinação. O balanço sedimentar entre março/15 e maio/15 foi positivo e apresentou aumento de  $4,98\text{m}^3/\text{m}$ , representando 50% do que tinha sido erodido até março/15. Ainda em maio/15, observa-se que por mais que a pós-praia tenha recuado, houve um aumento dos sedimentos na trecho de 13m a 21m. Setores do perfil praias P1 com erosão foram observados nos trechos de 22m a 29m e de 42m a 49m (figura 24).

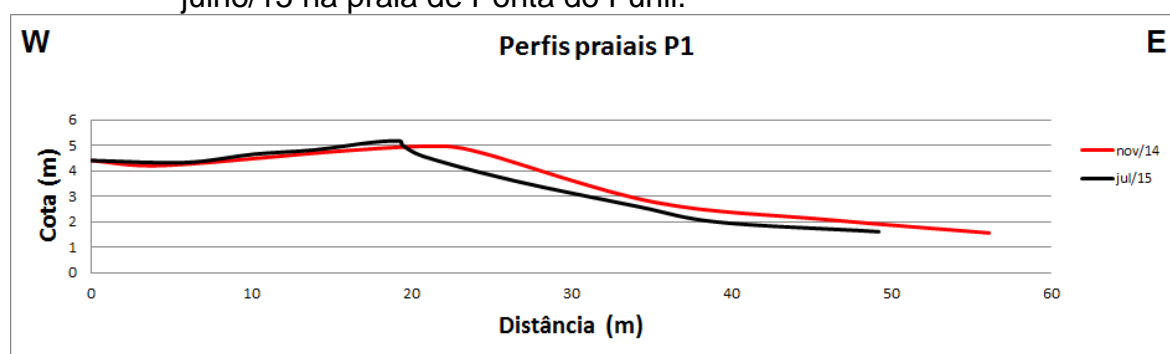
Figura 23 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta do Funil.





Em julho/15, assim como nos meses anteriores, a pós-praia teve um aumento no volume de sedimentos desde o RN (nível de referência) até 19,5m (figura 25). A berma permaneceu com 17 cm de altura, porém a inclinação aumentou para 48°. Contudo, todo o estirâncio sofreu erosão em relação aos meses anteriores e neste mês foi observado o menor comprimento do perfil topográfico com 49,21m. Do mês de maio/15 a julho/15 houve a maior taxa de erosão no volume do perfil, com perda de 18,93 m<sup>3</sup>/m.

Figura 24 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta do Funil.



O mês que apresentou o menor volume de sedimentos foi setembro/15 com 159 m<sup>3</sup>/m, com perda 19,38% do volume em relação a novembro/14. Considerando o período entre novembro/14 e maio/15 como estável devido à pequena variação no balanço sedimentar, o período de erosão total foi de julho/15 a setembro/15 totalizando a perda de 33,56m<sup>3</sup>/m. Esse período de erosão já era esperado devido ao aumento da pluviosidade e da força dos ventos nesta época do ano na região. Em toda pós-praia (0m a 16m) do mês de março/15 houve pequena acreção de sedimentos, já no trecho de 16m a 48,9m que corresponde a todo estirâncio e antepraia houve erosão (figura 26).



Figura 25 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta do Funil.

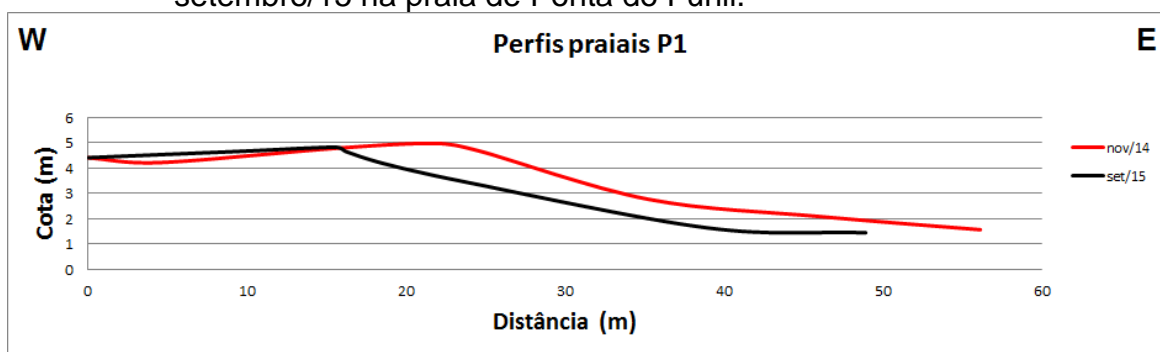
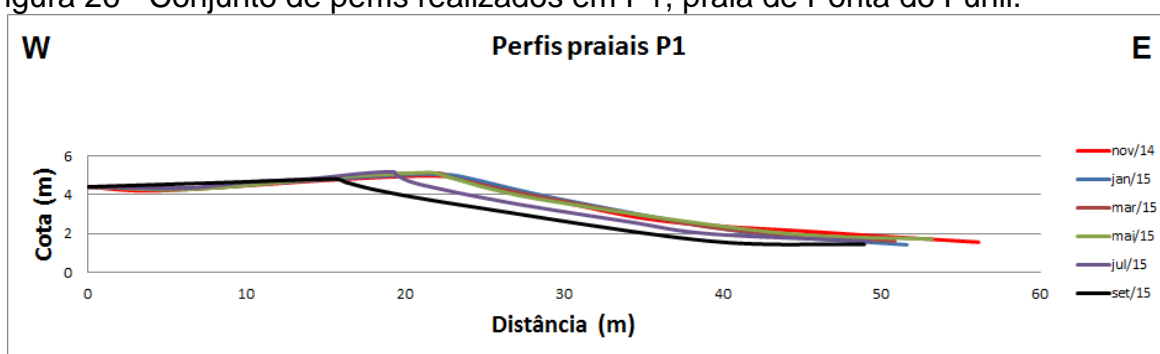


Figura 26 - Conjunto de perfis realizados em P1, praia de Ponta do Funil.



### 5.2.2 – Perfil de praia P2

O perfil de praia P2 está localizado a cerca de 2000 metros a norte do perfil de praia P1, nas coordenadas UTM 9152605S e 298435E (figura 28). Este é o segundo menor dos perfis estudados e apresentou uma variação no comprimento de 61,27m a 101,6m. A pós-praia mediu em média 20 metros de comprimento e ficou caracterizada pela presença de salsas de praia (figura 29). No mês de setembro/15 a faixa do estirâncio teve 70 metros de comprimento, porém em todos os outros meses a média ficou em 35 metros de extensão.

De novembro/14 a janeiro/15 o volume de sedimentos erodido foi de 13,96m<sup>3</sup>/m (tabela 3 e figura 30) e essa erosão foi localizada no estirâncio nos trechos entre 16m e 22m, 23m e 35m e 45m e 61,27m. Observa-se uma berma de 31 cm de altura e um ângulo de 36°. A diminuição do volume também se deve à diminuição no tamanho do perfil de aproximadamente 9 metros (figura 31).

Figura 27 - Vista aérea da localização do RN dos perfis realizados em P2. Fonte: Google Earth.

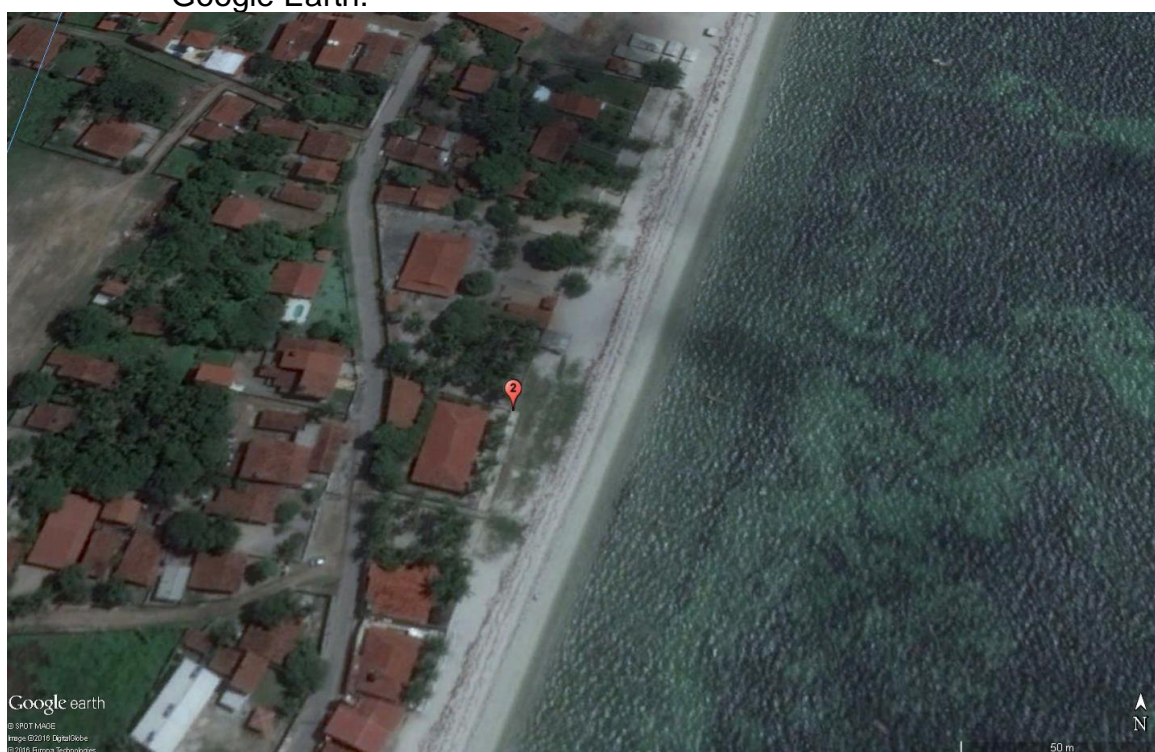


Figura 28 – Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praias P2, na praia de Catuama, mostrando salsas de praia (*Ipomea pes-caprae* Rottb.) no setor de pós-praia.



Tabela 3 – Variação do volume no perfil praial P2, nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	170,40	0*
Jan/15	156,44	-13,96
Mar/15	163,54	7,11
Mai/15	160,21	-3,34
Jul/15	157,10	-3,10
Set/15	190,17	33,07

Figura 29 - Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P2. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados.

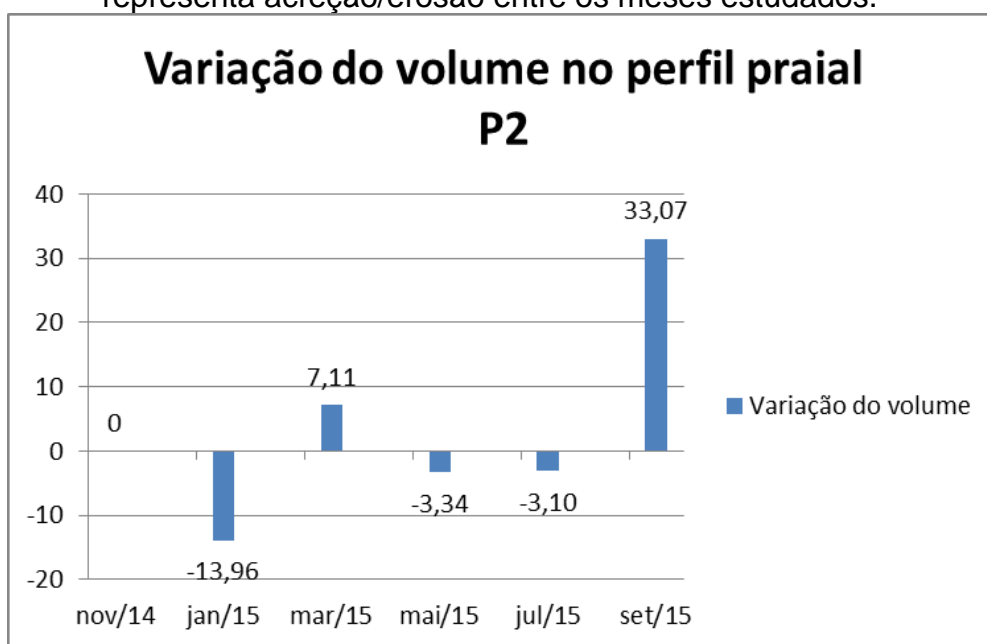
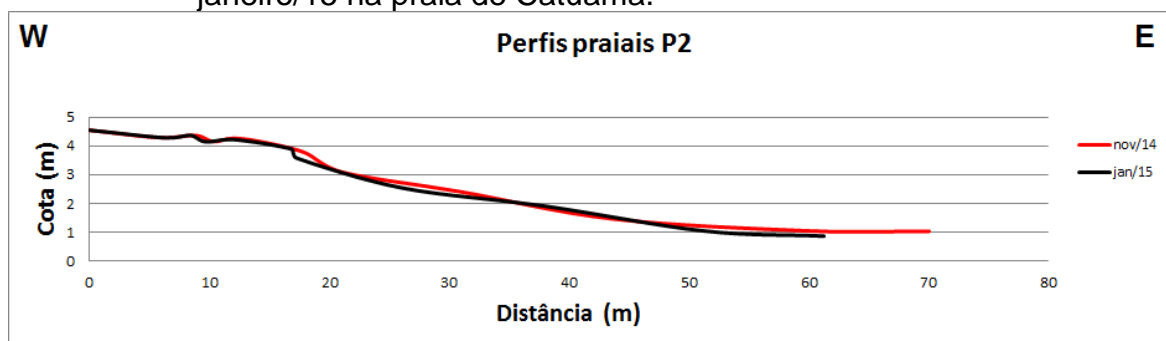


Figura 30 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Catuama.



Em março/15 o volume de sedimentos ainda foi inferior ao mês de novembro/14, porém houve uma deposição que se concentrou entre 13m e 26m e

também foi resultado do aumento do comprimento do perfil (figura 32). Entre 27m e 37m percebe-se que houve uma taxa de erosão não muito significativa.

De março/15 a maio/15 o perfil se manteve praticamente constante, variando apenas  $-3,34\text{m}^3/\text{m}$ . O trecho de 13m a 27m sofreu pequena erosão, mas apesar disso, quando comparado com novembro/14, esse intervalo permaneceu com saldo positivo. Assim como em março em maio, a erosão se manteve entre 31 e 42 metros (figura 33).

Figura 31 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama.

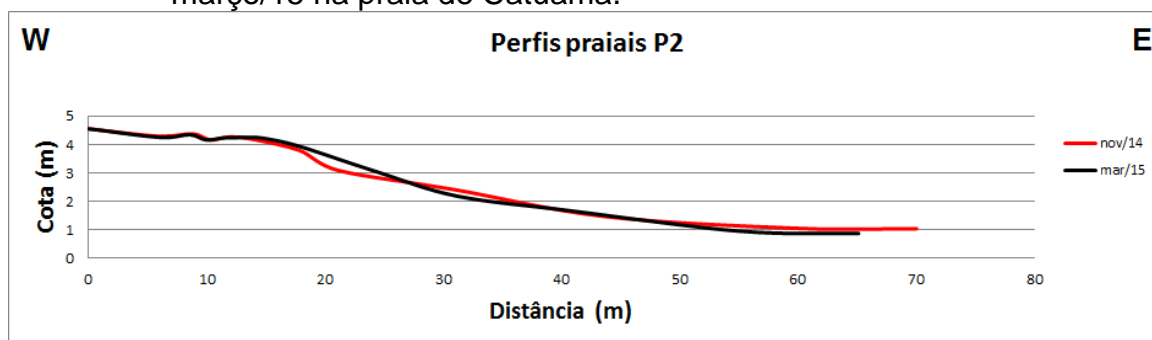
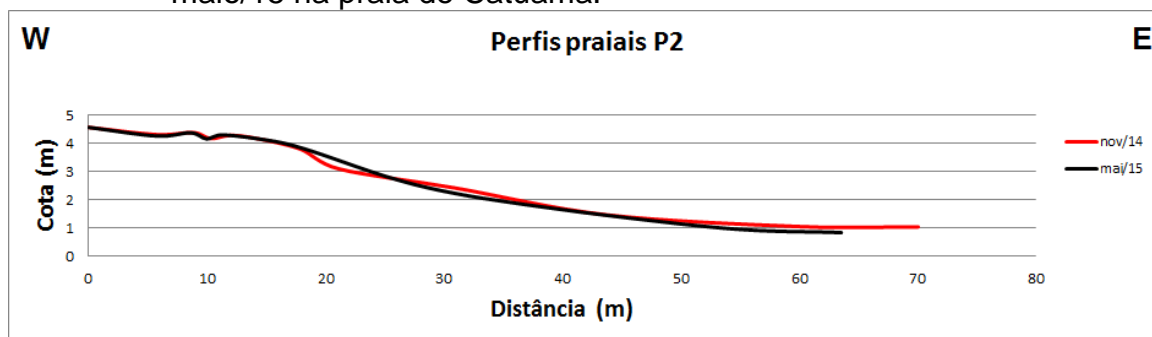
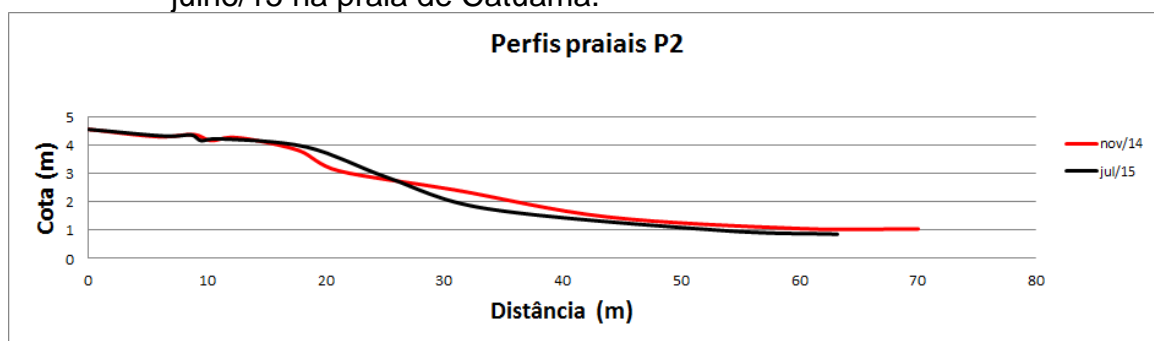


Figura 32 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Catuama.



No mês de julho/15 houve erosão de apenas  $3,1\text{m}^3/\text{m}$  em relação ao mês de maio/15. Em relação a novembro/14, ficou evidente o déficit de sedimentos no intervalo de 27m a 50m e também pela redução de 6,83 metros no comprimento do perfil. Essa erosão foi balanceada pela pequena deposição no trecho de 18m a 26m que tinha sido erodida no mês de maio/15. (figura 34).

Figura 33 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Catuama.



De julho/15 a setembro/15 o perfil se manteve uniforme até os 63 metros (figura 35). Neste último mês foi constatado o maior volume ao longo do tempo estudado com  $190,17\text{m}^3/\text{m}$ , resultado do aumento do comprimento do perfil em 38,38 metros. O volume adicionado foi de  $33,07\text{m}^3/\text{m}$  quando comparado ao mês de julho/15 e um balanço sedimentar positivo de  $19,77\text{m}^3/\text{m}$  desde novembro/14 (figura 36). Na análise final deste ponto, as variações durante o tempo estudado ocorreram principalmente no intervalo de 13m a 40m. Ao longo do tempo estudado, o perfil manteve a tendência de deposição no trecho de 13m a 27m e de erosão a partir de 28 metros.

Figura 34 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho/14 e setembro/15 na praia de Catuama.

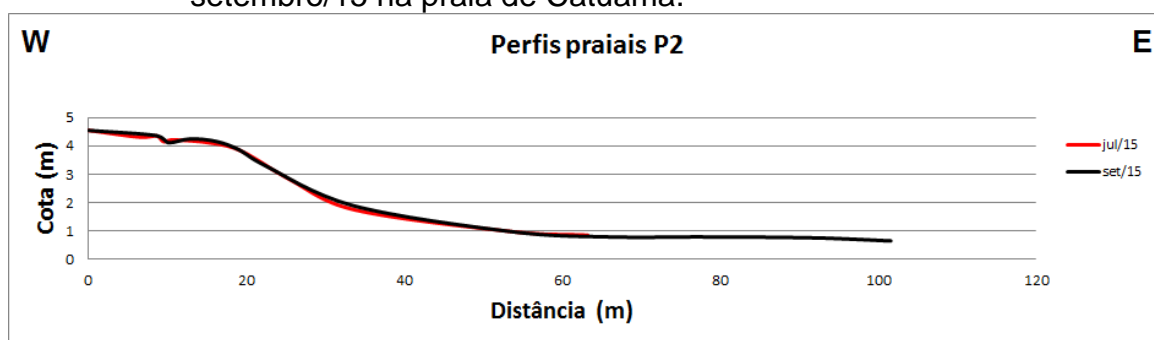


Figura 35 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Catuama.

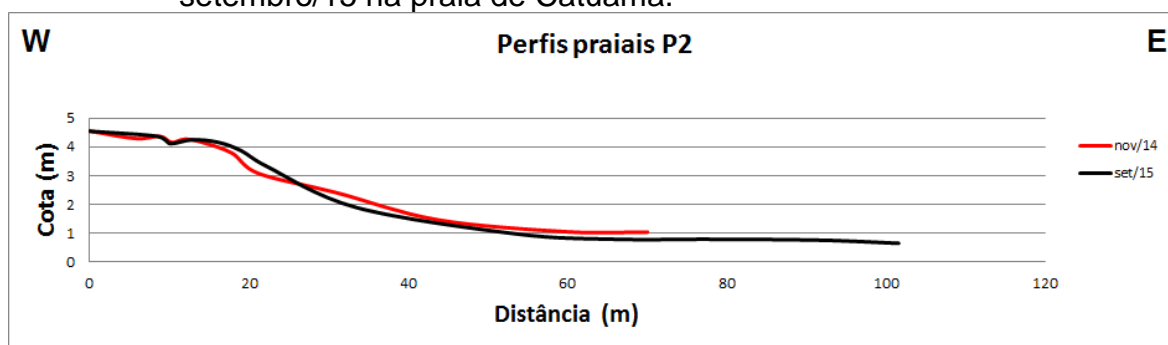
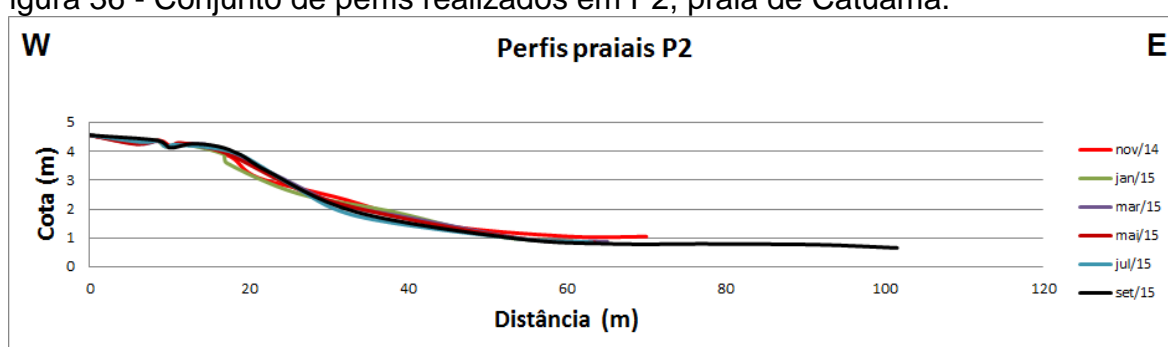


Figura 36 - Conjunto de perfis realizados em P2, praia de Catuama.



### 5.2.3 – Perfil de praia P3

O perfil de praia P3 se localiza a 1800 metros de distância do perfil praias P2, na Marina de Catuama em Ponta de Pedras, mais precisamente nas coordenadas UTM 9154276S e 299058E (figura 38 e 39).

Os perfis variaram de 59,65 a 189,8 metros de comprimento. A pós-praia tem em média 11 metros de extensão e o estirâncio variou de 60 a 160 metros. As maiores alterações nos perfis foram observadas no trecho de 0m a 20m. Em novembro/14 a berma apresentou altura de 21 cm e 35° de inclinação.

Em janeiro/15 houve uma perda de 3,15m<sup>3</sup>/m em relação a novembro/14 (figura 40). Esse pequeno déficit de sedimentos se deu devido à erosão localizada na berma, no trecho de 14m a 30m e de 64m a 70m, além da redução no comprimento total do perfil (figura 41).



Figura 37 - Vista aérea da localização do RN do perfil praias P3. Fonte: Google Earth.



Figura 38 – Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praias P2, na praia de Catuama.



Tabela 4 – Variação do volume no perfil praial P3, nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	147,93	0*
Jan/15	144,78	-3,15
Mar/15	179,87	35,09
Mai/15	113,78	-66,10
Jul/15	119,40	5,63
Set/15	157,44	38,04

Figura 39 – Gráfico mostrando a variação do volume no perfil praial P3. Cada valor representa acreção/erosão entre os meses estudados.

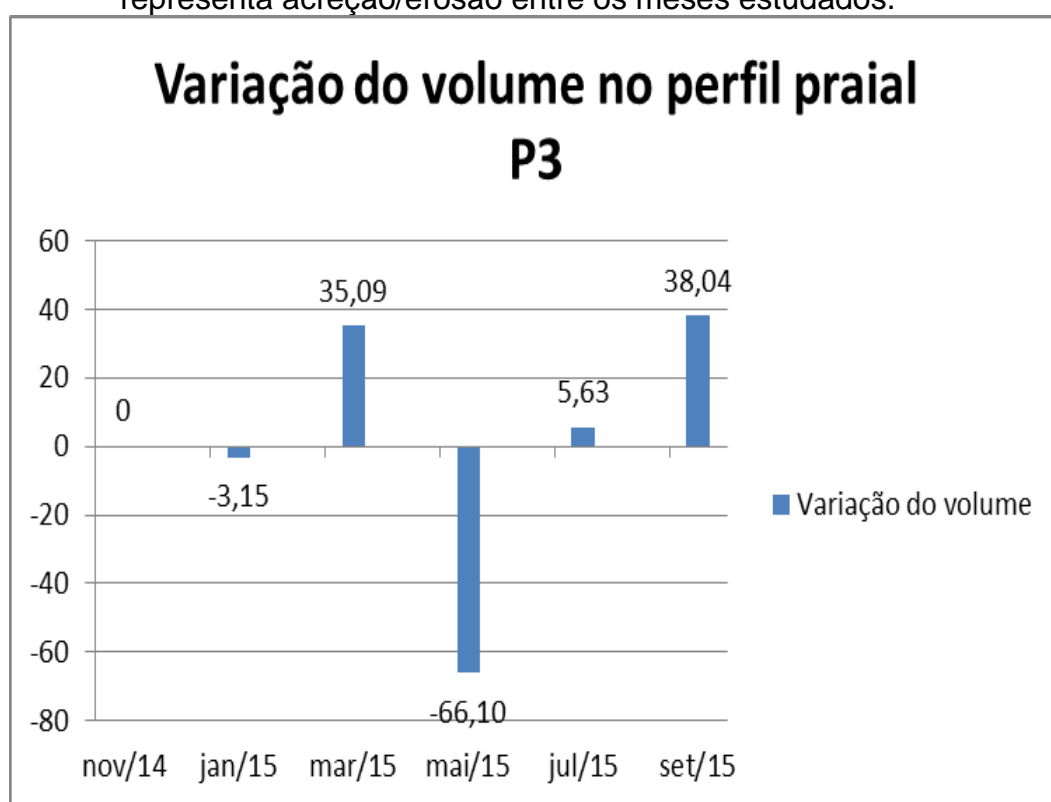
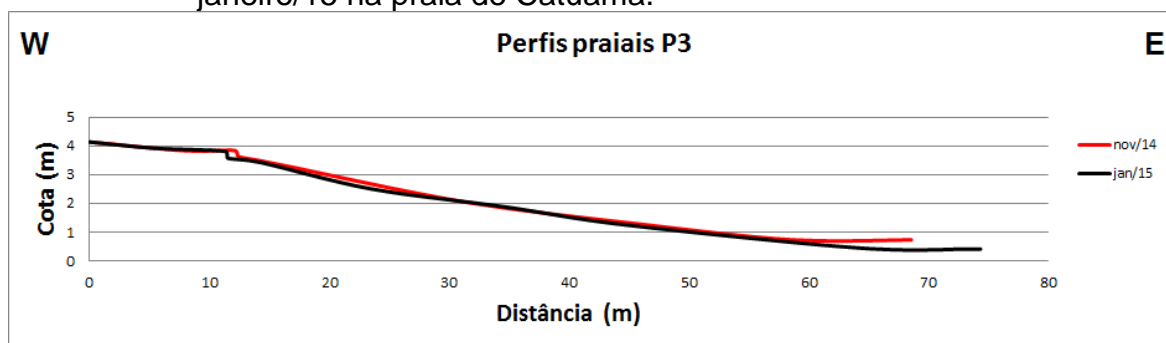


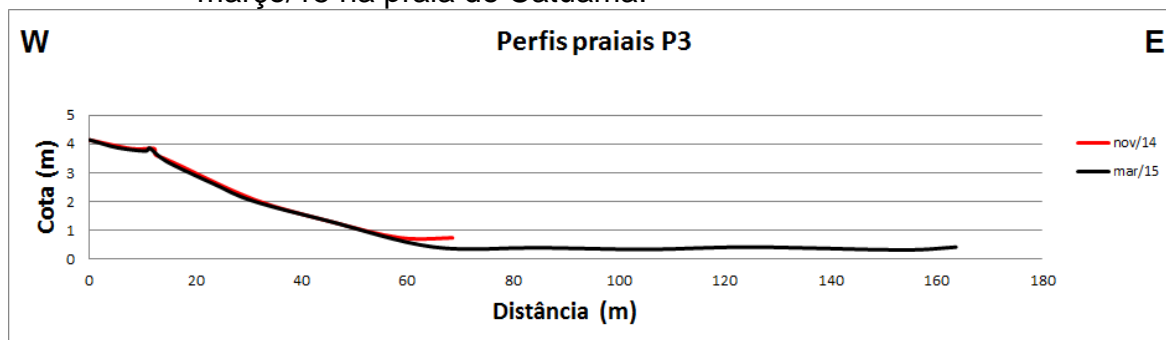
Figura 40 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Catuama.





O maior volume no perfil praial P3 foi observado no mês de março com  $179,87\text{m}^3/\text{m}$ , um ganho de  $35,09\text{m}^3/\text{m}$  em relação ao mês de janeiro. Com exceção do comprimento do perfil que aumentou 89,32 metros e o trecho entre 58,56 e 68,56 metros em que houve uma redução na quantidade de sedimentos, neste mês o perfil não teve alterações significativas em relação ao mês de novembro/14 (figura 42).

Figura 41 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama.



O balanço sedimentar de março/15 para maio/15 foi de  $-66,1\text{m}^3/\text{m}$ , constatando o menor volume e maior taxa de erosão desse perfil. O volume perdido de sedimento foi observado no trecho de 15m a 60m e também devido à redução do tamanho do perfil. Além disso, o perfil atingiu cotas negativas a partir de 54m (figura 43).

Em julho/15 o trecho erodido começa desde os 10 metros e segue até o comprimento final do perfil (59,15m) (figura 44). A berma apresentou altura de 15cm e inclinação de  $12^\circ$ . Neste mês, o perfil teve um ganho de  $5,63\text{m}^3/\text{m}$  em relação a maio/15 e esse ganho de volume se deu no estirâncio a partir dos 39 metros.

Figura 42 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Catuama.

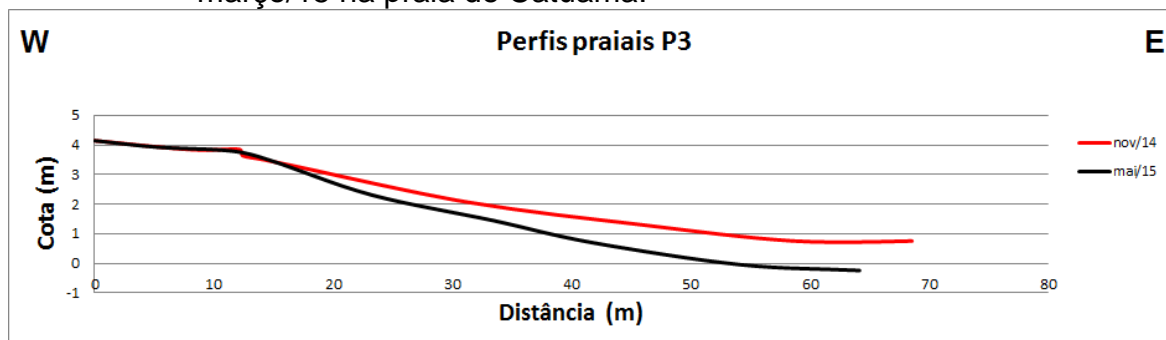
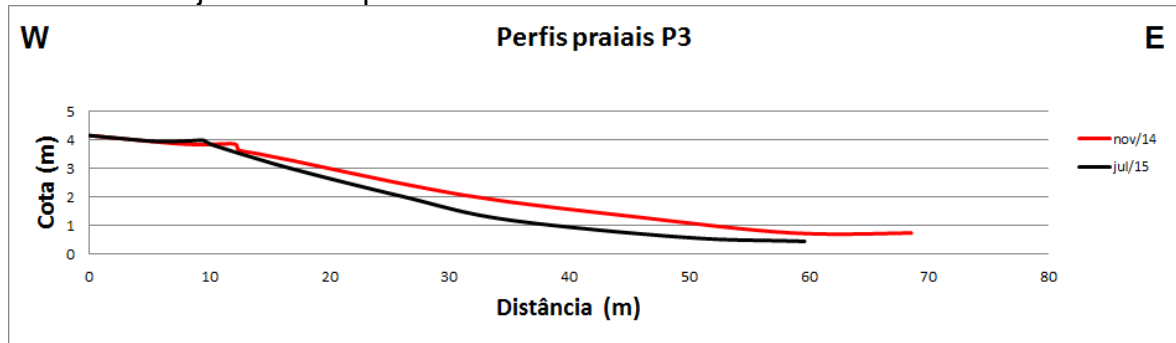


Figura 43 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Catuama.



Na avaliação final, quando comparado com novembro/14, apesar do volume de sedimento erodido no trecho de 10m a 68m em setembro/15, o perfil alcançou o maior comprimento, 189,8m (figura 45), e assim obteve um balanço sedimentar positivo de 9,51m<sup>3</sup>/m. A berma apresentou altura de 0,29m e inclinação de 22,8°. Além disso, percebe-se que no trecho de 120m a 150m foi formado um banco de areia.

Figura 44 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Catuama.

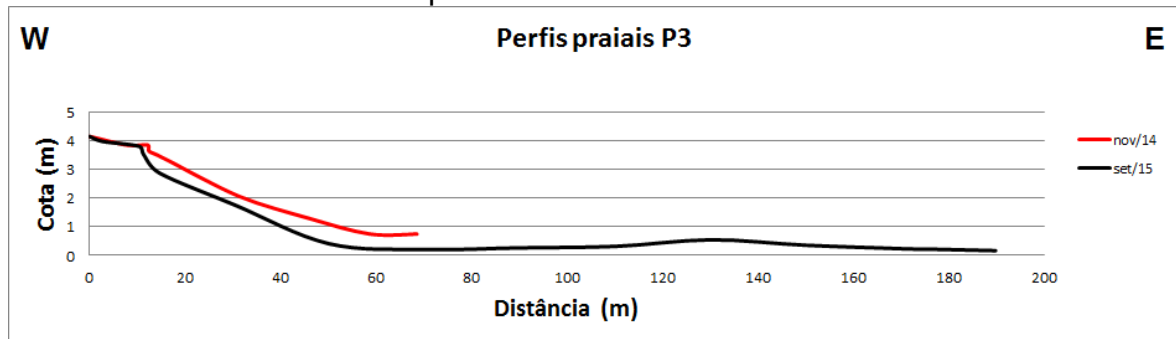
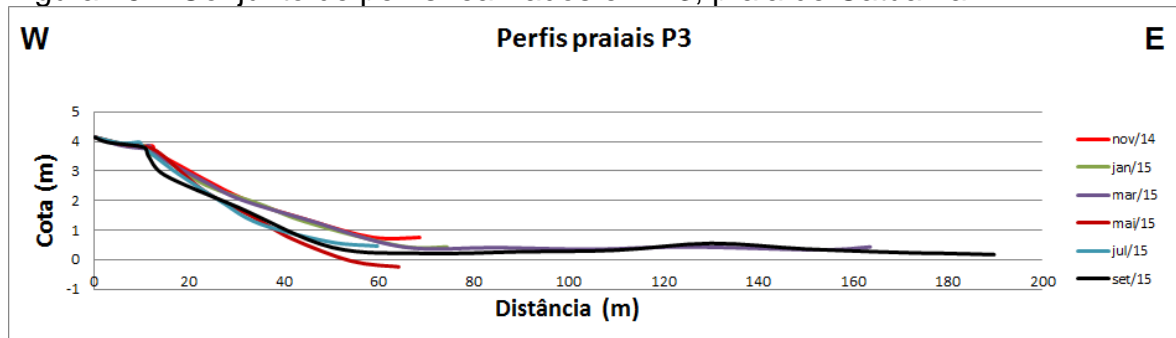


Figura 45 – Conjunto de perfis realizados em P3, praia de Catuama.



#### 5.2.4 - Perfil de praia P4

O perfil de praia P4 está localizado na porção norte do centro de Ponta de Pedras (figuras 47 e 48), nas coordenadas UTM 9156188S e 300420E e dista aproximadamente 2400 metros do perfil praial P3.

Figura 46 – Vista aérea da localização do RN do perfil praial P4. Fonte: Google Earth.



Figura 47 – Perfil praial P4, local de levantamento dos perfis na praia de Ponta de Pedras, onde há a presença de calcários de Formação Maria Farinha.

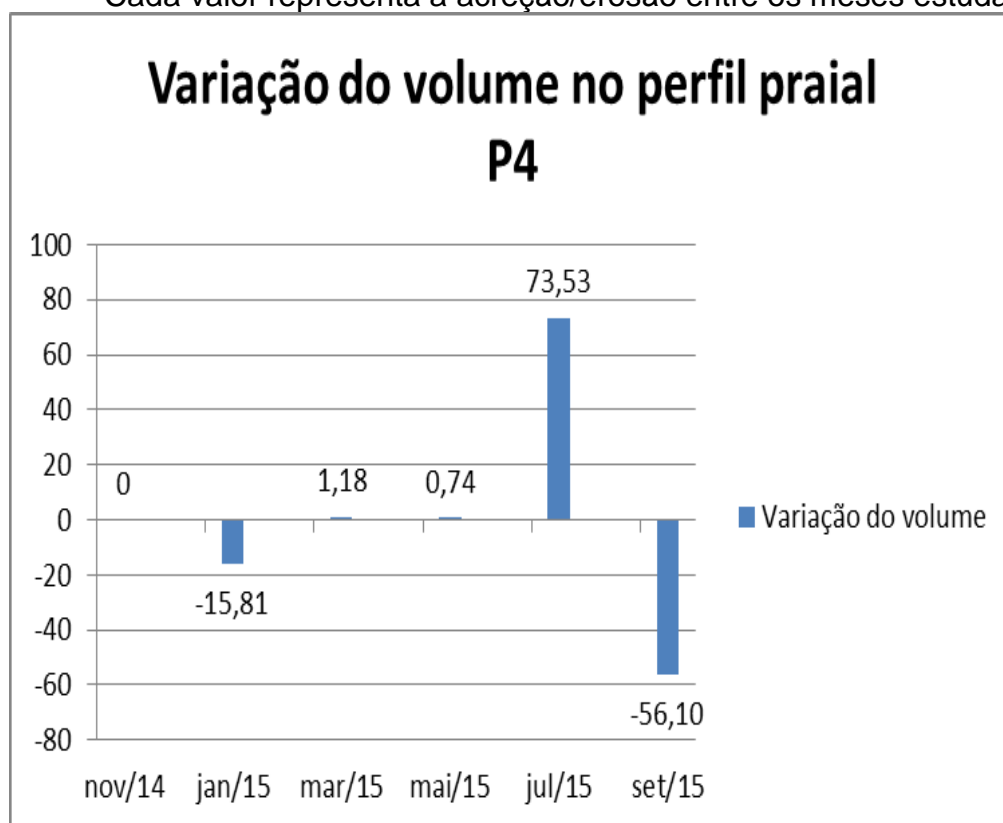


De novembro/14 a janeiro/15 houve uma perda de  $15,81\text{m}^3/\text{m}$  (tabela 5) de sedimentos e o volume se manteve praticamente constante de janeiro a maio/15 (figura 49). A inclinação do estirâncio é de  $5^\circ$  e a praia apresentou comprimento médio de 98 metros.

Tabela 5 – Perfis praias P4 - Variação do volume nos meses estudados (\* mês de referência).

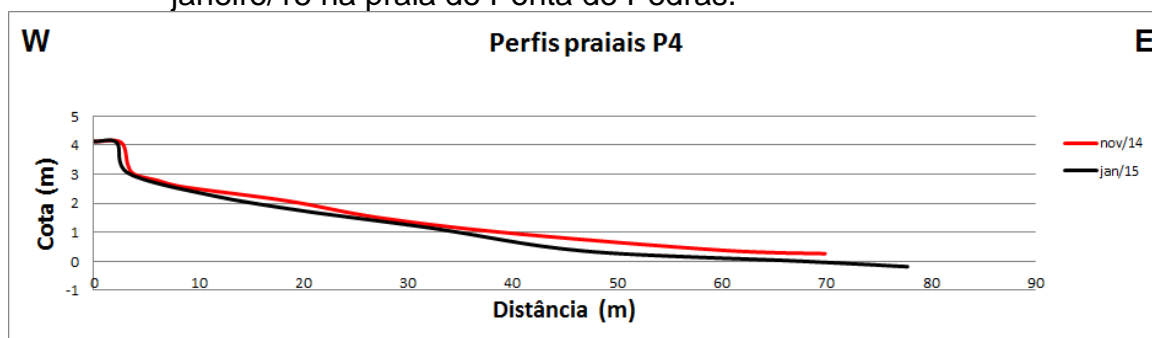
Mês	Volume ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	$V_{n+1} - V_n(\text{m}^3/\text{m})$
Nov/14	99,25	0*
Jan/15	83,44	-15,81
Mar/15	84,62	1,18
Mai/15	85,36	0,74
Jul/15	158,89	73,53
Set/15	102,79	-56,10

Figura 48 – Perfis praias P4. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados.



De novembro/14 a janeiro/15, apesar do comprimento do perfil ter aumentado 7,79 metros, ocorreu erosão em todos os setores da praia, resultando em uma variação do volume de  $-15,81 \text{ m}^3/\text{m}$  (figura 50).

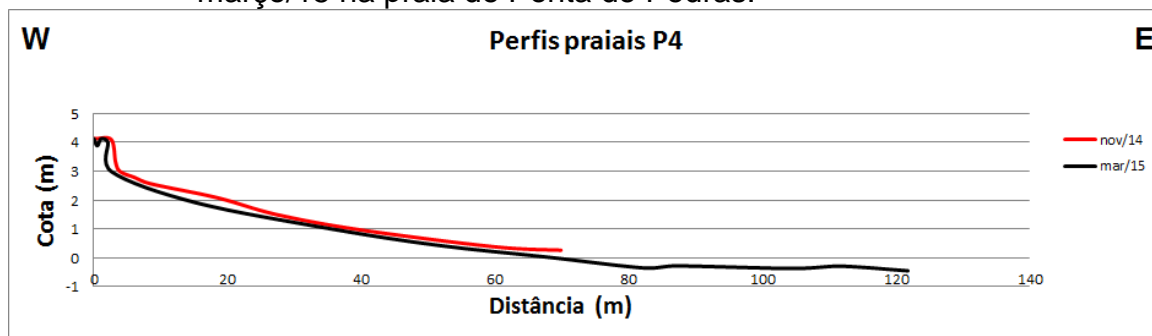
Figura 49 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras.



De janeiro a março a diferença do volume foi de  $+1,18 \text{ m}^3/\text{m}$ . Nesse mês houve um pequeno recuo da pós-praia, com erosão de 0,5 metro da berma deixando-a mais íngreme, com  $18^\circ$  de inclinação. Além disso, houve redução de

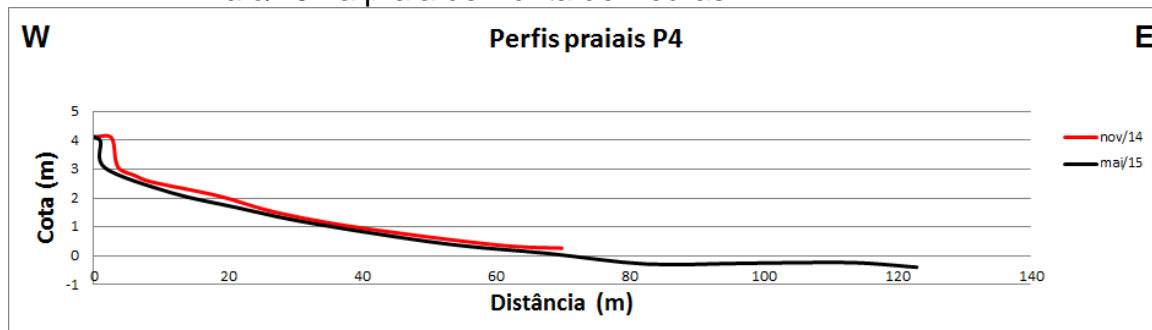
sedimentos de 0m a 69,9m, tendo um ganho de volume devido ao aumento do comprimento do perfil em 51,93 metros. (figura 51).

Figura 50 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras.



Em geral, o perfil do mês de março foi muito semelhante ao mês de maio que e apresentou uma variação de volume de apenas  $+0,74\text{m}^3/\text{m}$ , porém de novembro a maio/15 a berma recuou 1,6 metro (figura 52).

Figura 51 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.



Comparando com o mês de maio/15, em julho/15 o balanço sedimentar foi de  $+73,53\text{m}^3/\text{m}$  (tabela 05), e neste último observou-se que houve o maior volume nos meses estudados. O ganho do volume foi observado em todo o estirâncio e no começo da antepraia, entre 3m e 69,35m (figura 53).

Em setembro, apesar do aumento do comprimento total do perfil, relacionando com o último mês, constatou-se a erosão em todo o perfil. De julho/15 a setembro/15 a variação no volume foi de  $-56,10\text{m}^3/\text{m}$ . Apesar disso, o balanço sedimentar de novembro/14 a setembro/15 foi de  $+2,79\text{m}^3/\text{m}$  pois, apesar da erosão nos trechos de 0m a 3,4m e de 60m a 69,9m, o perfil teve ganho de 88,8 metros de

comprimento, constatando assim uma estabilidade da praia estudada (figura 54). Essa estabilidade da praia pode estar ligada à presença dos calcários da formação Maria Farinha que se encontram na faixa de praia, diminuindo a força de incidência das ondas.

Figura 52 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras.

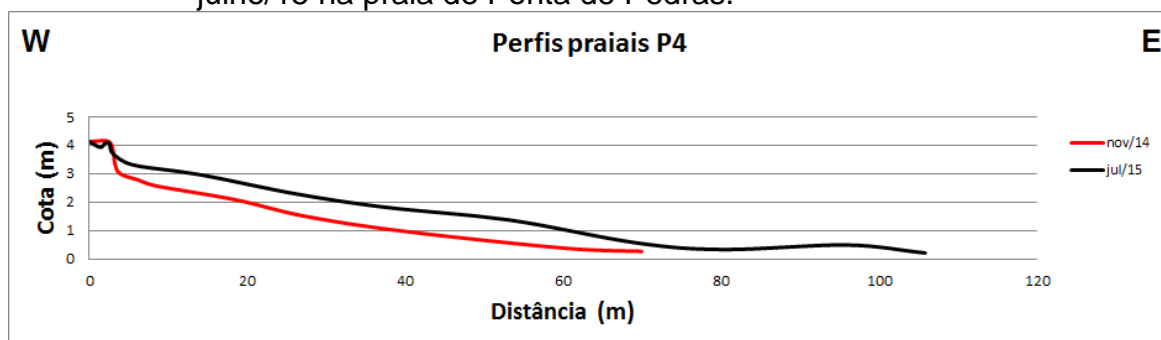


Figura 53 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.

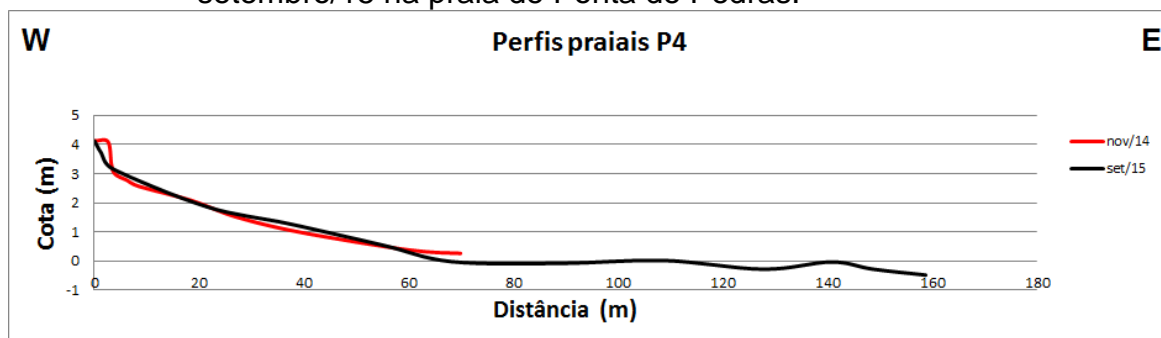
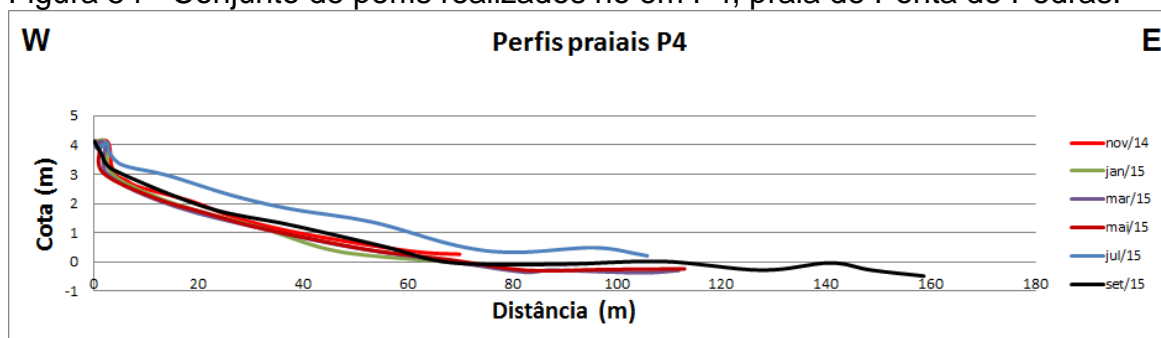


Figura 54 - Conjunto de perfis realizados no em P4, praia de Ponta de Pedras.



Este mesmo perfil praias foi descrito por Xavier (2007), no qual se pode comparar o marco do distrito na figura 48 (situação atual) com a figura 56 (2006). Apesar do balanço sedimentar final deste perfil praias ter sido positivo, constata-se



que de 2006 a 2015 houve um processo erosivo marcado pela retirada da vegetação e pela exposição da base do marco do distrito.

Figura 55 Perfil Marco do Distrito (Dez/2006). Fonte: Xavier (2007).



#### 5.2.5 - Perfil de praia P5

O perfil praial P5 se localiza próximo à Ponta da Simplicidade em Ponta de Pedras, mais precisamente nas coordenadas UTM 9157476S e 300564E (figura 56 e 57) e dista aproximadamente 1300 metros do perfil praial P4.

Figura 56 – Vista aérea da localização do RN do perfil praial P5. Fonte: Google Earth.





Figura 57 – Perfil praial P5, local de levantamento dos perfis na praia de Ponta de Pedras, onde há grande quantidade de materiais pesados.



Este foi o perfil de maior extensão com 309,85m, e apresentou inclinação média de 7°. Em novembro/14 o perfil apresentou o menor volume e menor comprimento no perfil praial P5 (tabela 6).

Tabela 6 – Perfis praias P5. Variação do volume nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	264,83	0*
Jan/15	507,91	243,08
Mar/15	657,90	149,99
Mai/15	426,02	-231,87
Jul/15	364,59	-61,43
Set/15	546,33	181,74

A maior variação morfológica do perfil foi em Janeiro/15 com o aumento do volume de sedimentos (figura 58) no trecho de 25m a 80m (figura 59). De novembro/14 a janeiro/15 o perfil teve um ganho de 109,28m e 243,08m<sup>3</sup>/m.

Em março/15, o perfil atingiu seu maior comprimento e maior volume, 657,89m<sup>3</sup>/m (figura 60), aproximadamente 2,5 vezes maior que o mês de novembro/14.

Figura 58 – Perfis praias P5. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados.

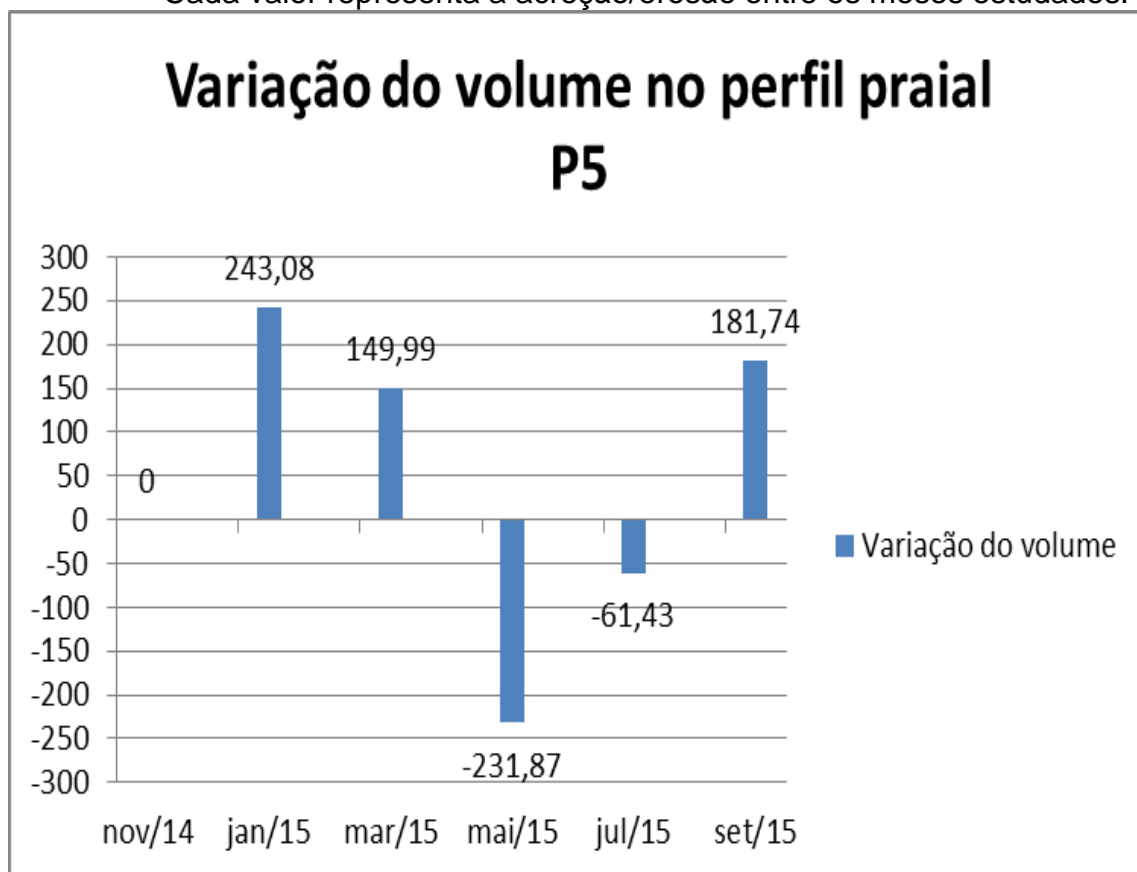


Figura 59 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras.

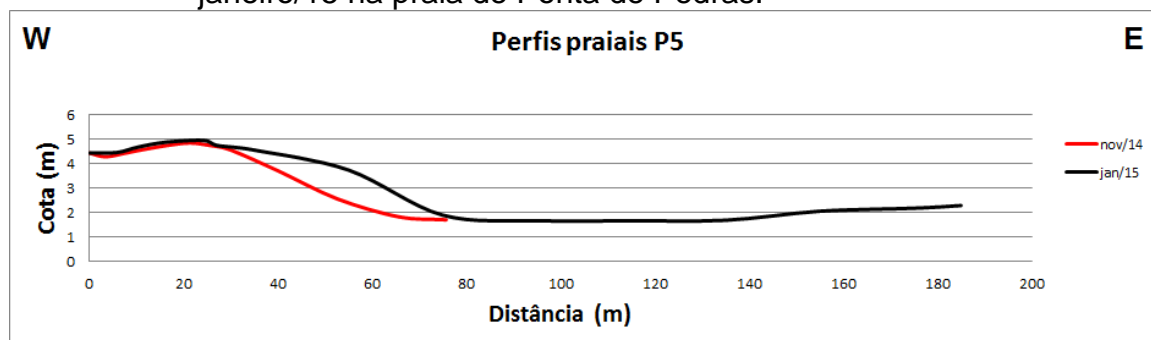
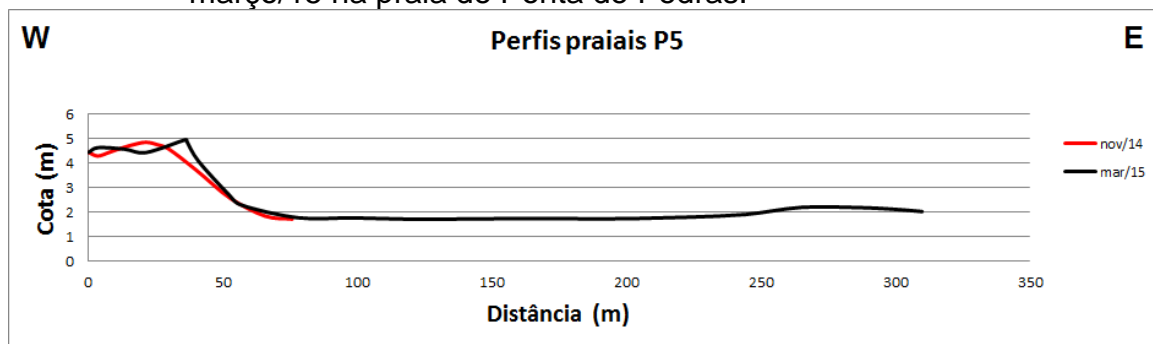
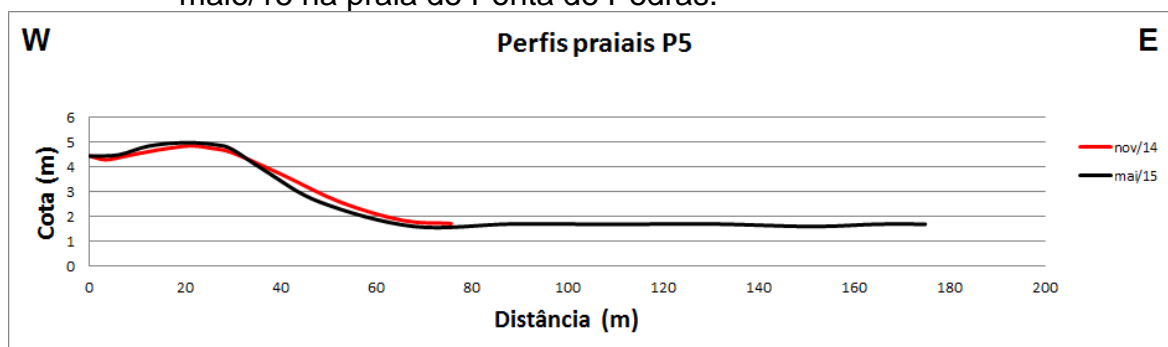


Figura 60 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras.



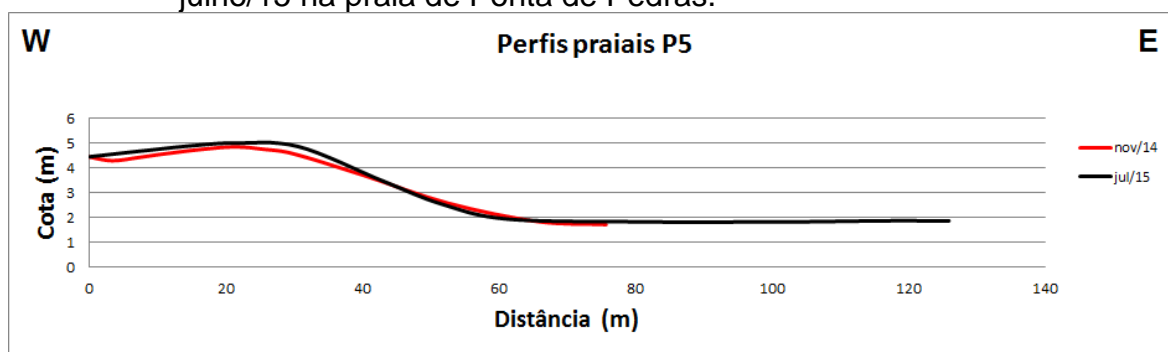
Em maio/15, o perfil se assemelhou muito morfológicamente ao mês de novembro/14 (figura 61). A diferença foi constatada apenas no comprimento total e no trecho de 40m a 60m, na qual o mês de maio obteve maior volume. De maio/15 a março/15, o volume erodido foi de  $231,87\text{m}^3/\text{m}$  e o comprimento do perfil foi reduzido em 134,92m.

Figura 61 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.



No mês de julho/15 houve adição de sedimentos nos trechos de 20m a 55m e de 60m a 80m (figura 62), contudo a extensão total do perfil foi reduzida em  $61,43\text{m}^3/\text{m}$ . Quando somada à perda consecutiva de maio e julho, tem-se uma erosão de  $293,3\text{m}^3/\text{m}$  apesar disso, o perfil ainda tinha um balanço positivo de  $99,76\text{m}^3/\text{m}$  em relação a novembro/14, atingindo em julho o segundo menor volume no período estudado.

Figura 62 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras.



Em setembro, houve um acréscimo de  $181,73\text{m}^3/\text{m}$  e resultou no balanço sedimentar de novembro/14 a setembro/15 foi de  $281,5\text{m}^3/\text{m}$ , havendo deposição de sedimentos de 0m a 45m e devido ao aumento de comprimento de 160,65 metros (figura 63), houve um aumento de 106% no volume do perfil. Comparando com o mês de julho, o perfil se manteve estável, apenas modificando o tamanho do perfil que aumentou 110 metros.

Figura 63 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.

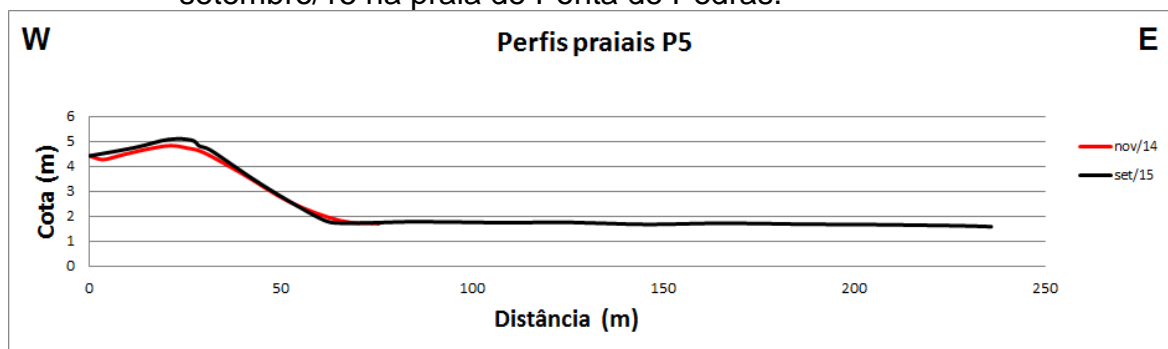
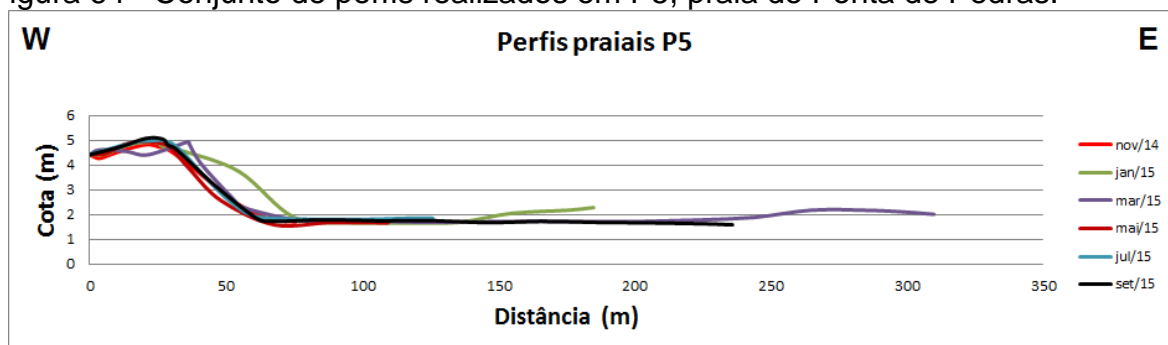


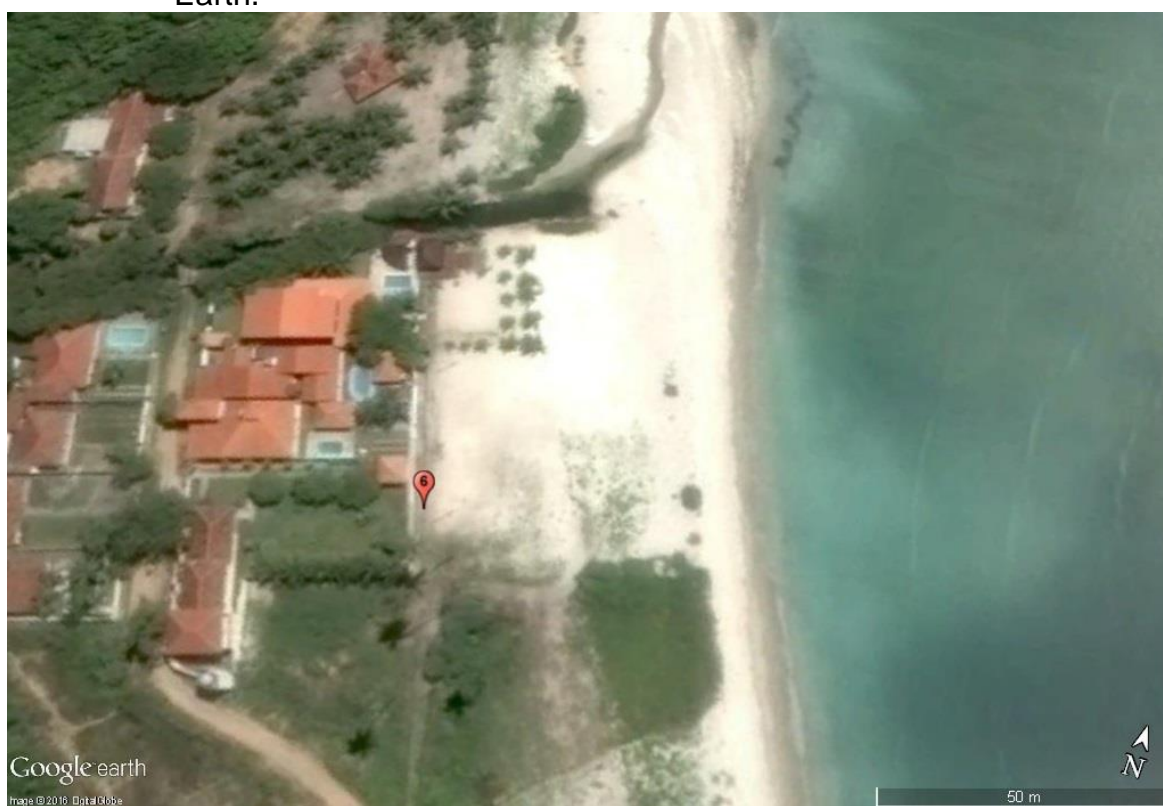
Figura 64 - Conjunto de perfis realizados em P5, praia de Ponta de Pedras.



### 5.2.6 - Perfil de praia P6

O Perfil de praia P6 está localizado na porção norte da praia de Ponta de Pedras, dista aproximadamente 1000 metros do perfil praial P5 e situa-se nas coordenadas UTM 9158187S e 299870E (figura 65 e 66). Neste perfil, a praia se manteve morfologicamente semelhante em todos os meses, exceto no mês de março/15, diferindo apenas no tamanho do comprimento total e inclinação do estirâncio.

Figura 65 – Vista aérea da localização dos perfis realizados em P6. Fonte: Google Earth.



De novembro/14 a janeiro/15 o balanço sedimentar foi de  $+163,69\text{m}^3/\text{m}$  (tabela 7 e figura 67); essa variação se deu devido à deposição de sedimentos nos trechos de 20m a 60m e 70m a 80m e pelo aumento do comprimento total do perfil em 95,68 mestros (figura 68).

Figura 66 – Perfil praiial P6, local de levantamento dos perfis na porção norte da Praia de Ponta de Pedras.



Tabela 7 – Perfis praiiais P6. Variação do volume nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	V <sub>n+1</sub> - V <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	321,75	0*
Jan/15	485,45	163,69
Mar/15	245,86	-239,58
Mai/15	488,89	243,02
Jul/15	341,39	-147,50
Set/15	475,00	133,61

Em março/15 o perfil se apresentou bastante distinto de novembro/14 (figura 69) e de todos os outros meses. A faixa da pós-praia foi reduzida em aproximadamente 20 metros e o seu comprimento foi o menor registrado com 65,55m, assim como o volume 245,89m<sup>3</sup>/m. A variação do volume em relação ao mês de janeiro/15 foi de -239,58m<sup>3</sup>/m.

No mês de maio/15 o perfil recuperou a faixa da pós-praia erodida e teve um ganho de 243,02m<sup>3</sup>/m, voltando a apresentar uma morfologia semelhante ao mês de novembro/14. No trecho entre 168m e 190m foi constatada a presença de um banco de areia (figura 70).

Figura 67 – Perfis praias P6. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados.

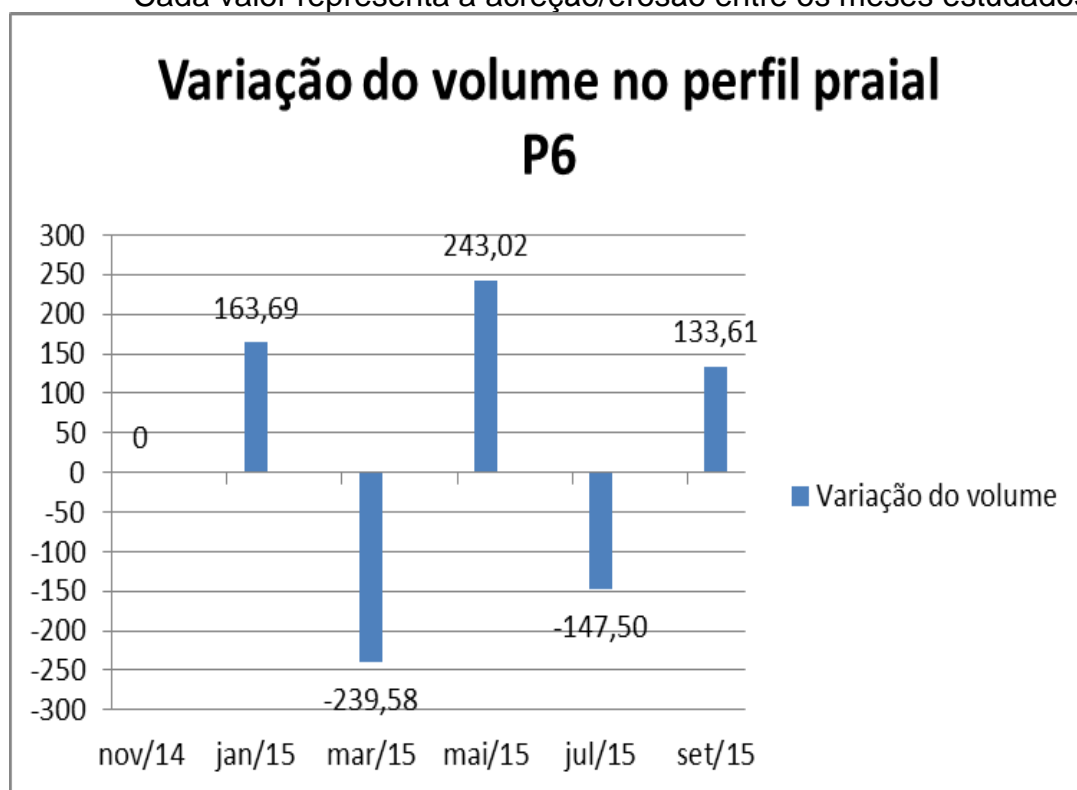


Figura 68 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Ponta de Pedras.

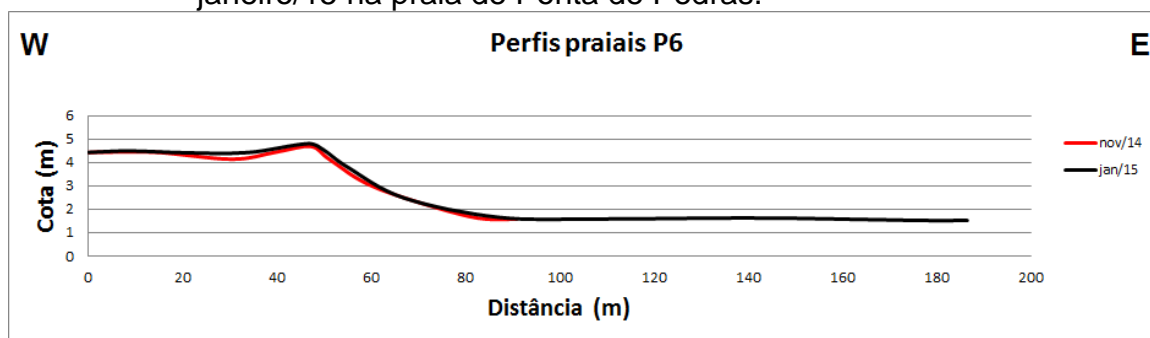


Figura 69 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Ponta de Pedras.

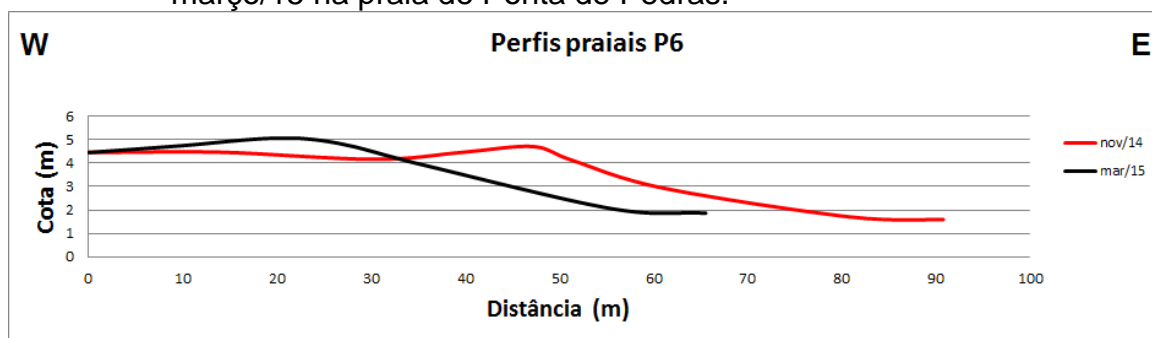
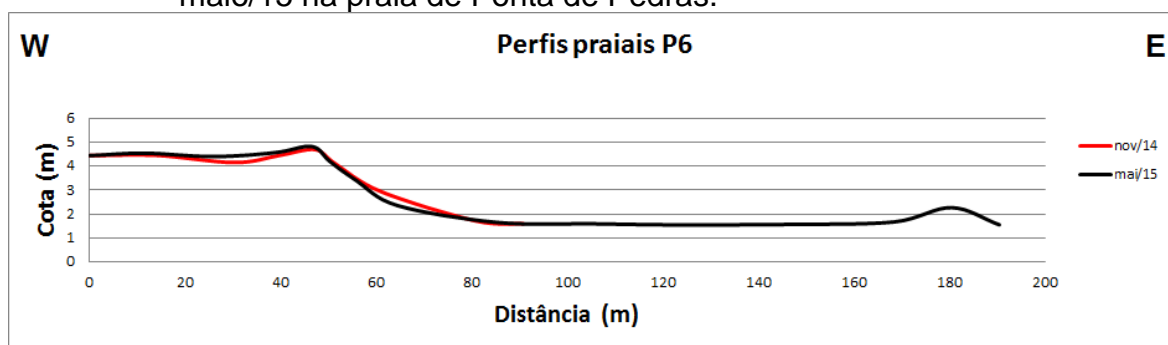


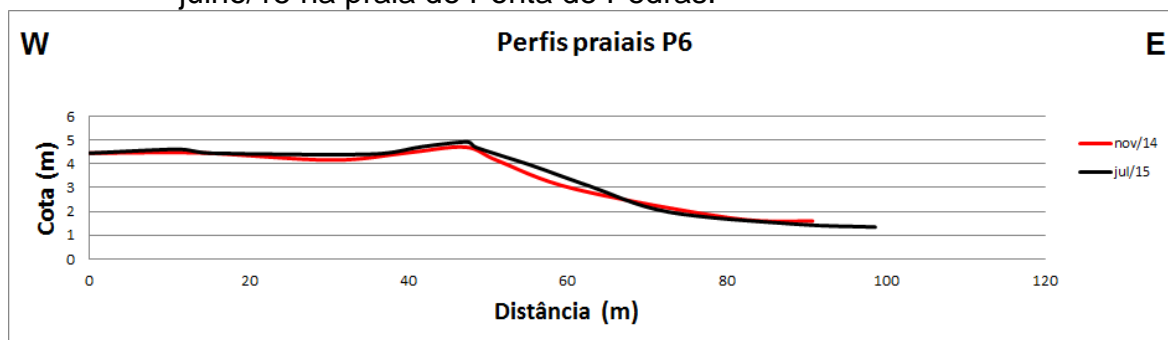


Figura 70 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Ponta de Pedras.



Em julho/15 o perfil teve um ganho de sedimentos na faixa entre 48m e 72m e com este ganho houve uma suavização da inclinação do estirâncio, passando de 8° para 5° (figura 71). Apesar disso, o perfil recuou 91,67 metros e com isso houve uma perda de 147,5m<sup>3</sup>/m de sedimentos.

Figura 71 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Ponta de Pedras.



Em setembro/15 o perfil se comportou muito semelhante ao mês de novembro e houve um ganho de 133,61m<sup>3</sup>/m no volume de sedimentos em relação ao mês de julho. O balanço sedimentar final foi de +153,25m<sup>3</sup>/m, no qual este ganho de sedimentos foi resultado do aumento do comprimento do perfil em 104,71 metros. Dessa forma é possível concluir que a praia estudada teve tendência de deposição (progradação).



Figura 72 – Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Ponta de Pedras.

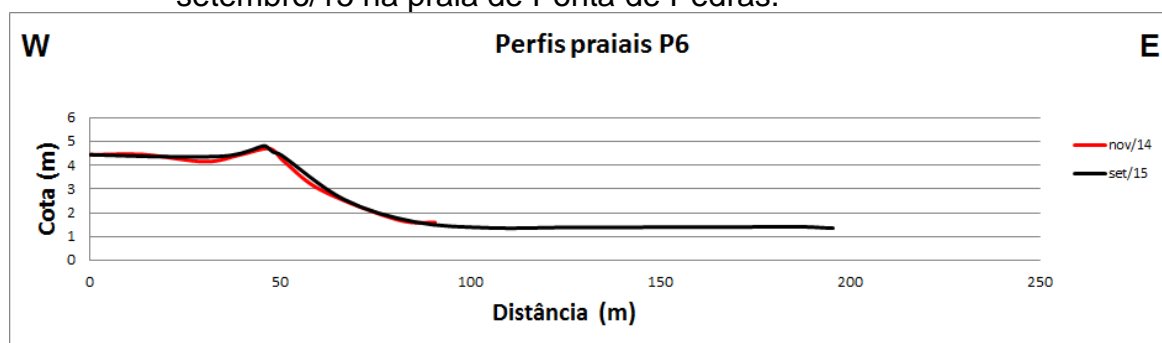
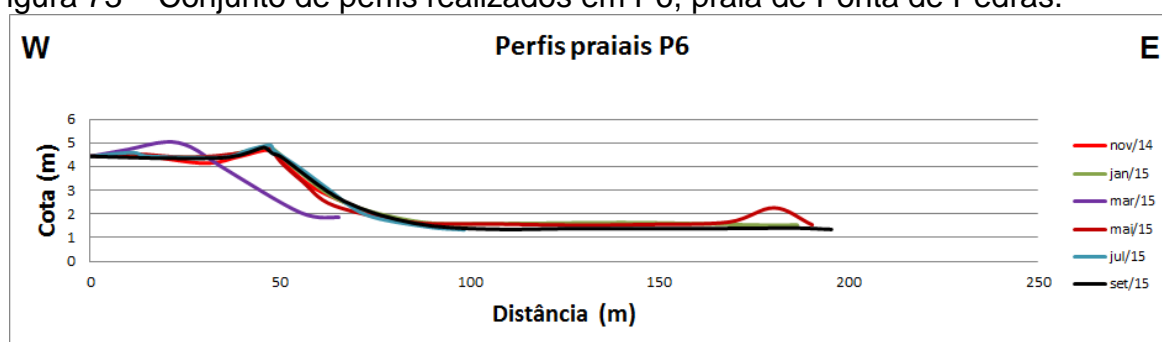


Figura 73 – Conjunto de perfis realizados em P6, praia de Ponta de Pedras.



### 5.2.7 – Perfil de praia P7

O perfil de praia P7 está localizado na praia de Carne de Vaca, em frente à Panificadora Souza, nas coordenadas UTM 9161958N e 297944E (figura 74 e 75), a sul do Rio Goiana e dista aproximadamente 4200 metros de distância do perfil praiar P6. As seguintes características foram observadas neste perfil: o comprimento médio total do perfil foi de 149 metros; a pós-praia tem extensão média de 50 metros; o estirâncio apresenta inclinação de 7° a 10°.

De novembro/14 a janeiro/15, o perfil teve um aumento de 70,57m<sup>3</sup>/m no volume de sedimentos (tabela 8 e figura 76), constatado pela deposição na pós-praia no trecho de 5m a 52m e pelo aumento de 53,91 metros no comprimento total do perfil, apresentando assim o maior volume do P7. A perda de sedimentos se localizou no estirâncio, entre 80m a 126,99m (figura 77).

Figura 74 - Vista aérea da localização dos perfis realizados em P7. Fonte: Google Earth.



Figura 75 – Perfil praiar P7, local de levantamento dos perfis na praia de Carne de Vaca.



Tabela 8 – Perfis praias P7. Variação do volume nos meses estudados (\* mês de referência).

Mês	Volume (m <sup>3</sup> /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m <sup>3</sup> /m)
Nov/14	361,11	0*
Jan/15	431,68	70,57
Mar/15	305,74	-125,94
Mai/15	429,15	123,41
Jul/15	382,55	-46,60
Set/15	427,82	45,28

Figura 76 – Perfis praias P7. Gráfico da relação entre variação do volume x tempo. Cada valor representa a acreção/erosão entre os meses estudados.

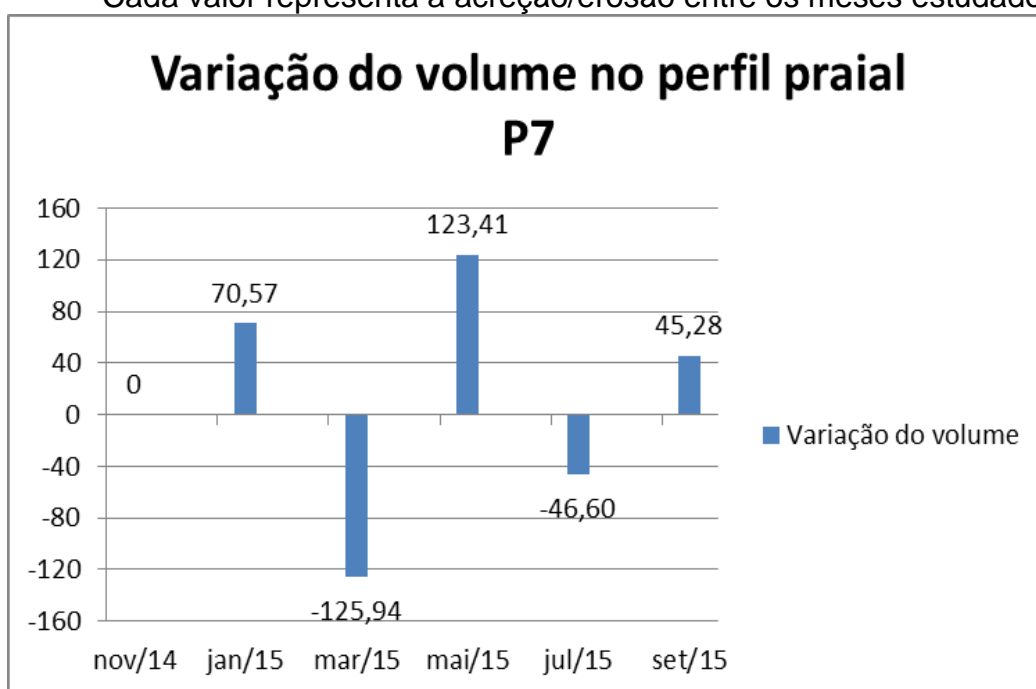
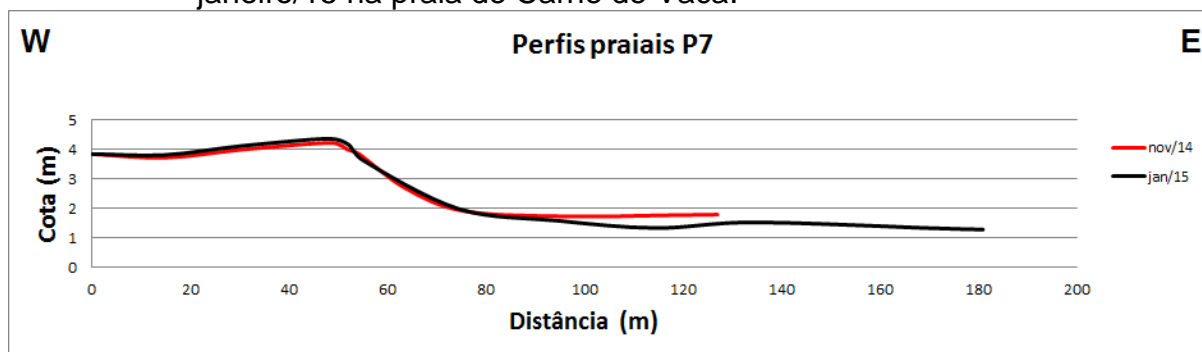
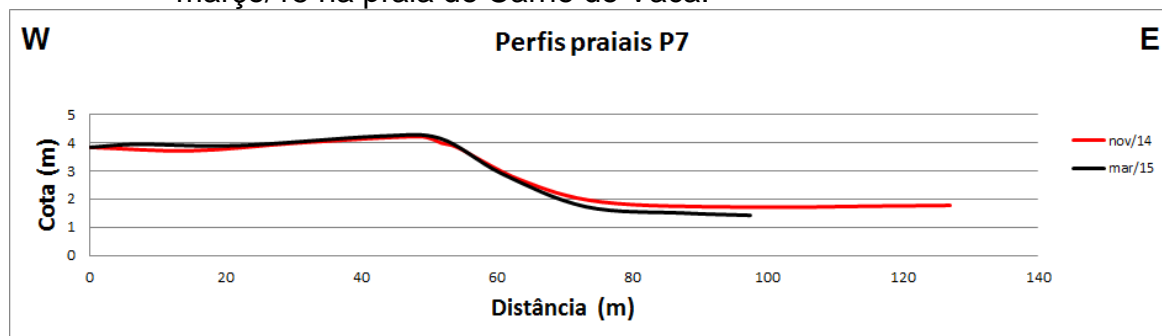


Figura 77 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e janeiro/15 na praia de Carne de Vaca.



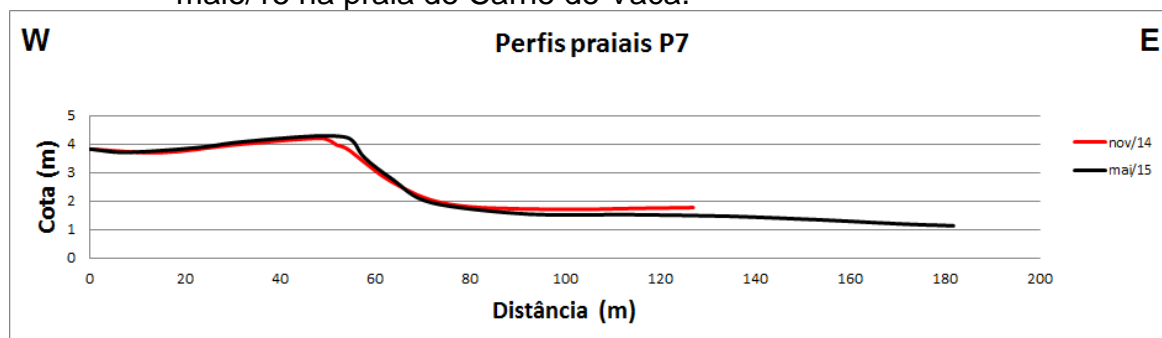
Em março/15, o perfil foi muito semelhante morfológicamente ao mês de novembro/14. A deposição de sedimentos se localizou entre 0m e 20m, porém após os 60 metros de comprimento foi observando um déficit de sedimentos com redução do tamanho total do comprimento do perfil, resultando no perfil com menor volume deste ponto. (figura 78).

Figura 78 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e março/15 na praia de Carne de Vaca.



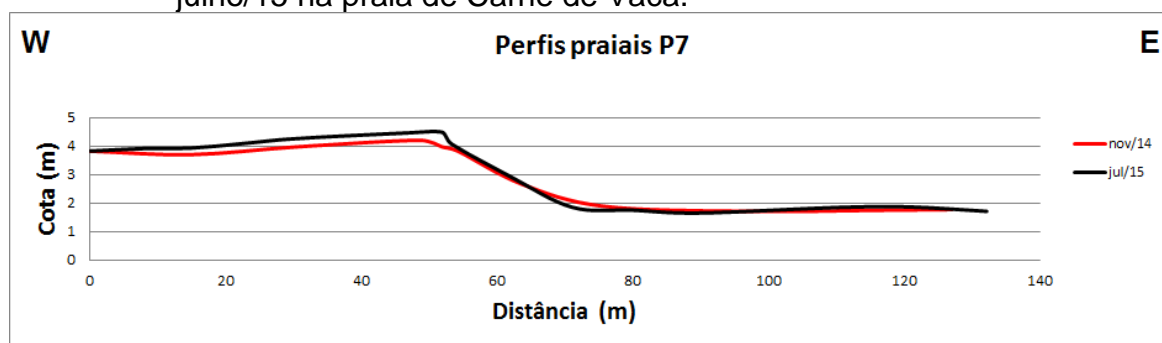
O perfil de maio/15 apresentou um intervalo de erosão entre 80m e 126,99m. Contudo, houve aumento do comprimento total do perfil, que neste mês apresentou o maior comprimento no perfil praias P7, e o ganho de sedimentos ficou localizado na berma, entre 45m e 58m. (figura 79).

Figura 79 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e maio/15 na praia de Carne de Vaca.



Em julho/15 a deposição se localizou entre 0m e 74m apresentando um avanço da berma em 3,2 metros e entre 100 e 132,15m (figura 80). O déficit de sedimentos se localizou entre 63m e 80m e quando comparando com o perfil anterior, houve a redução do comprimento do perfil em 53,91 metros, uma variação do volume de  $-46,60\text{m}^3/\text{m}$ .

Figura 80 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e julho/15 na praia de Carne de Vaca.



No mês de setembro/15 observou-se que o ganho de sedimentos se localizou na pós-praia, no trecho de 10m a 53m e no estirâncio entre 100m e 113m. A erosão ficou concentrada no trecho de 53m a 100m, contudo o perfil teve um acréscimo de 42,25 metros e devido a isso, o volume do perfil teve saldo positivo.

Figura 81 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de novembro/14 e setembro/15 na praia de Carne de Vaca.

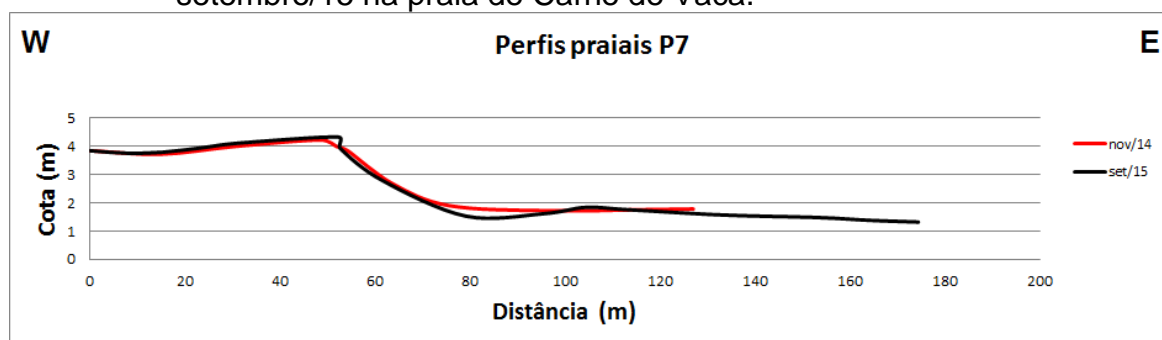
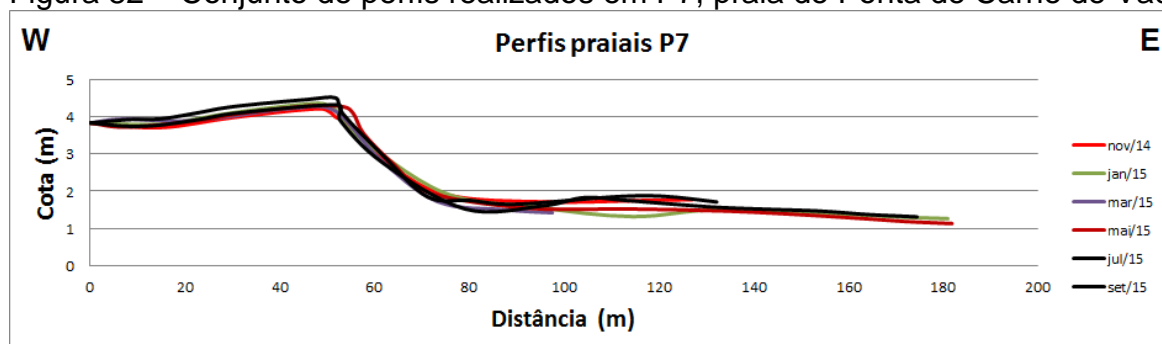


Figura 82 – Conjunto de perfis realizados em P7, praia de Ponta de Carne de Vaca.



Este ponto foi escolhido para a realização do levantamento hidrodinâmico, por ser mais bem representativo devido à ausência de beachrocks. Nos levantamentos realizados nos meses de novembro/14, janeiro/15 e julho/15 foi observado através

do estudo dos padrões de ondas que as alturas médias das ondas foram de 0,82m, 0,83m e 0,82m, o período médio foi de 8,9s, 9,4s e 12,1s, incidindo de forma frontal ( $0^\circ$ ), e a velocidade de corrente foi de 0,14m/s, 0,17m/s e 0,18m/s.

## CAPÍTULO 6 - LINHA DE PREAMAR MÁXIMA

### 6.1 - Generalidades

No período da monarquia, mais precisamente no ano de 1818, foi estabelecido pelo instituto jurídico dos terrenos de marinha e seus acrescidos que pertencia à Coroa Real uma faixa territorial de 15 braças craveiras (33 metros) para o lado de dentro do continente até a linha de onde as águas do mar chegavam (Oliveira, 1966). Estima-se que a justificativa para essa distância é que seria a largura suficiente para permitir o livre deslocamento de um pelotão militar na orla e garantir o livre trânsito para qualquer incidente do serviço do Rei e defesa do país, devido à preocupação da Coroa com as construções que estavam sendo feitas na orla do Rio de Janeiro, que na época era sede do Governo.

Contudo, no final do ano de 1832 houve uma mudança nessa norma jurídica que permanece até os dias de hoje, modificando a referência da medida da faixa de 33 metros, passando a ser a partir da *“linha de preamar média do ano de 1831”* (Oliveira, 1966).

Essa mudança na referência está associada à primeira observação de maré (Mesquita, 2000), realizada no porto do Rio de Janeiro durante todo o ano de 1831, pois como estavam em grande momento de expansão e desenvolvimento socioeconômico, estavam sendo construídas diversas instalações portuárias e de navegação marítima no local.

Devido à grande arrecadação financeira para os cofres da Coroa, foram oferecidos a quem tivesse interesse alguns terrenos de marinha ou dos terrenos acrescidos da marinha, utilizando a média da linha de preamar média medida em 1831.

O Brasil apresenta uma ampla costa litorânea com mais de 7.000 Km de praias, que apresentam belas paisagens, atraindo a atenção de inúmeros turistas durante todo o ano. A economia de muitas cidades brasileiras é voltada para as atividades turísticas e, nos dias de hoje, cada dia mais se observa que não há nem respeito na linha de preamar máxima de 1831, que está defasada devido ao avanço do mar em determinados locais.

Segundo Constituição de 1988, Lei 7.661/88, Art. 10 *“As praias são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre, livre e franco acesso a*

*elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse de segurança nacional ou incluídos em áreas protegidos por legislação específica*”. Tendo em vista preservar este bem público, o presente trabalho documentou a linha de preamar máxima atual para devidos fins.

Esse levantamento visa localizar e monitorar as feições morfológicas da praia através de técnicas de navegação. Com os dados do levantamento pós-processado, o principal objetivo foi rastrear e posicionar os pontos de contorno da linha de preamar máxima.

A movimentação da linha de praia materializada pela linha de preamar máxima atual foi registrada pela identificação e monitoramento de feições morfológicas da praia, as quais são importantes indicadores primários desse movimento.

## 6.2 Levantamento da Linha de Preamar Máxima atual

Foram percorridos 15 km ao longo da linha de costa do município de Goiana, desde praia de Ponta do Funil até o final da praia de Carne de Vaca. As feições morfológicas típicas na praia estudada foram as escarpas de berma identificados (figura 82), a linha de vegetação (figura 83), a linha de deixa (figura 84) e os muros e enrocamentos construídos para preservação das casas (figura 85).

Com a linha de preamar máxima atual, estabelecida em função dos indicadores utilizados, foi revelado um litoral ainda moderadamente preservado com 41% escarpas de berma, 18% com linha de deixa, 10% de linha de vegetação e 31% com construções de vários tipos, na sua maioria muros de contenção podendo ser observado na figura 86. Com isso pode-se dizer que 69% do município encontra-se preservado.

As áreas com maior percentual de obras costeiras, muros e enrocamentos, estão concentradas entre a praia de Ponta de Pedras e a praia de Catuama. Neste local estão localizados os principais condomínios da região que foram construídos na faixa da pós-praia. Além da construção em local inapropriado, esses condomínios impedem o acesso de moradores e turistas à praia. Quando esses trechos não são ocupados pelos condomínios, há a presença de bares e restaurantes. Os trechos com indicadores de escarpas de bermas foram localizados predominantemente no



litoral sul do município, apresentando trechos de “sobre passagem” onde a maré passou da escarpa de berma, marcada pela linha de deixa, sem destruir a mesma.

Foram observadas três situações em relação ao posicionamento da linha de preamar máxima. Na praia de Ponta do Funil, na porção norte do centro de Ponta de Pedras e no Centro de Carne de Vaca, foi constatada a retrogradação da linha de costa.

Nos centros urbanos do litoral do município de Goiana, que são representados pelos trechos que vai da praia de Catuama até a praia de Ponta de Pedras e na praia de Carne de Vaca, não houve variação da linha de preamar máxima. Este fato é resultado das construções de obras de contenção (muros de arrimo e enrocamentos), casas e bares que estão localizadas na própria praia.

Em três locais foi observado que houve progradação da linha de costa ou que não houve variação da mesma. Um pequeno trecho localizado entre a praia de Ponta do Funil e a praia de Catuama, onde está situado o local que foi realizado o perfil praial P2, não apresentou variação da linha de preamar máxima. Na grande maioria do intervalo a norte do centro de Ponta de Pedras, até a praia de Carne de Vaca, houve progradação da linha de costa. Essa progradação variou de 2 metros a 37 metros como no local de coordenadas 9160215N e 298783E. Do centro de Carne de Vaca até o limite norte da área estudada, nas proximidades do Rio Goiana, foi observado que em pequenos locais também houve progradação da linha de costa. Essa progradação pode ser resultado dos espigões que estão retendo sedimentos e dessa forma preservando este setor da praia (figura 88).

Figura 83 – Escarpa de Berma na Praia de Carne de Vaca.



Figura 84 – Linha de vegetação utilizada na definição da linha de preamar máxima.



Figura 85 – Linha de deixa utilizada na definição da linha de preamar máxima.



Figura 86 – Estruturas de muros construídas para conter a ação das ondas sem





Figura 87 – Feições morfológicas utilizadas na identificação da linha de preamar máxima atual.

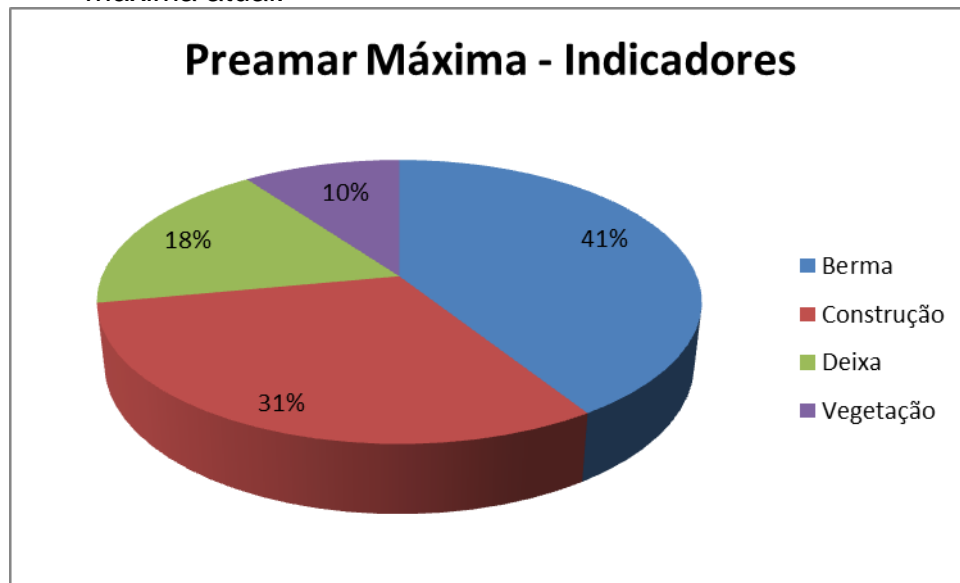


Figura 88 - Espigões construídos na praia de Carne de Vaca





Figura 89 - Mapa com a linha de preamar máxima estabelecida.



## CAPÍTULO 7 - VULNERABILIDADE À EROSÃO MARINHA

### 7.1 - Generalidades

As praias do município de Goiana são áreas turísticas e urbanas em desenvolvimento acelerado tendo em vista as diversas fábricas construídas próximas à região. Com isso, há uma forte tendência de expansão desordenada, com casas construídas próximas à praia, casas que aumentam os terraços, utilizando a faixa da pós-praia, e outros fatores.

As praias representam sistemas transicionais, dinâmicos e sensíveis, em constante ajuste às adaptações dos níveis de energia locais. A principal função das praias é proteger a costa da ação direta da energia do oceano (Hoefel, 1998).

Por se tratar de um ambiente dinâmico, as praias estão sujeitas a um complexo sistema de processos e forças, dos quais são produtos (Manso *et. al.*, 2001). A estabilidade de uma praia ocorre quando a atuação desses processos e forças igualam os ganhos e as perdas de sedimentos. Porém, esse equilíbrio nem sempre é possível, visto que, ao longo do tempo geológico, a ideia de que uma praia natural deve ser estável não é sustentada (Bird & Schwartz, 1985).

Quando a erosão marinha é caracterizada pelo recuo da linha de costa em relação ao continente e decorrente do balanço sedimentar negativo, resulta na perda de importantes *habitats* costeiros, além de grandes perdas econômicas devido à destruição de moradias, praias turísticas, por exemplo. Segundo Bird & Schwartz, *op.cit.*, 70% das praias arenosas do mundo encontram-se em processo de erosão.

Existem alguns fatores que podem ser apontados como causadores de processos de erosão na linha de costa e normalmente estão relacionados: ao fornecimento de sedimentos, à posição relativa do nível do mar (eustasia, movimento crustal e subsidência), à energia das ondas e marés e às obras de engenharia costeiras (Toldo Jr., 2006).

A urbanização a cada dia está mais próxima da linha de costa, o que vem impedindo o processo natural de retirada e reposição de sedimentos na praia, intensificando o processo de erosão e tornando-as mais vulneráveis aos processos erosivos (Lélis, 2003; Esteves, 2004).



## 7.2 - Resultados

No presente trabalho, o grau de vulnerabilidade a erosão marinha seguiu a classificação de Dal Cin & Simeoni (1994), no qual se estabelece três graus de vulnerabilidade:

1. BAIXO – praia bem desenvolvida, sem obras de contenção;
2. MÉDIO – frágil estabilidade, apresenta obras de fixação na área de pós-praia;
3. ALTO – praia reduzida, sem área de pós praia, grande presença de obras de proteção costeira e ocupação desordenada

Durante o levantamento geodésico foi possível observar toda a costa do município de Goiana e dessa forma classificá-la quanto à vulnerabilidade. No trecho entre a praia de ponta do Funil (9150580S, 297828E) e as coordenadas 9153447S e 298743E, distante a norte 0,9km do Ponto 2 do levantamento morfológico, foi observado uma praia com baixa vulnerabilidade, visto que todos os setores da praia (antepraia, estirâncio e pós-praia) foram observados.

O alto grau de vulnerabilidade está presente no trecho de 1,85km, entre o último ponto citado até as coordenadas 9155110S e 299579E. Neste setor, onde há diversos enrocamentos para proteger as residências, vem sofrendo com a ação das ondas e não apresenta mais a faixa do estirâncio. No setor que se localiza 0.6km adiante, há um local de baixa vulnerabilidade.

Entre as coordenadas 9155600S e 299889E e 9156900S e 300601E, que se localizam 0,74km a norte do perfil praial P4, a praia foi classificada com grau médio de vulnerabilidade, tendo em vista a presença de diversas casas e bares localizados na pós-praia e algumas pequenas obras de contenção feitas pelos próprios moradores. Daí em diante, até as margens do Rio Goiana, observa-se um baixo grau de vulnerabilidade, porém este último trecho pode ser subdividido em dois, no qual, um apresenta baixa vulnerabilidade pela estabilidade resultante de obras de contenção, apresentando espigões que estão retendo sedimento e o outro estável sem a presença dessas obras. O trecho estável naturalmente é um local onde há uma reserva de mata atlântica, sendo um local menos urbanizado e de difícil acesso.

Numa análise regional, Reis (2008), caracterizou o litoral no município de João Pessoa predominantemente com moderado grau de vulnerabilidade. Assim como no município de Goiana, os principais pontos de vulnerabilidade são resultados da ação antrópica, pela construção de casas e bares.

Figura 90 – Forma côncava dos recifes algálicos próximo ao perfil praiar P3.







## CAPÍTULO 8 - CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS

Adotada como área de análise, a zona costeira expõe uma série de problemas extremamente essenciais, entre eles a obrigação de harmonizar aspectos diferentes, referentes à manobra de recursos costeiros (pesca, mineração...) com o manejo de riscos costeiros tais como: erosão, enchente, entre outros.

O resultado das causas antrópicas nas zonas costeiras são muito claros, alcançando amplas dimensões. Sendo assim, é importante ter ciência que os ambientes naturais precisam ser entendidos de maneira adequada para que possam ser administrados e resguardados de um jeito racional. As pesquisas realizadas para definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual do litoral do município de Goiana, no Estado de Pernambuco, beneficiaram ao entendimento da circunstância atual das praias do referido município. Através deste trabalho pode-se concluir que:

Os sedimentos foram classificados quanto ao diâmetro médio, predominantemente como areia média (50%), como areia fina (48%) e como areia grossa (2%).

A presença de areia grossa apenas em um perfil é provável que esteja relacionado com eventos de tempestades ou pela remoção dos sedimentos finos por ação das ondas incidentes.

No mês de julho, foi observada a presença de areia média em cinco perfis, indicando que este mês foi o que apresentou maior energia durante o período estudado.

Analizando os perfis estudados constatou-se que em P1, P2 e P5 predominou a fração areia média, enquanto que nos perfis praias P3 e P7 prevaleceu areia fina e em P4 e P6 foi observada a proporção de 50% de areia média e 50% de areia fina.

No que se refere ao desvio padrão, os sedimentos foram classificados predominantemente, como moderadamente selecionados (79%), bem selecionados (14%), pobremente selecionados (5%) e muito bem selecionados (2%).

Tudo indica que a presença de sedimentos pobremente selecionados nas praias do município de Goiana tenha relação com a deposição de sedimentos provenientes da desembocadura dos Rios Goiana e Itapessoca que trazem diferentes frações granulométricas de sedimentos para a zona costeira.

No que se refere à distribuição granulométrica, cinquenta por cento (50%) das amostras apresentaram assimetria negativa ou muito negativa, vinte e um por cento (21%) aproximadamente simétrica e vinte e nove (29%) assimetria positiva ou muito positiva.

Na correlação dos perfis topográficos associados à sedimentologia das amostras, os resultados indicaram que o balanço sedimentar foi positivo (deposicional) em seis pontos, sendo o perfil praial P5, na praia de Ponta de Pedras, onde houve a maior variação com  $+281,5\text{m}^3/\text{m}$ .

O perfil praial P1, na praia de Ponta do Funil, foi o único que obteve variação do volume negativa (retrogradacional) com balanço sedimentar de  $-38,22\text{m}^3/\text{m}$ .

Quanto à definição da linha de preamar máxima atual, substituindo a estabelecida em 1831, foi de suma importância, para que a partir dela, possamos estabelecer para toda linha de costa da área estudada, o disciplinamento do uso do solo, com definição de faixas de recuo adequadas para cada setor estudado.

Com relação à situação atual, foram observadas três situações:

A retrogradação da linha de costa, localizada na praia de Ponta do Funil, na porção norte do centro de Ponta de Pedras e no Centro de Carne de Vaca.

A permanência da linha de preamar máxima, localizada nos trechos entre a praia de Catuama e a praia de Ponta de Pedras e na praia de Carne de Vaca.

A progradação da linha de preamar máxima, que apresentou três localizações, na Ponta do Funil, entre a praia de Catuama e a praia de Ponta de Pedras e do centro de Carne de Vaca até as proximidades do Rio Goiana.

A retrogradação da linha de preamar máxima se localizou nas proximidades do perfil praial P1, que apresentou balanço sedimentar negativo e, dessa forma, confirmou esta hipótese.

A permanência da linha de preamar máxima se deu nos locais mais urbanizados, pois a mesma está estabilizada por obras de contenção (muros de arrimo e enrocamentos), casas e bares que estão localizadas na própria praia.

A progradação da linha de costa no extremo norte é resultado dos espigões que foram construídos e dessa forma o acúmulo de sedimentos vem corroborando para o mesmo. O trecho entre a praia de Ponta de Pedras e a praia de Carne de vaca apresentou locais de progradação de até 37 metros e isso é resultado do acúmulo de sedimentos que foi constatado no levantamento morfodinâmico. Este

local de progradação de 37 metros está situado entre os perfis praias P5 e P6 que apresentaram balanço sedimentar de  $+281,5\text{m}^3/\text{m}$  e  $+153,25\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente.

Com relação à vulnerabilidade, a praia de Catuama é a mais vulnerável à erosão da área em estudo, devido ao grande número de construções que há na pós-praia e até mesmo no estirâncio, apresentando trechos no qual já não existe mais a faixa de praia, o que contribui para aumentar o déficit de sedimentos e, conseqüentemente, causar a erosão das praias. Além disso, no litoral de Goiana são observados diversos recifes algálicos e calcários de Formação Maria Farinha com formato convexo, que difratam as ondas, diminuindo a energia delas na costa, porém na praia de Catuama a forma desses recifes é côncava, havendo menos proteção da costa.

O perfil praias P4, se localiza no setor no qual há maior ocupação entre os pontos onde foram realizados os nivelamentos topográficos, com construções na pós-praia e até mesmo no estirâncio, e não foi constatado erosão. Porém isso pode ser resultado da proteção dos calcários da Formação Maria Farinha e dos recifes algálicos, que neste local apresentam o maior comprimento, servindo como anteparo para a ação das ondas.

No litoral norte, foi constatada a presença de diversos espigões que estão gerando desníveis topográficos nas praias, dificultando o acesso em diversos locais. Além disso, este tipo de obra causa um efeito “dominó”, pois pode alterar o sentido das correntes e assim os fluxos normais dos sedimentos, gerando impacto ambiental e destruindo o aspecto cênico das praias. No litoral sul, a praia de Ponta de Pedras apresenta baixa vulnerabilidade à erosão, devido a menor urbanização, constatado através da presença de todos os setores da praia.

Tendo em vista o aumento do número de indústrias, que tende ao aumento da população no município de Goiana e que apesar de não ter sido constatado erosão no Perfil Praia P4 durante o tempo estudado, de 2006 a 2015 ficou evidente o processo erosivo neste perfil, sugere-se que se continue monitorando todo o litoral, principalmente os trechos com alta vulnerabilidade e os trechos com maior urbanização para que haja o cumprimento da lei 3.438 que estabelece o recuo de 33 metros após a linha de preamar.

## CAPÍTULO 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADGER, W. N. et al., 2005. **Social-ecological resilience to coastal disasters**. Science (New York, N.Y.), v. 309, n. June, p. 1036–1039.
- ALHEIROS, M.M. 1998. **Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 129p.
- ALMEIDA, F. F. M; HASUI, Y; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A., 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8 Campina Grande (PB). Atlas... Campina Grande (PB): SBG, 363 – 391p
- ALMEIDA, J.A.C. 1989 - **Geologia e aspectos paleontológicos da folha de Jacumã, sub-bacia de Alhandra, bacia Pernambuco-Paraíba**. Relatório de Graduação UFPE-CTG – Recife 57p.
- AMARAL, A.J. R., MENOR. E.A. & SANTOS, S.A. 1977. **Evolução Paleogeográfica da sequência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira PE-PB**. Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Campina Grande, 37 - 63p.
- ANDRADE, G.O., 1955. Itamaracá. **Contribuição para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco**. Imprensa Oficial, Recife, 84p.
- ASSIS, H.M.B., 1990. **Estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. 91p.
- BARBOSA, J. A. 2004. - **Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno – Formação Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil**. Dissertação Mestrado, Pós-Grad. Geociências - UFPE, 217p.
- BARBOSA, J.A. (2007). **A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos**. Tese de Doutorado, Recife: Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco;, 256p.
- BARRETO, A. M. F.; LIMA FILHO, M. F.; ALHEIROS, M..M., 1998. **Uso da datação por termoluminescência na Diferenciação de Sedimentos Litorâneos Pleistocênicos e holocênicos no Estado de Pernambuco**. Congresso Brasileiro de Geologia, 40 Anais...., B. H., SBG – MG. 236p.
- BEURLIN, K. 1967a - **Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa**. Bol. Soc. Bras. Geol.; 16(1):43-53
- BEURLIN, K. 1967b. **Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa**. Bol. Geol. São Paulo. 16(1): 73-79.
- BIGARELLA, J.J., 1975. **Reef sandstone from northeastern Brazil (A survey of**

**sedimentary structures).** Anais da Academia Brasileira de Ciência. 47 (supl.):395-409.

BIRD, E. C. F.; SCHWARTZ, M. C., 1985. **The world's coastline.** New York: Van Nostrand Reinhold. 1071 p.

BRANNER, J.C., 1904. **The stone reefs of Brazil their geological and geographical relations with a chapter on the coralreefs.** Vambridge: Museum of Geology. 285p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. 1973<sup>a</sup>. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco.** Recife: Sudene, v. 1 (Boletim Técnico, 26). 354p.

CAMPOS, H.S., 1976. **Estudo das variações isotópicas C13/C12 e O18/O16 em ambientes de formação de rochas de praia na Ilha de Itaparica - Bahia.** Tese de Mestrado - Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia; 55p

CHAVES, N.S., 1996. **Beachroks do litoral pernambucano: Estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis.** Recife. 80p. (Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências/UFPE).

CHAVES, N.S., 2000. **Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beachrocks do Litoral Pernambucano.** Rio Claro. ENESP. 236p (Tese de Doutorado).

CONDEPE. 1980. **Perfil fisiográficos das bacias hidrográficas de Pernambuco.** V. I. Recife, 275 p.

COSTA, J.A., 2002. **Sedimentologia, Hidrodinâmica e Vulnerabilidade das praias no trecho entre a foz do Rio Mamucaba (Tamandaré-PE) e a foz do rio Persinunga (São José da Coroa Grande -PE).**- Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Geociências, Recife. UFPE. 79 p.

CPRH 2003. **Diagnóstico socio-ambiental do litoral norte de Pernambuco.** Recife, Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos, 214p.

DAL CIN, R. & SIMEONI U. 1994. A model for determining the Classification, Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). **Journal of Coastal Research**, 10(1):p.19-29

DARWIN, C.H., 1842. **On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brasil.** J. S.ci. London, london , 19:257 – 261.

DAVIS, R.A., 1978. **Beach and nearshore zone.** In: Davis, R.A. Editor. **Coastal sedimentary environments.** New York: Springer-Verlag. 420p. 237-286p.

DIAS, J. M. A., 2004. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica).** Universidade do Algarve Faro. 84p.

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**. Ver. Brás. Geociências, 20:35-47;208- 215.

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. & MARTINS, L., 1992. **Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast Brazil: roles off sea-level history, trade winds and climate**. Sedimentary Geology. (80): 213-232.

Duane, D.B., 1964. **Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina**. J. Sed Petrol., 34:864-874.

DUANE, D. B. 1964. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. **Journal of Sedimentary Petrology**, 34: 864-874.

DUARTE, X. R., 2002 **Caracterização Morfo-Sedimentológica e Evolução de Curto e Médio Prazo das Praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes – PE. Recife**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE. 141 p.

ECLAC., 2012. **Vulnerabilidad y Exposición - Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe**. Santiago, CL: Naciones Unidas, CEPAL.

EMERY, K.O.& Noakes, L.C., 1968. **Economic placer deposits of the continental shelf. Technical Bull.** Economic Comission for Asia and Far East, U.N., 1: 95-110. Press, 27

EMERY, K.O., 1978. Grain size in laminae of beach sand. **Journal of Sedimentary Petrology**, 48:1203-1212.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W., 1998. The problem of Critically Eroded Areas (CEA): an evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research**, Royal Palm Beach, Florida, SI 26, p. 11- 18.

FERREIRA, R. V., 2008 – **Mapeamento Geomorfológico e de Processos Erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo-PE, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. Tese Doutorado, Pós-Grad. Geociências – UFPE,113p.

FEITOSA, E.C. & FEITOSA, F.A.C. 1986. **Considerações sobre a Bacia Potiguar - Bacia costeira Pernambuco-Paraíba**. *Estudos Geológicos*, Recife, 8: 71-78p.

FEITOSA E.C., FEITOSA, F.A.C., LIRA, H.M.P. 2002. **Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a bacia costeira PE/PB: uma hipótese de trabalho**. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12, Florianópolis, Anais: 4p

Ferreira, Y. A. 1969. **Recifes de arenito de Salvador, Bahia**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41: 542 - 548.

Folk, R.L., 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills Publishing. Austin. USA. 185p.

FOLK, R.L. e WARD, W.C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sea. Petrol.** 27: p. 3-27.

FREIRE, O. D. DA S.; ZAMBONI, A.; MIGUENS, A. P., 2004. **Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão. Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (MPO).** v. 1

FRIEDMAN, G. M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. **Journal of Sedimentary Petrology**, 31: 15-25.

FRIEDMAN, G.M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **J.Sed. Petrol.**, 37:327-354.

GARCIA, G. J. & PIEDADE, G. C. R. 1987. **Topografia aplicada a Ciências Agrárias.** 5º ed. Nobel. São Paulo.

GORNITZ, V., 1991. **Global coastal hazards from future sea level rise Global and Planetary Change.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 89, n. 4, p. 379-398, 1991.

HARTT, C.F., 1870. **Geology and Physical Geography of Brazil.** Boston, Fields, Osgood and Co. 620 p.

HOEFEL, F. G., 1998. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas, uma revisão bibliográfica.** Itajaí: Univali. 92 p.

IBGE., 2010. **Atlas nacional do Brasil Milton Santos.** Rio de Janeiro BR: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 307 p.

JARDIM DE SÁ, E. F., 1987. **Proterozoic granitoids in a polycyclic setting: the Seridó region, NE Brazil.** In: SYMP. ON GRANITES AND ASSOC. MINERAL. [s.l. s.n.], p. 103-110.

KEGEL, W., 1957. **Contribuição ao estudo da Bacia Costeira do Rio Grande do Norte.** Rio de Janeiro. DNPM – Boletim nº 170. 52p.

KENNET, J., 1982. **Marine geology.** New Jersey: Prentice-Hall. Inc. 812p.

LABOREL, J.L – 1965. **Note preliminaire sur les recifes de gres et recifs de coraux dans le nord- est bresillien.** Bulletin 37, n.53, 341-344p.

LELIS, R. J. F., 2003. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul.** Rio Grande.. Monografia de graduação, Fundação Universidade Federal de Rio Grande. 79 p.



LGGM, 1992. **Macrozoneamento Costeiro do Litoral de Pernambuco** – Folha Itamaracá (SB.25-Y-C-VII). Relatório técnico. 45 p.

LIMA FILHO, M. F., Monteiro, A. B., Souza, E. M. 1998. **Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean.** In: IAS 15th, Intern. Cong. Sediment. Abstracts, 504–505.

MABESOONE, J.M. 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). **Journal Sedimentary Petrology**, 34: 715-726.

MABESOONE, J.M.; & ALHEIROS, M.M. 1988. **Origem da bacia sedimentar costeira PE-PB.** Revista brasileira de Geociências, São Paulo, 18 (4): 476 – 482p.

MABESOONE, J.M., 1989. **Geomorfologia da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento.** (UFPE), Recife, UFPE/FINEP/PADACT. Relatório interno 154p

MADRUGA FILHO, J.D., 2004. **Aspectos geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul de Pernambuco.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 234 p.

MANSO, V.A.V.; CORRÊA, I.C.S. ; BARROS, C.E. & BAITELLI, R., 1997 **Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL).** In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. 69 (4).

MANSO, V. A. V; TOLDO JR., E.; MEDEIROS, C.; ALMEIDA, L. E. S. B., 2001. **Perfil praias de equilíbrio da praia de Serinhaém, Pernambuco.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 45- 49.

MANSO, V. do A. V, 2003. **Definição dos Pontos de Contorno da Linha de Preamar Máxima Atual do Litoral do Município de Ipojuca – PE.** Relatório Final. Recife, TERMO DE REFERÊNCIA MMA/PNMA II - SECTMA Nº 249

MANSO, V. DO A. V. et al. Pernambuco. In: MUEHE, D. (Ed.), 2006. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro.** Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente p. 179–196.

MARTINS, L.R., 2003. **Recent Sediments and Grain-Size Analysis.** Gravel, CECO, Instituto de Geociências, UFRGS, 1: 90-105.

MATOS, L.C. 1966. **Geologia e Aspectos Hidrogeológicos da área do Município de Goiana (PE).** UFPE, Escola de Geologia. Relatório de Graduação. 65p.

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. R.; SOUZA, C. R. D. G., 2008. **Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina , Brasil.** Revista Brasileira de Geociências, v. 38, n. 2, p. 278–294.

MESQUITA, A. R. de., 2000. **Sea Level Variations Along the Brazilian Coast: A Short Review.** In: **Praias Arenosas, 2000, Itajaí SC.** Abstracts. Itajaí: Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. v. 1. p. 1-1.

MESQUITA, A. R. de., 2000. **Sea level variations along the brazilian coast: a short review.** In Anais: Symposium on Sandy Beaches. Itajaí, SC, Brasil, 03-06/sep/2000. Itajaí, Ed. UNIVALE.

MEDINA, R.; LOSADA, M. A.; LOSADA, I. J. & VIDAL, C. 1994. Temporal and Spatial relationship between sediment grain size and beach profile. **Marine Geology**, 118: 195-206.

MENDES, J. C. 1962. **Problemas Estratigráficos da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco.** Série Paleontologia, Recife. (1): 5-9.

MENOR, E. A. & AMARAL, A. J. R. 1979. **O comportamento mineralógico da sedimentação fosfática na Bacia Sedimentar Costeira PernambucoParaíba.** IX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal, Boletim (7): 271-282.

MORAIS, J.O. 1970. **Contribuição ao estudo dos “beach rocks” do nordeste do Brasil.** Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco, v.9/11, 79-93p.

MORTON, A.C. 1984. **Stability of detrital heavy minerals in Tertiary sandstones from de North Sea Basin.** Clay Minerals, 19: 287-308

MUEHE, D., 1994. **Geomorfologia costeira.** In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. cap. 6. p. 253-308.

MUEHE, D., 1995. **Geomorfologia Costeira.** In: Guerra. A.I.T. Cunha. S.B.org. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Ed Bertrand, Rio de Janeiro, 273 – 337p.

MUEHE, D., 2006. **Erosão e progradação no litoral brasileiro.** Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente – MMA,

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Potential Impacts of Sea-Level Rise on the Metropolitan Region of Recife, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI 14, p. 116–131, 1995.

OLIVEIRA, E. P. 1940. **História e pesquisa do petróleo no Brasil.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Ser. Publi. Agrícola, 205p.

OLIVEIRA, V. 1942. **Geologia da Planície do Recife.** Contribuição ao seu estudo. Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, Tese de Concurso. Recife-PE, 97p.

OLIVEIRA, M.I.M. 1978. **Os recifes de Natal.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Anais, Recife, SBG. V.2. 838-847p.

OTTMANN, F., 1960. **Une hypothese sur l’origine dès arrecifes du Nordest**

- brésilien.** Comptes Rendus Sommaires des Séances de la Société géologique. France. 175-176p.
- OLIVEIRA, J. E., 1966. **Aforamento e cessão dos terrenos de marinha.** Ed. Imprensa Universitária do Ceará, Fortaleza.
- REINECK, H. E. & SINGH, J. B., 1975. **Depositional sedimentary environments.** Berlin: Springer-Verlag. 439 p.
- READING, H. G. & COLLISON, J.D., 1996. **Clastic coasts.** In: Reading, H.G. (Editor).
- REIS, C.M. M. 2008. **Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à Erosão Costeira.** Estudos Geológicos (UFPE), Recife, v.18, nº 2, p 25 – 36p.
- RUSSEL, R.J.- 1962. **Origin of beach rocks.** In: Zeit. Geomorphology., v.6, 1-16p. Sedimentary and stratigraphy. 3ª edição. Oxford: Blackwell Science, 154-231p.
- SHARPLES, C. **Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Vulnerability to Climate Change and Sea-Level Rise : Explanatory Report.** Tasmania, AU: 116p, 2006.
- SÁ, L. T. 1998. **Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco - Paraíba no trecho compreendido entre Recife, (PE), e João Pessoa, (PB).** Programa de Pós-Graduação em Geociências.-UFPE Dissertação de Mestrado, 147p.
- SAHU, B. K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastics sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, n. 34, p. 73-83.
- SANTOS, E. J. **O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta, Província Borborema.** 1995. 219 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- SHARPLES, C. et al., 2009. **The Australian Coastal Smartline Geomorphic and Stability Map Version 1: Project Report.** Tasmania, Australia: 69p.
- SHEPARD, F.P., 1954 - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, 24: p. 151-158.
- SOUZA, E.M., 1999 - **Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia da Paraíba.** Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 168p.
- SOUZA, E.M., 2006 - **Estratigrafia da Sequência Clástica Inferior (Andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas.** Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 358p.
- SOUZA, C. R. DE G., 2009b. **A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas,**

**Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco.** In: BONONI, V. L. R.;

SANTOS JUNIOR, N. A. (Eds.). . **Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado.** São Paulo, BR: Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 48–69.

SUGUIO K., 1992. **Dicionário de Geologia Marinha.** Queiroz T.A. Ed. São Paulo.

SUGUIO, K. 1998. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 122p.

SUGUIO, K., BARRETO, A. M. F., BEZERRA, F. H. R., OLIVEIRA, P. E., 2004. **Variação do nível relativo do mar no Holoceno em Pernambuco e Paraíba.** in Congresso Brasileiro de Geologia XLII Araxá, BH.

TABAJARA, L. L. & MARTINS, L. R. 2006. **Classificação textural de sedimentos praias e a relação com os processos morfogenéticos eólicos e marinhos.** *Gravel*, 4: 99-107.

TINOCO, I. M. 1971. **Foraminíferos e a Passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco.** Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências – USP. 147 pp.

TOLDO JR., E., 2006. **Obras de Proteção e Estabilização da Praia/ Processos Costeiros.** Porto Alegre. 11 p. (Não publicado).

TRICART, J., 1959. **Problèmes geomorphologiques du litoral oriental du Brésil.** *Cahiers Océanogr.*, 11:276-308.

WADELL, H. A. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. **Journal of Geology**, 40: 443-451.

XAVIER, M. W. 2007. **Caracterização geomorfológica, sedimentológica e aspectos ambientais do litoral de Goiana, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 76 p.

WELTJE, G.J. E VON EYNATTEN, H. 2004. **Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook.** *Sedimentary Geology*, 171: 1-11.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30: 377-392.

WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D., 1983. **Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia.** In: Komar P. D. Ed. **Handbook of coastal processes and erosion.** Boca Raton, CRC Press. P. 35-64.

VAN ANDEL, T.J.H & LABOREL, J.L., 1964. **Recent high sea level stand near Recife, Brasil.** *Science*, 145:580-581.

VOUSDOUKAS M.I., VELEGRAKIS A.F., PLOMARITIS T.A., 2007. **Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts.** *Earth-Science Reviews*, 85:23-46.