



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MARCELO MENEZES DINIZ MADRUGA

**CONTRIBUIÇÕES DA MORFODINÂMICA NO ZONEAMENTO
TERRITORIAL EM GOIANA, LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL**

FORTALEZA

2022

MARCELO MENEZES DINIZ MADRUGA

CONTRIBUIÇÕES DA MORFODINÂMICA NO ZONEAMENTO
TERRITORIAL EM GOIANA, LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire

Coorientador: Dr. Carlos Fernando de Andrade Soares Junior

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M156c Madrugá, Marcelo Menezes Diniz.

Contribuições da morfodinâmica no zoneamento territorial em Goiana, litoral norte de Pernambuco, Brasil / Marcelo Menezes Diniz Madrugá. – 2022.

149 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Coorientação: Prof. Dr. Carlos Fernando de Andrade Soares Junior.

1. Morfodinâmica praial. 2. Profundidade de fechamento. 3. Zona não edificante. I. Título.

CDD 551

MARCELO MENEZES DINIZ MADRUGA

CONTRIBUIÇÕES DA MORFODINÂMICA NO ZONEAMENTO
TERRITORIAL EM GOIANA, LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geologia. Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Aprovado em 19/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Narelle Maia de Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Maamar El Robrini
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Dr. Renê Jota Arruda de Nacêdo
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Profª Drª Rochana Campos de Andrade Lima Santos
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço 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. George Satander Sá Freie, e Coorientador, Dr. Carlos Fernando de Andrade Soares Junior, primeiramente por terem aceitado o convite para orientação do trabalho, além do apoio científico na elaboração desta tese, pelos comentários sempre objetivos, como também pelos conselhos que servirão para a vida toda e por suas amizades.

Aos amigos Bruno César, Diego Dias, Diego Cunha, Diógenes Valença, Felipe Paz, Guilherme Assis, Guilherme Maia e João Alberto pela ajuda nos trabalhos de campo.

A todos que compõem o Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) do Departamento de Geologia (DEGEo), da Universidade Federal do Ceará (UFC) e o do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Aplicada (LGGM) do Departamento de Geologia (DGEO), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

RESUMO

Esta pesquisa realizou a análise das características morfodinâmicas do cordão litorâneo formado pelas praias de Barra de Catuama, Catuama, Ponta de Pedras e Carne de Vaca, localizadas no litoral norte do Estado de Pernambuco, no município de Goiana. A abordagem adotada baseou-se na coleta bimestral de perfis topográficos das praias e amostragem sedimentológica em três setores da praia, que foram executados entre os meses de julho de 2017 e maio de 2019. Ao todo foram coletados dados em sete perfis ao longo de todo o cordão litorâneo estudado. Foi realizada a batimetria na área estudada e assim determinada a profundidade de fechamento da plataforma continental rasa. Com isso, foi possível definir a linha de preamar máxima e estabelecer a zona não edificante. A comparação dos perfis topográficos levantados indicou que o balanço sedimentar foi positivo (deposição) em apenas um ponto do cordão litorâneo estudado. O perfil P4, levantado na praia de Ponta de Pedras, apresentou a menor variação de volume ($-6,27\text{m}^3/\text{m}$), apesar de ser um trecho intensamente ocupado. A correlação dos perfis topográficos com a análise sedimentológica permitiu identificar a influência dos rios Itapessoca e Goiana nos perfis P2, P3 e P7. Os perfis P1, P2, P3 e P7 apresentam composição quartzosa. Contudo, os perfis P4, P5 e P6 são compostos predominantemente no setor de antepraia por sedimentos carbonáticos, principalmente por halimedes. Para a caracterização hidrodinâmica, a área foi subdividida em cinco setores e para cada setor foi estabelecida uma zona não edificante. Para cada setor foi feita uma estimativa otimista e pessimista de avanço do mar até 2100. Todos os setores apresentaram a área de zona não edificante superior aos 33 metros estipulado por lei, sendo o setor 1 o maior deles, com 303,37m de recuo na estimativa pessimista.

Palavras-chave: morfodinâmica praial; profundidade de fechamento; zona não edificante.

ABSTRACT

This research carried out the analysis of the morphodynamic characteristics of the coastal cord formed by Barra de Catuama, Catuama, Ponta de Pedras and Carne de Vaca beaches, located on the northern coast of the State of Pernambuco, in Goiana city. The approach adopted was based on the bimonthly collection of topographic profiles of the beaches and sedimentological sampling in three sectors of the beach, which were carried out between the months of July 2017 and May 2019. The coastal cord studied. Bathymetry was accomplished in the studied area and thus the closing depth of the shallow continental shelf was determined. With this, it was possible to define the maximum high tide line and establish the non-edifying zone. The comparison of the surveyed topographic profiles indicated that the sedimentary balance was positive (deposition) in only one point of the studied littoral cord. Profile P4, surveyed on Ponta de Pedras beach, showed the smallest volume variation ($-6.27\text{m}^3/\text{m}$), despite being an intensely occupied stretch. The correlation of the topographic profiles with the sedimentological analysis allowed us to identify the influence of the Itapessoca and Goiana rivers on the P2, P3 and P7 profiles. Profiles P1, P2, P3 and P7 have quartz composition. However, the profiles P4, P5 and P6 are composed predominantly in the shoreshore sector by carbonate sediments, mainly by halimedas. For the hydrodynamic characterization, the area was subdivided into five sectors and a non-edifying zone was established for each sector. For each sector, an optimistic and pessimistic estimate of the sea advance until 2100 was made. All sectors had a non-building zone area greater than the 33 meters stipulated by law, with sector 1 being the largest of them, with 303.37 m of retreat in the pessimistic estimate.

Keywords: beach morphodynamics; closing depth; non-edifying zone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— (A) Localização do estado de Pernambuco. (B) Localização do município de Goiana. (C) Localização da zona costeira da área estudada.....	23
Figura 2	— Bacia hidrográfica do Rio Goiana em Pernambuco.....	26
Figura 3	— Principais tipos de arrebentação das ondas.....	29
Figura 4	— Tipos de regimes de marés no litoral brasileiro.....	32
Figura 5	— Mapa de localização dos perfis praias.....	34
Figura 6	— Nível pentax com tripé.....	34
Figura 7	— Régua de 5 metros e estacas de ferro.....	35
Figura 8	— Esquema do cálculo de volume de perfil praias. Área do perfil aéreo (m ²) multiplicada por 1 m resultando no volume (m ³ /m)..	37
Figura 9	— Estufa para secagem das amostras do LGGM-CTG-UFPE.....	39
Figura 10	— Peneiras utilizadas para o peneiramento seco no LGGM-CTG-UFPE.....	39
Figura 11	— Receptor utilizado na base para o levantamento da linha de preamar máxima na área de estudada.....	41
Figura 12	— Receptor utilizado no caminhamento para coleta de pontos no levantamento da linha de preamar máxima da área estudada.....	42
Figura 13	— Marco geodésico implantado na área estudada.....	42
Figura 14	— Esquema mostrando as etapas do levantamento batimétrico...	45
Figura 15	— Formações geológicas e depósitos quaternários costeiros representativos da área de estudo.....	49
Figura 16	— Perfil generalizado de uma praia hipotética com suas divisões e morfologia.....	53
Figura 17	— Vista aérea mostrando a localização atual do RN do perfil praias P1. Na imagem é possível comparar a linha d'água de novembro de 2014 e novembro de 2019.....	55
Figura 18	— Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Barra de Catuama.....	57

Figura 19	—	Resultado do processo erosivo no perfil P1. (A) – Localização do nível de referência (RN) em julho de 2017. (B) Situação do nível de referência em março de 2018. (C) Observa-se que a casa foi construída em cima da faixa de pós-praia e em maio de 2018.....	57
Figura 20	—	Vista aérea da barra arenosa que se localiza a nordeste do perfil P1. Esta barra arenosa apresenta 1750 metros de comprimento.....	58
Figura 21	—	Perfis topográficos realizados por Madruga (2017) mostrando que entre 2014 e 2015 já havia um processo erosivo no Perfil.	59
Figura 22	—	Vista aérea da localização do RN dos perfis realizados em P2.	60
Figura 23	—	Vista de norte para sul nas proximidades do perfil praiial P2, na praia de Catuama, mostrando salsas de praia (Ipomea pes-caprae Rottb.) no setor de pós-praia.....	61
Figura 24	—	Variação do volume no perfil praiial P2, nos meses estudados - (* mês de referência).....	62
Figura 25	—	Perfis topográficos realizados no perfil P2, praia de Catuama. - Este perfil não apresentou grandes variações morfológicas entre 2014 e 2015, com pequenas variações de volume.....	63
Figura 26	—	Vista aérea da localização doo RN do perfil praiial P3.....	65
Figura 27	—	Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praiial P3, na praia de Catuama. Observa-se a presença de um tronco de coqueiro derrubado, mostrando o avanço do mar em relação ao continente.....	65
Figura 28	—	Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Catuama (perfil P3).....	67
Figura 29	—	Perfis topográficos realizados no perfil P3, praia de Catuama. O perfil não exibiu grandes variações morfológicas entre 2014 e 2015, apresentando modificações apenas no trecho de 11 a 50 metros e no comprimento total do perfil variou em 130,15 metros devo à deposição de sedimentos no estirâncio, formando uma barra arenosa no intervalo de 110 a 150 metros.....	68

Figura 30	— Vista aérea da localização do RN do perfil praiial P4. É possível observar a presença de diversos recifes submersos.....	69
Figura 31	— Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Ponta de Pedras (perfil P4)..	71
Figura 32	— Perfil Marco do Distrito (Dez/2006).....	72
Figura 33	— Perfil Marco do distrito (Jul/2017). Observa-se como a praia foi erodida, apresentando rebaixamento.....	72
Figura 34	— Perfis topográficos realizados no perfil P4, praia de Ponta de Pedras, em 2014 e 2015. Este perfil apresentou erosão acentuada no estirâncio, entre o trecho de 2 a 68 metros, porém, devido a deposição de sedimentos após este trecho, o perfil apresentou balanço sedimentar positivo.....	73
Figura 35	— Vista aérea da localização do RN do perfil praiial P5.....	74
Figura 36	— (A) Vista para leste do perfil praiial P5 em julho de 2018, mostrando a grande extensão e o volume de sedimentos em uma barra arenosa de composição carbonática. (B) Vista para leste do perfil praiial P5 em março de 2019, mostrando menor volume de sedimentos em frente ao perfil.....	75
Figura 37	— Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na Ponta da Simplicidade (perfil P5)..	76
Figura 38	— Perfis topográficos realizados no perfil P5, entre 2014 e 2015, praia de Ponta de Pedras. As maiores variações neste perfil são nas barras arenosas.....	77
Figura 39	— Vista aérea da localização dos perfis realizados em P6.....	78
Figura 40	— Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 no perfil P6.....	79
Figura 41	— Perfis topográficos realizados no perfil P5, praia de Ponta de Pedras. Entre 2014 e 2015. Observa-se que o perfil de março de 2015 apresentou uma morfologia diferente dos demais.....	81
Figura 42	— Vista aérea da localização dos perfis realizados em P7.....	82
Figura 43	— Vista para sudeste do perfil praiial P7, local de levantamento dos perfis na praia de Carne de Vaca. Ao fundo da imagem,	82

observa-se a presença de espigões que retém sedimentos a montante.....

Figura 44	— Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Carne de Vaca (perfil P7).....	84
Figura 45	— Perfis topográficos realizados no perfil P7, praia de Carne de Vaca, entre 2014 e 2015.....	85
Figura 46	— Classificação textural dos sedimentos no diagrama triangular de Shepard (1954). As amostras dos perfis P1, P2, P3 E P7 foram classificadas como areia. As amostras dos perfis P4e P6 foram classificadas como areia, areia síltica e areia argilosa. As amostras do perfil P5 foram classificadas entre areia e argila/silte arenoso.....	90
Figura 47	— Comparação entre os diâmetros médios na área estudada.....	92
Figura 48	— Comparação entre os percentuais de Seleção na área estudada. Nos setores de estirâncio e pós-praia a predominância foi de areia moderadamente selecionada.....	94
Figura 49	— Comparação entre os valores de assimetria na área estudada.....	96
Figura 50	— Escarpa de berma como indicador da linha de preamar máxima.....	100
Figura 51	— Linha de vegetação como indicador da linha de preamar máxima.....	100
Figura 52	— Linha de deixa com indicador da linha de preamar máxima.....	101
Figura 53	— Construção em Catuama (enrocamento) como indicador da linha de preamar máxima	102
Figura 54	— Indicadores da linha de preamar máxima.....	102
Figura 55	— Restos de construções e rochas do enrocamento espalhados pela praia.....	103
Figura 56	— Fundações do muro expostas pelo processo erosivo.....	104
Figura 57	— Recife e Formação Maria Farinha aflorando na praia. Essas estruturas servem como protetores da praia, pois diminuem a força de incidência das ondas	104

Figura 58	— Falésia localizada na porção norte do município de Goiana em processo erosivo	105
Figura 59	— Mapa de vulnerabilidade do município de Goiana, Pernambuco.....	109
Figura 60	— Espigões construídos no setor 1 de vulnerabilidade moderada.....	110
Figura 61	— Mapa contendo os perfis batimétricos realizados.....	114
Figura 62	— Mapa batimétrico do município de Goiana, Pernambuco.....	116
Figura 63	— Perfil A-A' localizado no extremo norte da área estudada. Este perfil apresenta dois paleocavas.....	117
Figura 64	— Perfil B-B' localizado na porção norte da área estudada. Este perfil é marcado pelas irregularidades dos recifes e também por apresentar 2 paleocavas	117
Figura 65	— Perfil C-C' localizado a sul da praia de Carne de Vaca. Este perfil apresenta forte inclinação a 5300 metros da costa.....	118
Figura 66	— Perfil D-D' localizado na porção norte da área. Este perfil se encontra em uma abertura dos recifes e apresentou a maior profundidade, 14 metros.....	119
Figura 67	— Perfil E-E' localizado no centro de Ponta de Pedras. Este perfil é formado por um fundo rochoso regular, provável banco de corais e apresentou pequena variação de profundidade até 2100 metros da linha de costa.....	120
Figura 68	— Perfil F-F' localizado em Catuama. Este perfil apresenta direção NW-SE e apresentou profundidade máxima de 8 metros.....	121
Figura 69	— Perfil G-G' localizado no setor sul, próximo à Ponta do Funil. Este perfil apresentou um terraço marinho de 300 metros de comprimento.....	122
Figura 70	— Perfil H-H' localizado no extremo sul da área estudada. Este perfil apresentou um banco de areia de aproximadamente 1km. A maior profundidade do perfil foi atingida nos 4000 metros de distância da costa.....	123

Figura 71	— Perfil esquemático adaptado de Short (1999) com posicionamento do limite litorâneo (d1).....	124
Figura 72	— Mapa batimétrico contendo a profundidade de fechamento.....	126
Figura 73	— Setor 1, localizado na porção norte de Goiana. Este perfil apresenta os maiores recuos da linha de costa.....	133
Figura 74	— Recuos otimista e pessimista do setor 2, localizado na Reserva Ecológica Aparauá.....	134
Figura 75	— Recuos da linha de costa otimista e pessimista do setor 3, localizado no centro de Ponta de Pedras.....	135
Figura 76	— Recuos otimista e pessimista para o setor 4. Os menores recuos da área estudada se encontram na área que há a materialização da linha de costa.....	136
Figura 77	— Recuos da linha de costa otimista e pessimista no extremo sul da área estudada.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Parâmetros, classes, pesos e definições para a determinação do grau de vulnerabilidade à erosão costeira.....	44
Tabela 2	— Classificação quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira.....	45
Tabela 3	— Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio no perfil praiar P1 nos meses estudados (* mês de referência).....	56
Tabela 4	— Variação do volume no perfil P1 entre os meses de novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).....	59
Tabela 5	— Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P2 nos meses estudados (* mês de referência).....	61
Tabela 6	— Variação do volume no perfil praiar P2, entre novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).....	63
Tabela 7	— Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P3 nos meses estudados (* mês de referência).....	66
Tabela 8	— Variação do volume de sedimentos no perfil P3, nos meses estudados (* mês de referência).....	68
Tabela 9	— Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P4 nos meses estudados (* mês de referência).....	70
Tabela 10	— Variação do volume de sedimentos no perfil P4 entre 2014 e 2015 (*mês de referência).....	73
Tabela 11	— Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P5 nos meses estudados (* mês de referência).....	74
Tabela 12	— Variação do volume de sedimentos no perfil P5, entre novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).....	77

Tabela 13	—	—	Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praial P6 nos meses estudados (* mês de referência).....	80
Tabela 14	—		Variação do volume de sedimentos no perfil P6, entre 2014 e 2015 (* mês de referência).....	81
Tabela 15	—		Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praial P7 nos meses estudados (* mês de referência).....	83
Tabela 16	—		Variação do volume de sedimentos no perfil P7, entre 2014 e 2015 (* mês de referência).	85
Tabela 17	—		Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi e em milímetros.....	88
Tabela 18	—		Grau de vulnerabilidade à erosão costeira dos setores das praias do município de Goiana. Os parâmetros são: (I) presença ou ausência de pós praia, (II) estruturas de proteção natural, (III) desenvolvimento urbano e (IV) estruturas artificiais.....	107
Tabela 19	—		Parâmetros ondulatórios analisados entre os anos de 2018 e 2019.....	123
Tabela 20	—		Profundidade de fechamento - Limite litorâneo / d1.....	125

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Objetivos do trabalho.....	21
1.2	Hipótese.....	22
1.3	Localização e Vias de Acesso	22
1.4	Aspectos Fisiográficos.....	23
1.4.1	<i>Clima.....</i>	23
1.4.2	<i>Vegetação.....</i>	24
1.4.3	<i>Hidrografia.....</i>	25
1.4.4	<i>Geomorfologia.....</i>	26
1.5	Oceanografia.....	27
1.5.1	<i>Correntes.....</i>	27
1.5.2	<i>Ondas.....</i>	28
1.5.3	<i>Ventos.....</i>	30
1.5.4	<i>Regime de marés.....</i>	31
2	CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
2.1	Levantamento Morfodinâmico.....	33
2.2	Amostragem Sedimentológica.....	37
2.2.1	<i>Tratamento das amostras.....</i>	37
2.2.2	<i>Tratamento dos dados.....</i>	39
2.3	Levantamento da linha de preamar máxima.....	40
2.4	Análise da vulnerabilidade à erosão.....	43
2.5	Levantamento batimétrico.....	45
2.6	Área não edificante.....	46
3	CAPÍTULO 3 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	48
3.1	Depósitos Quaternários.....	48
3.1.1	<i>Depósitos flúvio-lagunares.....</i>	48
3.1.2	<i>Depósitos Aluviais.....</i>	49
3.1.3	<i>Depósitos de Mangue.....</i>	50
3.1.4	<i>Terraços Marinhos Pleistocênicos.....</i>	51

3.1.5	<i>Rochas de praia (beachrocks)</i>	51
3.1.6	<i>Depósitos Litorâneos praias</i>	52
4	CAPÍTULO 4 - MORFODINÂMICA DE PRAIA	54
4.1	Generalidades.....	54
4.2	Perfis de praia.....	55
4.2.1	<i>Perfil de praia P1</i>	55
4.2.2	<i>Perfil de praia P2</i>	60
4.2.3	<i>Perfil de praia P3</i>	64
4.2.4	<i>Perfil de praia P4</i>	68
4.2.5	<i>Perfil de praia P5</i>	73
4.2.6	<i>Perfil de praia P6</i>	78
4.2.7	<i>Perfil de praia P7</i>	81
4.3	Discussão.....	85
5	CAPÍTULO 5 – SEDIMENTOLOGIA	87
5.1	Generalidades.....	87
5.2	Classificação Textural.....	89
5.3	Diâmetro médio.....	91
5.4	Desvio padrão (seleção).....	93
5.5	Assimetria.....	94
5.6	Morfoscopia.....	96
6	CAPÍTULO 6 – LINHA DE PREAMAR MÁXIMA	98
6.1	Generalidades.....	98
6.2	Levantamento da Linha de Preamar Máxima atual.....	99
7	CAPÍTULO 7 - VULNERABILIDADE À EROSÃO MARINHA	106
7.1	Generalidades.....	106
7.2	Resultados.....	107
8	CAPÍTULO 8 – PLATAFORMA CONTINENTAL	111
8.1	Introdução.....	111
8.2	Levantamento Batimétrico.....	113
8.2.1	<i>Resultados</i>	115

9	CAPÍTULO 9 – ÁREA NÃO EDIFICANTE.....	123
9.1	Hidrodinâmica	123
9.2	Profundidade de fechamento.....	123
9.3	Cálculo da Retrogradação.....	125
10	CAPÍTULO 10 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	
	FINAIS.....	138
10.1	Sugestões ao poder público.....	141
	REFERÊNCIAS.....	142

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente o litoral brasileiro vive um aumento do turismo regional, internacional, além do veraneio doméstico. Isso tem resultado em um aumento rápido da ocupação e adensamento de locais que antes estavam preservados. (MMA (2002). Com isso, 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, à ocupação desordenada e urbanização desenfreada 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 (Madruga Filho, 2004).

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 praias.

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 praias 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.

Em geral, para solucionar ou diminuir os danos causados pelo processo erosivo, são realizadas obras de engenharia com caráter de contenção, como enrocamentos, espigões, muros de arrimo, dissipadores de energia, gabiões, entre outros. Essas estruturas também são associadas à alimentação artificial das praias e as presenças de vegetação e dunas. Segundo Cai *et al.*, (2009), ações preventivas são mais indicadas para evitar prejuízos maiores, algumas delas podem ser controle de uso, ocupação e exploração do solo.

Devido à fragilidade da zona costeira, foi criado o Projeto Orla (2002), cuja função é contribuir para a aplicação de diretrizes gerais de disciplinamento de uso e ocupação dessa área que constitui a sustentação natural e econômica da zona costeira, a Orla Marítima. O Projeto Orla é uma estratégia que visa o alcance de benefícios nos níveis nacional, regional e local. O gerenciamento costeiro está focado em uma faixa extremamente frágil, de 200 metros, em que se encontram as Áreas de Preservação Permanente (APP), restingas, vegetações fixadoras de dunas, estuários, manguezais e lagoas (MMA 2002).

O Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA) foi criado em 2018 com planejamento estratégico para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas, através de estudos de análise de risco, vulnerabilidade e impactos relacionados a cenários atuais e futuros, também visando possíveis eventos extremos.

De acordo com o IPCC (2014), o aumento da temperatura no planeta irá ocasionar a elevação do nível do mar, podendo atingir 0,81 metro. Em escala local, mesmo a elevação de pouco centímetros do nível do mar, pode provocar sérios danos socioambientais como erosão, inundações, perda de habitats, resultando em prejuízos ambientais e financeiros (MMA, 2018). De acordo com o *World Bank* (2014), o aumento do nível do mar de 20 centímetros até 2050 nas 22 maiores cidades costeiras latino-americanas, pode resultar em um prejuízo de até 1,2 bilhão de dólares. No Brasil, este prejuízo financeiro não foi calculado, porém os impactos socioeconômicos seriam possivelmente mais restritos, atingindo até as 15 maiores cidades costeiras, resultando em 1300 km (17%) da linha de costa brasileira (PBMC, 2016).

Segundo o PROCOSTA, o conhecimento do que pode acontecer com a atual linha de costa brasileira em cenários de 5, 10, 25, 50 e 100 vai permitir que seja desenvolvida uma estratégia nacional de adaptação, para que haja uma orientação das ações de planejamento e gestão do território nacional, sujeito a mudanças em seus ambientes naturais e antrópicos.

O litoral de Goiana tem passado por problemas erosivos, cujo o município atualmente é composto por uma região de desenvolvimento do Estado com muitos empreendimentos estruturadores, como, os polos automotivo e farmoquímico (Condepe-Fidem, 2010). O grande crescimento econômico decorrente da chegada destes novos empreendimentos urbanos e industriais, poderá resultar em uma crescente modificação do ambiente litorâneo, devido à valorização imobiliária. Como os trechos litorâneos são os mais valorizados, pode-se resultar em uma ocupação desordenada no distrito de Ponta de Pedras. Além disso, a urbanização da orla do município não atende a distância mínima da zona não edificante, instrumento instituído pela Lei Estadual Nº 14.258/2010, que define a distância mínima de uso e ocupação da orla a partir da linha de preamar em direção ao continente.

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.

- No quarto 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.

- O quinto capítulo aborda a sedimentologia, inclusive destacando a classificação textural e morfoscopia dos sedimentos das praias da área estudada

- 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 Reis *et al.* (2008).

- O oitavo capítulo retrata a plataforma continental através do levantamento batimétrico e análise dos sedimentos, destacando a classificação textural dos sedimentos da plataforma continental interna.

- No capítulo nove é abordado a área não edificante, destacando as interações dos fatores físicos, ambientais e humanos justificando a necessidade de se conservar essa parcela territorial.

- E, por fim, o décimo 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 teve como propósito analisar as características geomorfológicas, sedimentológicas, morfodinâmicas, bem como o grau de vulnerabilidade à erosão costeira, procurando destacar as agressões ambientais, que ocorrem nas áreas de praia, como consequência do uso e ocupação do solo.

b) Objetivos específicos:

- I. Monitorar e analisar perfis morfodinâmicos e correlacionar com dados de 2006 e 2014 e 2015 de Xavier (2007) e Madruga (2017), respectivamente.
- II. Identificar e caracterizar as feições geomorfológicas presentes na área;
- III. Definir níveis de vulnerabilidade para diferentes zonas na costa a ser estudada;
- IV. Identificar tendências erosivas/deposicionais na linha de costa no período de dois anos;

- V. Inferir os principais agentes do transporte sedimentar que possam contribuir para o aumento dos processos erosivos ocorridos no sistema praia-antepraia;
- VI. Determinar a influência da hidrodinâmica das ondas, como um atributo fundamental para o zoneamento da plataforma rasa e zona litorânea adjacente;
- VII. Delimitar a zona ativa (profundidade de fechamento) da plataforma continental rasa, determinando os limites litorâneos e oceânicos.

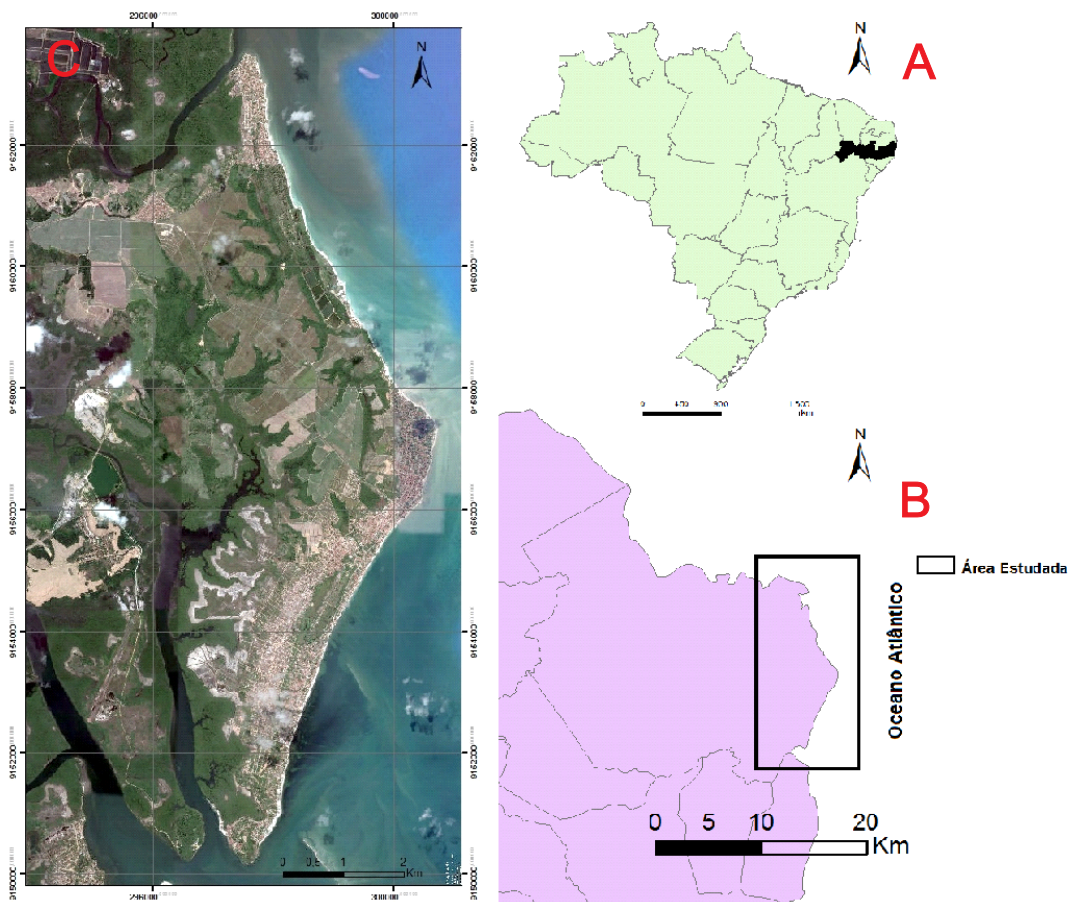
1.2 Hipótese

A preservação de uma área do ponto de vista de urbanização (zona não edificante) contribui positivamente para proteção da zona costeira, diante da perspectiva da subida relativa do nível do mar, consequência das mudanças climáticas globais.

1.3 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 - (A) Localização do estado de Pernambuco. (B) Localização do município de Goiana. (C) Localização da zona costeira da área estudada.



Fonte: O

autor.

1.4 - Aspectos Fisiográficos

1.4.1 - 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.

1.4.2 - 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 a floresta. 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*.

1.4.3 - 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 (Figura 2). 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).

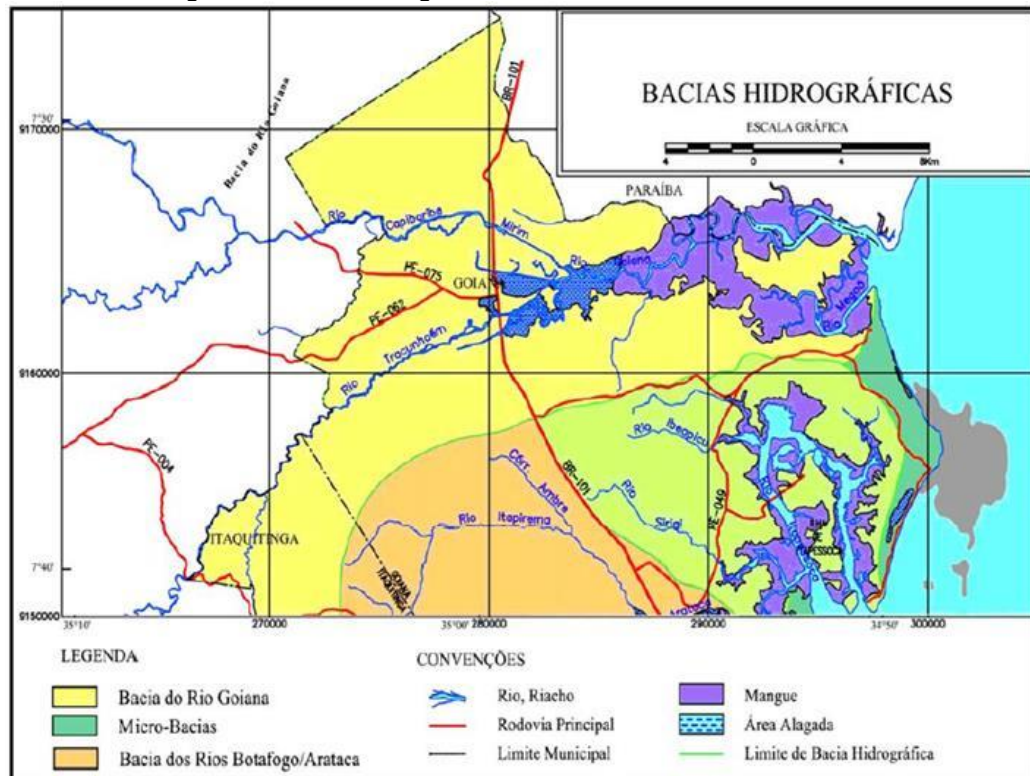
Cerca de 60 km² da bacia do Rio Goiana é formada por uma extensa rede de drenagem originada por pequenos e médios afluentes. No inverno, período de maior precipitação, a calha do Rio Goiana fica inundada; nos meses de estiagem, os terrenos que se localizam nas margens do rio permanecem úmidos devido à impermeabilidade de suas aluviões.

Os rios Carrapicho e Maçaranduba, com ampla foz no litoral, se unem na porção sudeste do município, nas proximidades do Rio Tejucupapo, onde as 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 meandrantés, 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.



Fonte: CPRH (2003).

1.4.4 - 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).

1.5 - Oceanografia

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

1.5.1 - 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° a 58°, essas correntes atingem as maiores velocidades (Larras, 1961; apud Suguio, 1992), porém Muehe (1994) afirma que ângulos superiores a 5° 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 conseqüentemente 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 mesomarsés, 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 (Madruga Filho, 2004).

1.5.2 – Ondas

Nos oceanos, as ondas observadas são geradas pela ação do vento que sopra sobre a superfície da área. Além disso, também existem ondas geradas por abalos sísmicos, como os maremotos, possuindo efeito catastrófico.

As ondas geradas pelos ventos atuam como importantes agentes modificadores de energia. Elas adquirem energia a partir dos ventos, transferem-na por meio da superfície dos oceanos e a descarrega nas zonas costeiras, tornando-se as principais causas de erosão, gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de sedimentos.

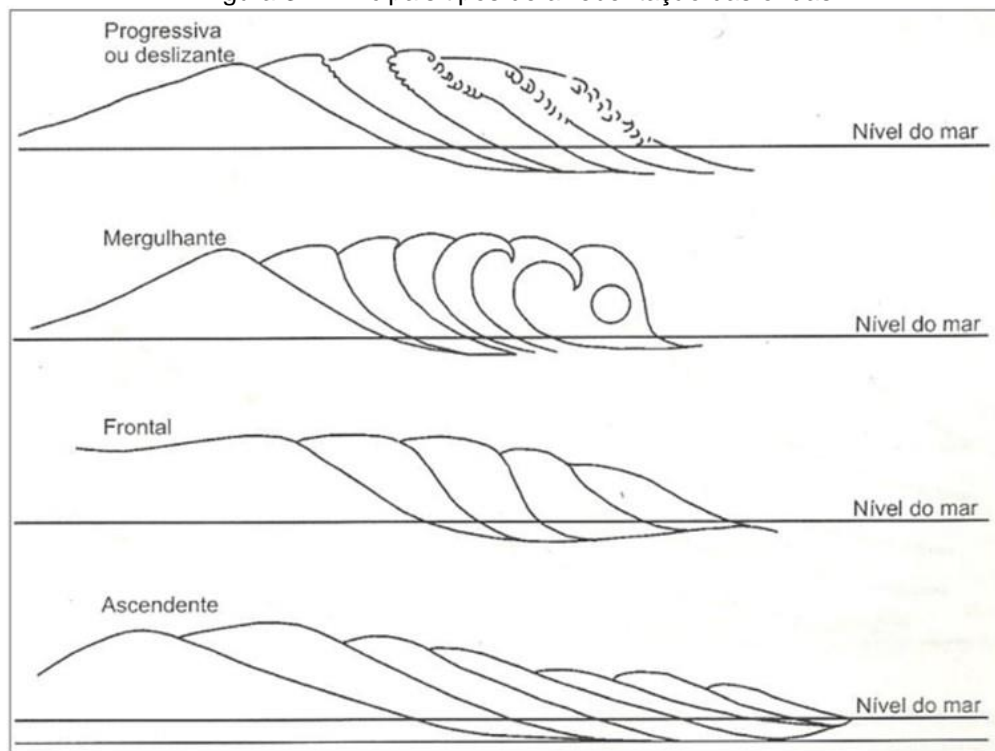
As ondas significativas são geradas durante tempestades e dependem fundamentalmente da velocidade dos ventos, da duração da tempestade e do “*fetch*” (corredor de ventos, ou seja, a pista sobre a qual a tempestade atua). Segundo

KOMAR (1983), quanto maior a duração do “*fetch*”, maior a quantidade de energia potencial adquirida pelas ondas.

As ondas geradas nos locais de tempestade mostram variado espectro. O “*swell*” (ondulação) é formado por processos de dispersão que acabam originando uma sequência regular de ondas. A ondulação viaja pelos oceanos perdendo muito pouca energia. Com isso, em muitos casos, as ondas que promovem erosão em uma determinada costa pode ter sido gerada em áreas de tempestades localizadas a milhares de quilômetros de distância. Quando essas ondas atingem regiões mais rasas, próximas à costa, interagem com o fundo do mar, recifes, barras arenosas, perdendo energia, resultando na quebra da onda e produzindo a arrebentação.

Segundo Villes & Spencer (1995) in Pinheiro *et al.* (2000), os principais tipos de arrebentação são: deslizante (“*spilling*”), mergulhante (“*plunging*”), ascendente (“*surging*”), e frontal (Figura 3). Este último é mais raro.

Figura 3 - Principais tipos de arrebentação das ondas



Fonte: Silva, *et al.*, (2004).

As ondas chegam à costa com alturas diferentes e as mais altas quebram em profundidades maiores do que as mais baixas, formando as zonas de arrebentação. A zona de espraiamento é formada nas praias com baixa declividade, após a

arrebentação, as ondas transformam-se em pequenas vagas que viajam pela zona de surfe até se espalhar na face da praia.

A zona de arrebentação, surfe e espraiamento compreendem uma faixa relativamente estreita. É nesta faixa que a energia trazida pelas ondulações oceânicas é dissipada. O perfil de praia e o tamanho dos grãos dos sedimentos praias dependem da energia liberada nesta faixa, da função do regime de ondas e do tipo de arrebentação.

Dessa forma, regiões submetidas a diferentes estações, como o inverno e verão, e períodos de tempestades apresentam variações nos regimes de ondas ao longo do ano. Essas variações resultam em modificações cíclicas no perfil de praia, devido à movimentação de grandes volumes de areia. Em condições de alta energia as ondas erodem a praia, retirando dali a areia que é depositada em bancos construídos na zona de arrebentação.

Outros fatores que corroboram para a modificação da energia das ondas que incidem sobre a costa são as linhas de recifes. Essa alteração ocorre pela arrebentação das ondas em contato com os recifes e também pela modificação do espectro de ondas resultante que é substituído por ondas de baixa frequência. Além disso, os recifes tendem a concentrar a energia das ondas do lado interno da barreira de recife e a depositar material através dos processos de refração e difração.

1.5.3 – Ventos

Responsáveis pela dinâmica costeira, os ventos são caracterizados principalmente pela sua velocidade e direção, sendo importantes na sedimentação litorânea. Em meio aquoso, estes são responsáveis pela formação das ondas e contribuem para a formação de correntes litorâneas. Além disso, os ventos também influenciam no transporte de sedimentos que ocorre na costa e podem gerar importantes depósitos para o equilíbrio de uma praia, como os campos de dunas, que são uma das principais fontes de suprimentos de areia para a praia.

A área de estudo está situada na faixa de influência dos ventos alísios e de baixas pressões atmosféricas (1,016 m Bar), (MAI, 2008). Os ventos possuem três sentidos dominantes, leste-sudeste, leste-oeste e nordeste. O primeiro é o mais intenso e comum, que leva as águas superficiais no sentido de sul para norte, resultando em um processo de deslocamento de sedimentos paralelo à costa. Os ventos alísios de

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

O regime de ventos E-SE caracteriza-se por ser bastante regular, sazonal, soprando em 90% do tempo com velocidades médias de 3 a 5 m/s. Quando os ventos mudam para o quadrante NE, as correntes se invertem, ou seja, seguem no sentido norte-sul, resultando, em um transporte menos efetivo, pois os ventos são mais brandos.

1.5.4 Regime de marés

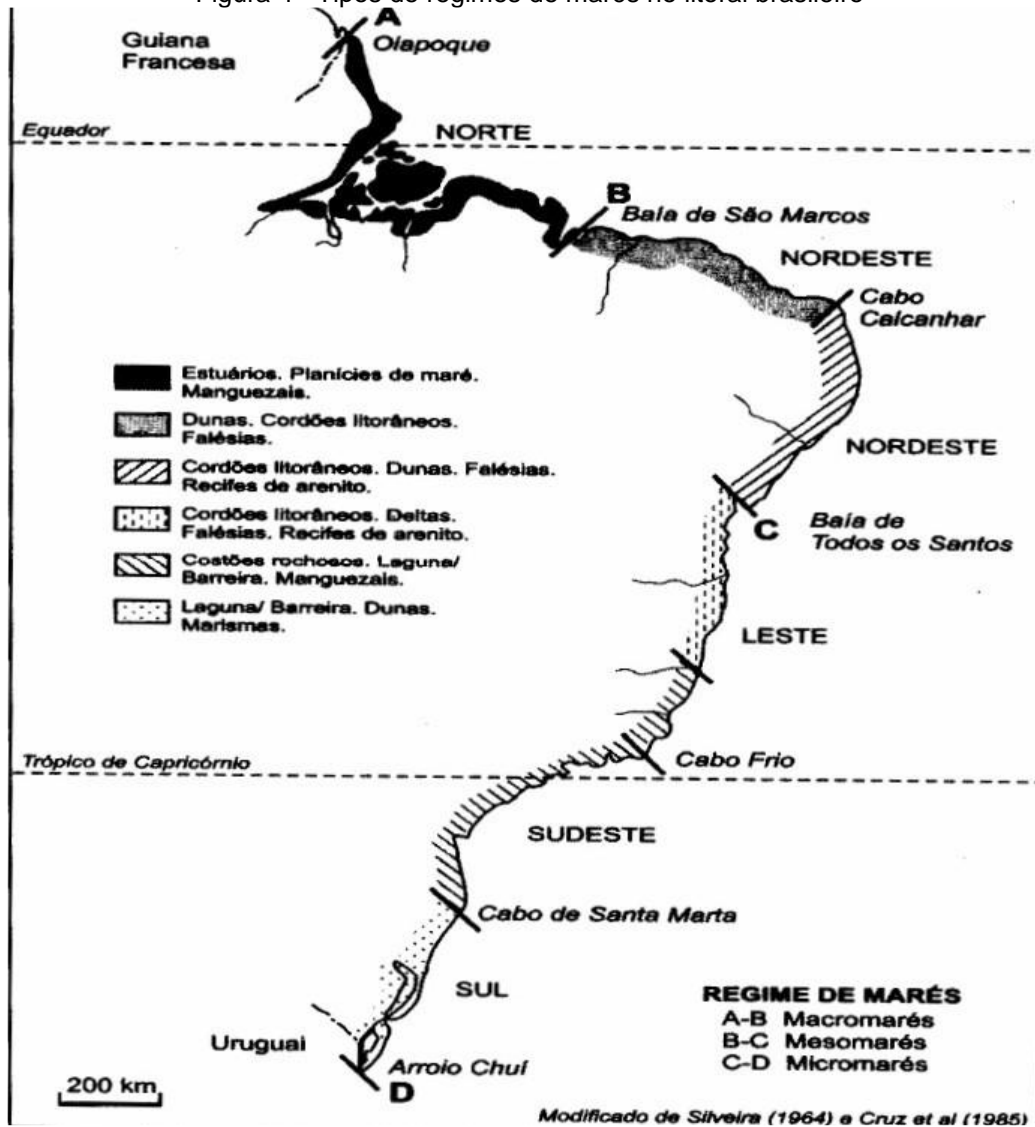
As marés apresentam um levantamento e abaixamento rítmico sobre um intervalo de tempo de várias horas. Elas se traduzem por uma oscilação periódica do nível do mar, de período e amplitude variável no tempo e de um lugar para outro, principalmente devido à atração da lua sobre a terra. Em menor escala, também há a atração gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra. De acordo com Hayes (1979), devido à oscilação periódica do nível do mar inerente a sua existência, as marés constituem-se em importantes agentes da dinâmica marinha e um dos fatores determinantes na geomorfologia de áreas costeiras.

As variações do nível do mar, em função das fases lunares, da latitude, estações do ano, formas da linha de costa, tamanho e profundidades da bacia oceânica, representam mudanças cíclicas de curto período que se processam no litoral. Este período pode ser de doze horas (semi-diurna), vinte e quatro horas (diurna), ou de período variável (maré mista), durante o ciclo lunar. Estas exercem uma grande influência nas feições morfológicas e sedimentológicas das praias e estuários.

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

Souza, *et al.* (2004) subdividiu a costa brasileira em cinco setores (Figura 4), com diferentes regimes de marés. Na área de estudo, as marés que incidem são as meso-marés, dominadas por ondas e sob a ação constante dos ventos alísios.

Figura 4 - Tipos de regimes de marés no litoral brasileiro



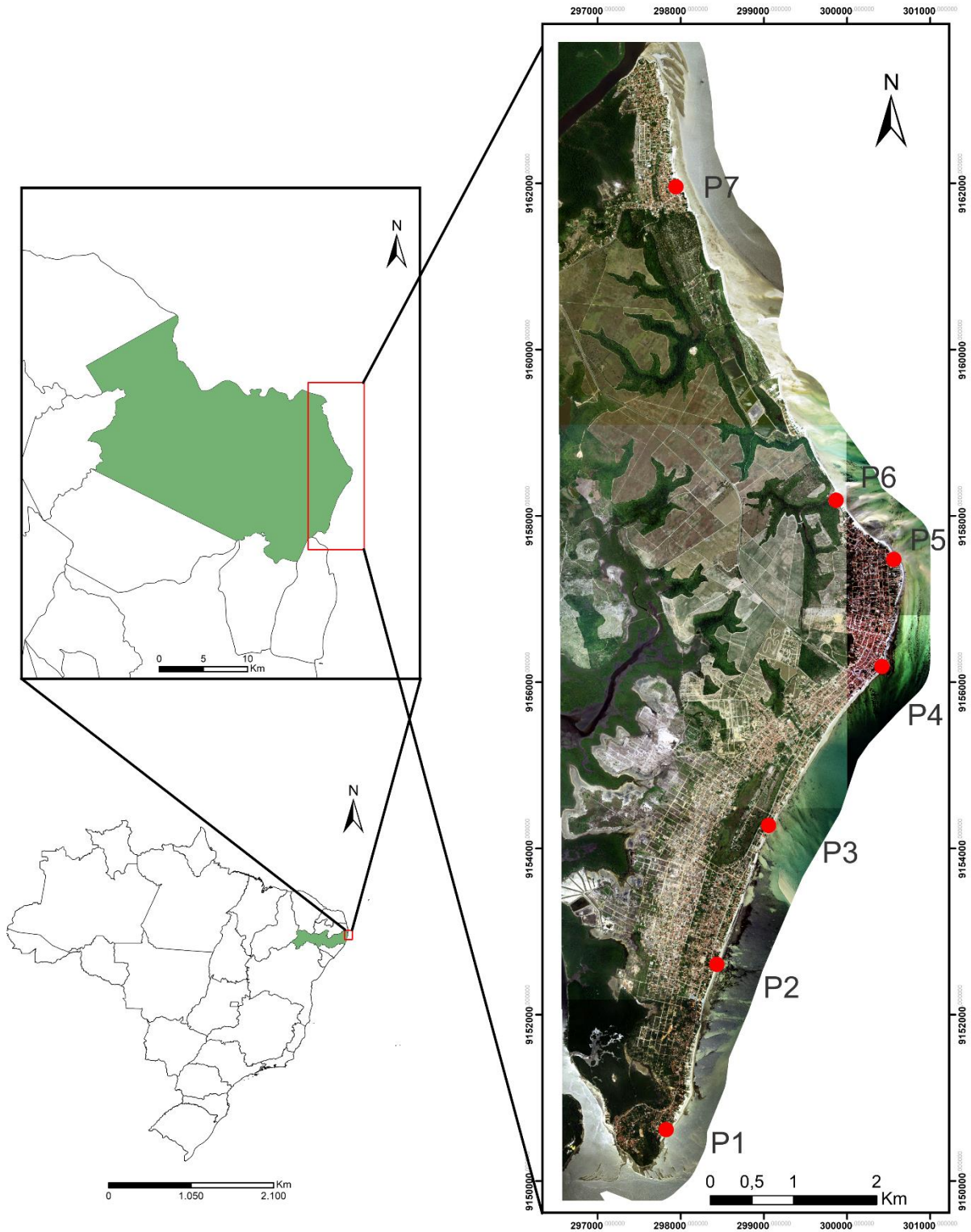
Fonte: Souza et al. (2005).

CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Levantamento Morfodinâmico

Foram realizados levantamentos bimestrais dos perfis topográficos das praias entre o período de julho de 2017 e maio de 2019, total. Foram escolhidos sete perfis dispostos no extremo sul, trecho central e extremo norte da área (Figura 5). Os levantamentos foram executados com um nível pentax com tripé, e mira topográfica auxiliada por miras verticais, posicionadas nos pontos de inflexão dos setores dos perfis das praias (pós-praia, praia ou estirâncio e antepraia), GPS (garmin 12), uma régua de cinco metros, uma trena e sete estacas metálicas para a marcação do perfil (Figuras 6 e 7).

Figura 5 - Mapa de localização dos perfis praias.



Fonte: O autor.

Figura 6 - Nível pentax com tripé.



Fonte: O autor.

Figura 7 - Régua de 5 metros e estacas de ferro.



Fonte: O autor.

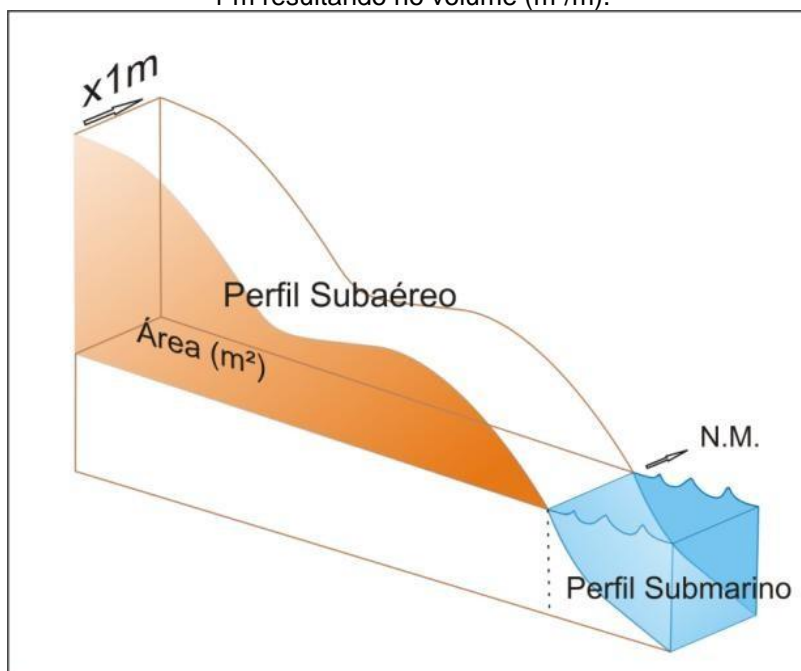
As diferenças de nível entre cada ponto dos perfis foram medidas através das leituras obtidas por meio de visadas horizontais para definir a diferença do nível de cada ponto, e as distâncias dos pontos de visada foram medidas através do uso de trenas. (Garcia & Piedade, 1987). Este procedimento foi realizado antes de cada maré de sizígia, durante o período de maré baixa, em todos os perfis.

Os perfis de praia foram realizados a cada dois meses durante dois anos, 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 25/07/2017 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.

Depois da 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 8).

Figura 8 - Esquema do cálculo de volume de perfil praial. Área do perfil aéreo (m^2) multiplicada por 1 m resultando no volume (m^3/m).



2.2 - Amostragem Sedimentológica

Para os estudos dos tipos de sedimentos constituintes da faixa litorânea da área estudada, foram coletadas amostras, durante as marés de sizígia, nos setores de antepraia, estirâncio e pós-praia em cada um dos sete perfis realizados. Não foram coletadas amostras no setor de pós-praia nos perfis P1 e P3, pois o primeiro não apresentava este setor e o perfil P3 sofreu aterramento. Essa coleta foi feita no mesmo período do levantamento totalizando 228 amostras. Essas amostras foram georreferenciadas através do Sistema de Posicionamento Global – GPS, utilizando-se para tal o equipamento modelo Garmin 12.

Além disso, também foram coletadas amostras da plataforma continental interna. Essa coleta consistiu em 35 amostras distribuídas em frente aos 7 perfis praias, distantes 500 metros entre si.

2.2.1- 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 (Figuras 9 E 10).

Todas as amostras foram submetidas às seguintes etapas laboratoriais:

- 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 passam são menores do que 0,063, conseqüentemente 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 uma delas e embala-se, devidamente identificadas, em sacos plásticos.

Figura 9 – Estufa para secagem das amostras do LGGM-CTG-UFPE



Fonte: O autor.

Figura 10 - Peneiras utilizadas para o peneiramento seco no LGGM-CTG-UFPE



Fonte: O autor.

2.2.2 – 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).

2.3 Levantamento da linha de preamar máxima

No levantamento da linha de preamar máxima, foram coletadas as coordenadas geográficas em campo, e a partir delas, delimitado os trechos em que ocorrem os marcadores da linha de preamar máxima, como escarpa de berma, linha de deixa, linha de vegetação e construções (bares, restaurantes, casas e estruturas de contenção costeira).

Para isso, foi coletado o posicionamento relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic* -RTK), que é baseado em uma estação de referência, cujo receptor é fixado em uma estação de coordenadas conhecidas (figura 11) e um outro receptor que é deslocado para os pontos de interesse (figura 12), transmitindo sinais pelos sistemas globais de navegação por satélite, GPS, Glonass e Galileo. Este último ainda está em fase de implantação. Os dados desse tipo de posicionamento podem ser processados após a aquisição das informações pela coletora PPK - Post Processed Kinematic, ou fornecido em tempo real durante a coleta RTK – Real Time Kinematic.

No posicionamento RTK, os erros envolvidos no processo (ionosfera, troposfera e órbita dos satélites) são proporcionais ao comprimento da linha de base, o que restringe a distância entre a estação de referência e o usuário a poucos quilômetros.

O trabalho de campo foi realizado a partir da instalação da base GNSS através de um referencial geodésico, em que foi seguido o método de posicionamento estático e processo para obtenção das coordenadas georreferenciadas no site do IBGE, efetuando sua configuração com as coordenadas norte e leste em o local de origem e, assim, realizar o processamento de dados. Um marco geodésico foi implementado na área, para servir de referência fornecendo correções instantâneas para estações móveis, fazendo com que a acurácia alcançada alcance a ordem de centimétrica (figura13).

Após a instalação da base, o Rover é movido para cadastrar os pontos da linha de preamar máxima. Neste processo, foi coletado 1 ponto a cada 3 segundos. Posteriormente é realizado o tratamento dos dados no software Autocad Civil 3D 2022,

e a confecção do mapa na escala de 1:42500, identificando a linha de preamar máxima.

Figura 11 - Receptor utilizado na base para o levantamento da linha de preamar máxima na área de estudada



Fonte: O autor.

Figura 12 - Receptor utilizado no caminhamento para coleta de pontos no levantamento da linha de preamar máxima da área estudada.



Fonte: O autor.

Figura 13 - Marco geodésico implantado na área estudada.



Fonte: O autor.

2.4 Análise da vulnerabilidade à erosão

Este levantamento foi realizado juntamente com o levantamento da linha de preamar máxima, com o caminhamento de toda a orla do município de Goiana. Para isto, a vulnerabilidade à erosão foi determinada em função das interações antrópicas e as características naturais da praia de acordo com: a) no ambiente praial foi considerado a presença ou ausência da região da pós-praia. b) estruturas de proteção natural (presença ou ausência de estruturas rígidas, como por exemplo, as rochas de praias); c) desenvolvimento urbano (grau de ocupação); e d) estruturas artificiais de proteção (presença ou ausência e posicionamento).

Para cada um dos parâmetros foram atribuídos classes e pesos. Os pesos aumentam de acordo com o impacto negativo da presença ou ausência dos elementos propostos. No presente trabalho, o grau de vulnerabilidade à erosão foi utilizado para identificar o comportamento da praia a sofrer danos em relação ao seu estado de equilíbrio, causados por fatores antrópicos ou naturais. Com isso, foram somados pesos, os quais foram estabelecidos em uma ponderação de 0 a 3 segundo MARCOMINI & LÓPEZ (2007) em REIS *et al.* 2008, dando como resultado o nível de disposição da praia à erosão marinha (tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros, classes, pesos e definições para a determinação do grau de vulnerabilidade à erosão costeira

PARÂMETROS		CLASSES	PESOS	DEFINIÇÕES
I	Presença ou ausência de pós-praia	Ausente	3	Substituídas pela Urbanização
		Presente	2	Conservadas, com pouca urbanização
		Presente	1	Bem conservadas, sem urbanização
II	Estrutura de proteção natural	Ausente	1	Sem a presença de proteção natural (rochas de praia)
		Presente	0	Presença de proteção natural
III	Desenvolvimento urbano	Baixo	1	Baixa concentração da área ocupada
		Moderado	2	Média concentração da área ocupada
		Alto	3	Alta concentração da área ocupada
IV	Estruturas Artificiais	Ausente	0	Sem estrutura de proteção ou contenção à erosão marinha
		Presente	1	Com estrutura de proteção ou contenção à erosão marinha

(Fonte: Modificado DE MARCOMINI & LÓPEZ (2007) em REIS *et al.* (2008).

O significado ambiental da atribuição do grau de vulnerabilidade está representado na tabela 2 e foi caracterizado conforme descrito abaixo 1 - alto; 2 - moderado; 3 - baixo, descritos a seguir, segunda as atribuições de cada peso.

- 1. Grau de vulnerabilidade alto:** Ausência de pós-praia e estirâncio reduzido; praia com tendência erosiva, presença de estruturas rígidas artificiais de proteção e larga densidade demográfica;
- 2. Grau de vulnerabilidade moderado:** Praia com tendência erosiva; setores de pós-praia e estirâncio pouco desenvolvidos; presença de obras de contenção e média densidade demográfica;
- 3. Grau de vulnerabilidade baixo:** Praia com tendência a progradação; pós-praia e estirâncio bem desenvolvido; ausência de obras artificiais de contenção, baixa densidade demográfica.

Tabela 2 - Classificação quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira.

GRAU DE VULNERABILIDADE À EROSÃO COSTEIRA	
Alto	Entre 7 e 8
Moderado	Entre 5 e 6
Baixo	Entre 0 e 4

Fonte: Modificado DE MARCOMINI & LÓPEZ (2007) em REIS *et al.* (2008).

2.5– Levantamento batimétrico

Este levantamento foi realizado com o emprego de um sonar, equipamento que emite ondas acústicas e captura a parte refletida pelo fundo, calculando a profundidade a partir da velocidade do som na água (tempo de retorno), corrigida de acordo com sua temperatura. O valor de cada profundidade é armazenado em conjunto com a coordenada da posição da embarcação, através do Sistema de Posicionamento Global - GPS. O chartplotter é um equipamento que pode executar as duas funções ao mesmo tempo, sonar e GPS, armazenando os dados na memória interna, e ainda com a capacidade de apresentar esta posição sobre uma carta náutica, permitindo a navegação sobre linhas predefinidas (figura 14).

Figura 14 - Esquema mostrando as etapas do levantamento batimétrico



Foi utilizado o chartplotter modelo GPSMAP 527xs da GARMIN, receptor do sinal de satélite com taxa de atualização contínua de 10Hz conectado a uma sonda com transdutor de 500W de dupla frequência (50/200 kHz), amplitude de feixe entre 10 e 40 graus e profundidade máxima de operação de 450 metros, além de um sensor de temperatura da água.

Para a eliminação da contribuição da maré nas medidas de profundidade, é necessária sua correção em relação a um nível de redução estabelecido pela Marinha

do Brasil, ou seja, a média das baixa-mares de sizígia. A altura da maré é obtida pela interpolação de uma função senoidal entre os estofos de maré fornecidos pela publicação tábua de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, encontrando valores correspondentes a amplitude da onda de maré ao longo do tempo (SOUZA *et. al.*, 2003). Posteriormente, são elaboradas planilhas com as coordenadas e suas profundidades corrigidas, permitindo sua representação num modelo cartográfico confiável.

Neste estudo foram realizados 14 perfis previamente determinados, seguindo uma malha de 1000 metros de intervalo, entre as profundidades de 0 e 7 metros, somando aproximadamente 72km percorridos.

2.6 - Área não edificante

Após a determinação das coordenadas em UTM e ajustadas a base de referência e altitude geométrica (h), utilizaram-se os programas TCGeo e MAPGEO2004, ambos baixados gratuitamente através do site do IBGE. O TCGEO foi utilizado para a determinação das latitudes e longitudes (grau, minuto e segundo e em grau decimal), além da transformação entre os sistemas SAD69 e WGS84. A determinação da profundidade de fechamento foi realizada a partir da equação empírica (1) de Hellermeier (1981):

$$d1 = 2HS + 11\sigma \quad (1)$$

Onde: $d1$ = Profundidade de fechamento do perfil (limite litorâneo da área), aproximadamente a metade da profundidade distal da antepraia.

Calculada a partir de 2 anos de observações de altura de onda (é a profundidade limite do movimento dos sedimentos no fundo marinho, por ação das ondas). H_s = altura média anual das ondas significativas σ = desvio padrão anual médio das ondas significativas. Essa equação foi utilizada por ser adequada para praias de fundo arenoso. O estabelecimento de zona não edificante, para praias arenosas, foi realizado utilizando a equação matemática (2), Lei de Bruun (1962):

$$R = \frac{SLG}{H} \quad (2)$$

Onde:

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m);

S = elevação do nível do mar (m);

L = largura em metros do perfil ativo em final, obtida medindo-se a distância entre a elevação máxima do perfil ativo (altitude da linha de costa) e a profundidade de fechamento (dl,) anual de Birkemeier (1985). Esse valor é medido no mapa batimétrico.

H = altura do perfil ativo (m), que é resultado do somatório da feição emersa ativa na área (duna frontal) com a profundidade de fechamento calculada. (h+ d1)

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo. Este valor devido à dificuldade de ser calculado é considerado como 1.

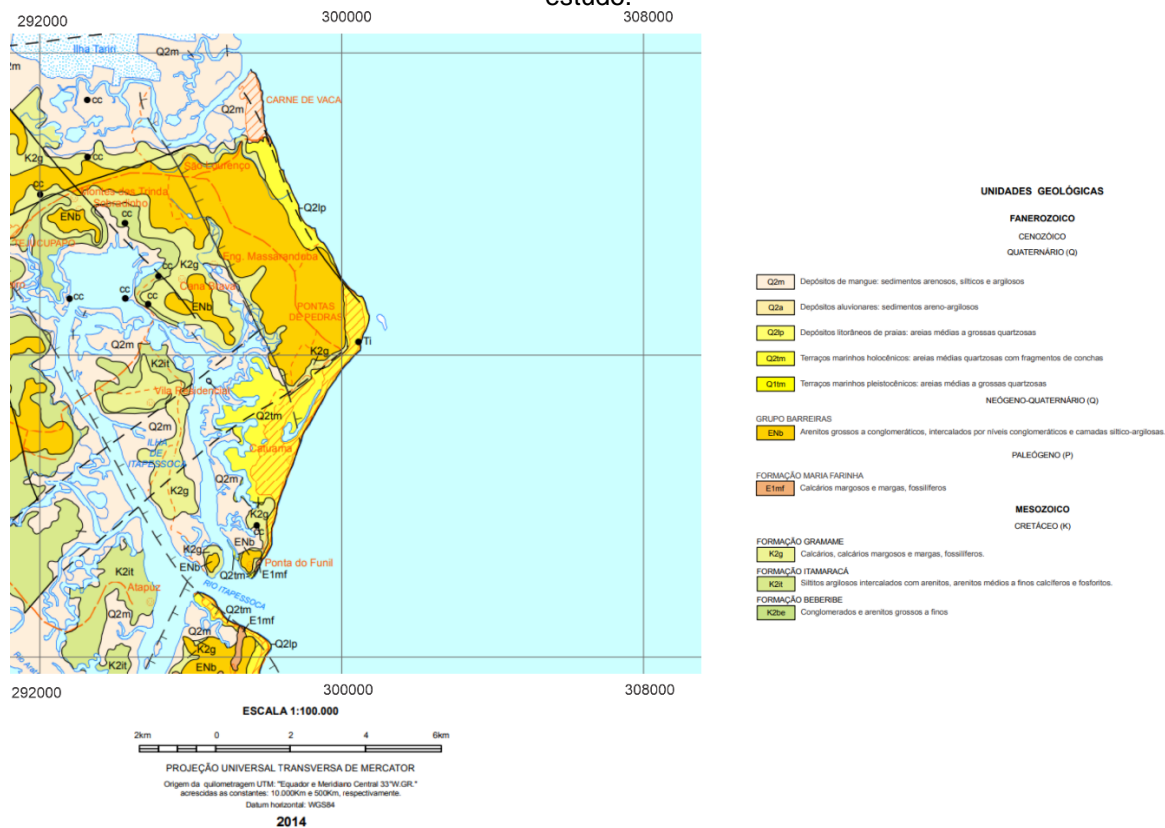
CAPÍTULO 3 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 - Depósitos Quaternários

3.1.1 - 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 (figura 15). 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).

Figura 15 - Formações geológicas e depósitos quaternários costeiros representativos da área de estudo.



Fonte: Modificado da Folha Itamaracá SB.25-Y-C-VI CPRM/UFPE, 2014;

Os Depósitos Flúvio-Lagunares, reúnem as aluviões e os sedimentos lagunares, deltaicos e estuarinos antigos e recentes. Ao longo dos canais mais retilíneos, as aluviões são predominantemente arenosas 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.

3.1.2 - 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.

3.1.3 - Depósitos de Mangue

Os depósitos de mangue atuais ocorrem nas áreas que possuem ação das marés. São característicos de ambientes estuarinos tropicais, na qual a salinidade elevada do solo e o substrato lamoso, resultante da sedimentação fluviomarinha, 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 síltico-argilosos com grande quantidade de matéria orgânica evidenciada pela coloração escura dos mesmos (LGGM, 1992), 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 ilitas.

3.1.4 - 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.

3.1.5 - 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 CO₂ 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.

3.1.6 - Depósitos Litorâneos praiais

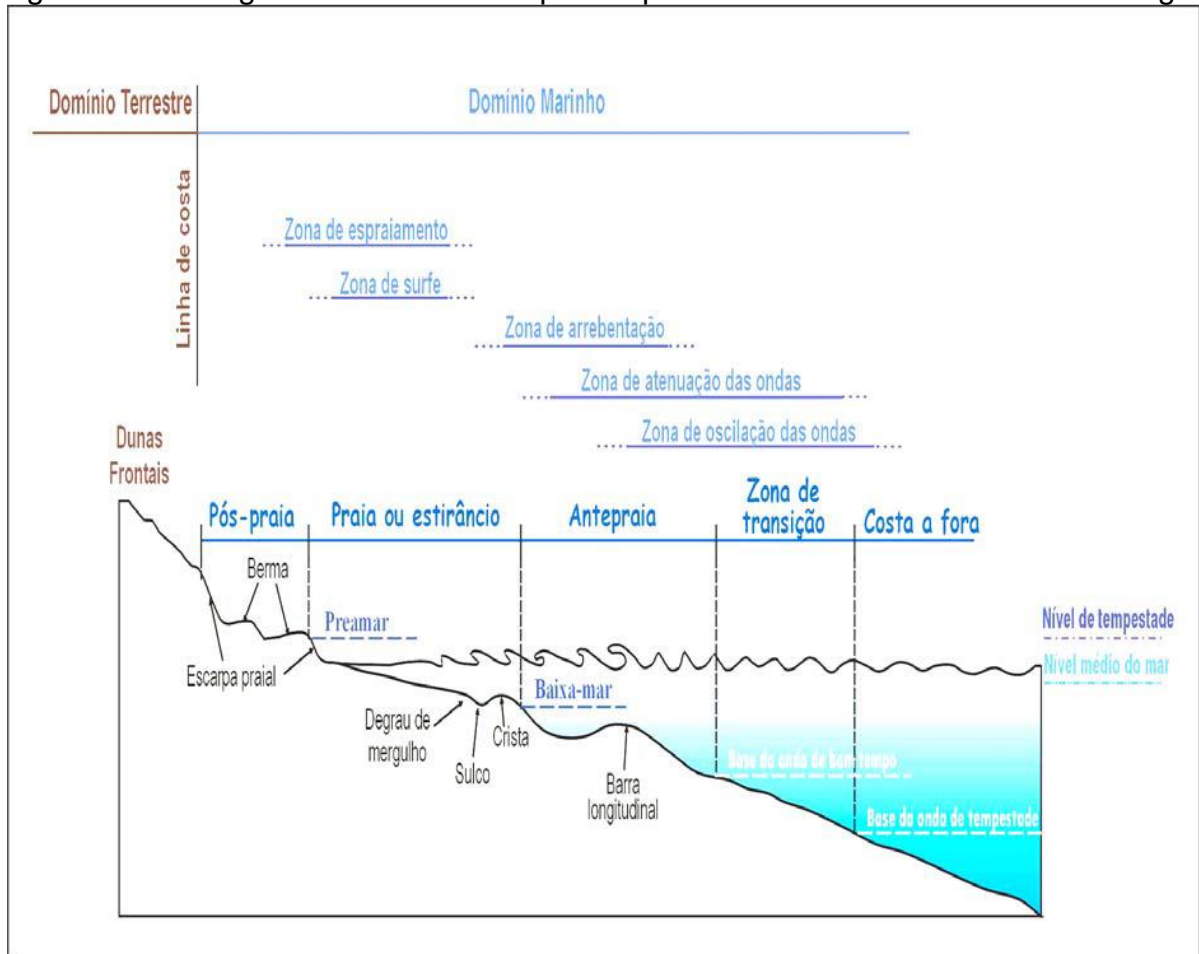
Segundo Muehe (1995) as praias representam “importante elemento de proteção do litoral”, pois são susceptíveis aos processos de erosão acentuados. Esses processos de erosão interferem principalmente no aporte de sedimentos em praias estreitas, como ocorre no litoral norte do município de Goiana. O aporte 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 praiais e a que será adotada é baseada nos autores citados acima, na qual as definições serão transcritas a seguir (figura 16).

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 sizígia 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.

Figura 16 - Perfil generalizado de uma praia hipotética com suas divisões e morfologia.



Fonte: Duarte (2002)

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).

CAPÍTULO 4 - MORFODINÂMICA DE PRAIA

4.1 - 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.

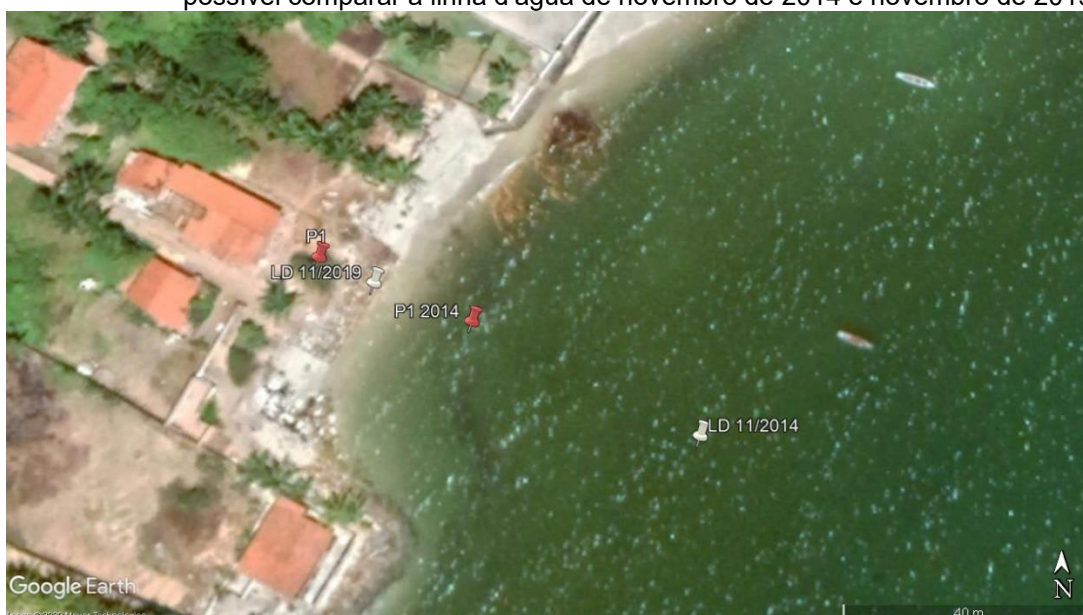
Através do cálculo do volume foi feita a comparação entre os perfis medidos em cada setor no período de um ano, identificando e quantificando os processos de erosão ou deposição neste período, obtendo assim a taxa de acreção ou erosão entre 24/11/2014 e 29/09/2015.

4.2 - Perfis de praia

4.2.1 – Perfil de praia P1

O primeiro perfil localiza-se no trecho sul da praia de Barra de Catuama, próximo a Ponta do Funil, cujas coordenadas UTM do início do perfil na pós-praia são 9150636S e 297806E no *datum* de referência SAD 1969, apresentando precisão de 15 metros (figura 17).

Figura 17 – Vista aérea mostrando a localização atual do RN do perfil praiial P1. Na imagem é possível comparar a linha d'água de novembro de 2014 e novembro de 2019



. Fonte: Google Earth.

Este perfil possui a menor faixa de praia e o menor volume entre os estudados. O comprimento deste perfil variou de 14,49m a 31,69m entre as etapas de levantamento. Suas unidades morfológicas apresentam as seguintes características: ausência do setor de pós-praia, a região de estirâncio apresentou uma largura média de 13,21 metros de comprimento e a declividade variou de 7° a 9°. As ondas que chegam à face da praia são do tipo deslizante. A ausência de pós-praia é resultado das construções de residências em cima desta faixa. Mesmo com o nível de referência marcado em cima de uma construção de concreto, constatou-se erosão no mesmo, havendo perda de 80 cm de altura.

A análise temporal da variação do volume (tabela 3) permitiu verificar que de julho de 2017 a julho de 2018, houve uma tendência erosiva (-22,15m³/m). O mês de

janeiro de 2018 se apresentou de forma estável com variação $-0,12\text{m}^3/\text{m}$ em relação ao mês de novembro. Além de janeiro de 2018, os meses de julho de 2018 e janeiro de 2019 também tiveram variações insignificantes no volume, $+0,27\text{m}^3/\text{m}$ e $+0,49\text{m}^3/\text{m}$ respectivamente.

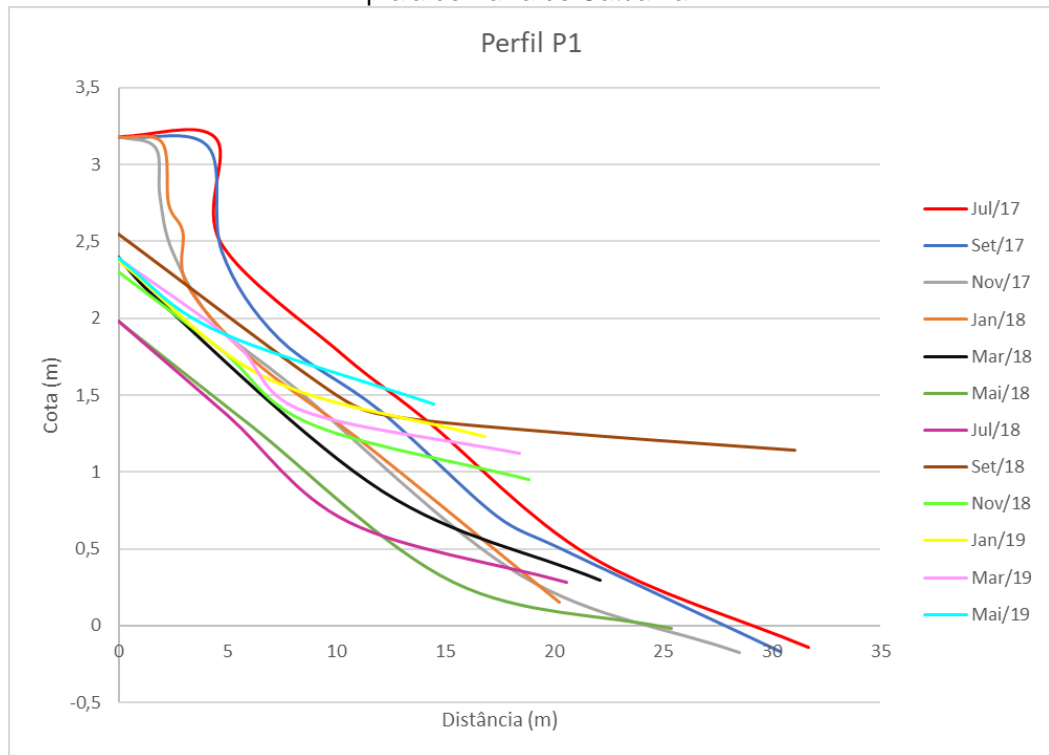
Tabela 3 - Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio no perfil praiial P1 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m^3/m)	$V_{n+1} - V_n$ (m^3/m)	Inclinação ($^\circ$)	Largura Est. (m)
jul/17	40,94	0*	9	21,69
set/17	37,35	-3,59	8	20,41
nov/17	28,78	-8,57	9	18,5
jan/18	28,66	-0,12	9	10,24
mar/18	25,2	-3,46	9	12,12
mai/18	18,52	-6,68	9	15,4
jul/18	18,79	0,27	9	10,6
set/18	46,88	28,09	6	21,05
nov/18	27,28	-19,6	9	8,86
jan/19	27,77	0,49	4	6,85
mar/19	28,8	1,03	5	8,42
mai/19	26,39	-2,41	5	4,49
Média			7,58	13,22
Balanco final		-14,55 m^3/m		

Fonte: O autor.

O mês de setembro de 2018 apresentou o maior volume e o segundo maior comprimento do perfil. Neste mês a sedimentação se concentrou no baixo estirâncio e na antepraia (figura 18). Contudo, em novembro de 2018 o perfil voltou a apresentar um balanço sedimentar negativo e permanecendo praticamente estável até maio de 2019, cujo balanço sedimentar final foi de $-14,55\text{m}^3/\text{m}$. Apesar do balanço sedimentar não ser elevado, o local já apresenta grandes prejuízos devido ao processo erosivo, com a destruição total de algumas residências (figura 19).

Figura 18 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Barra de Catuama.



Fonte: O autor.

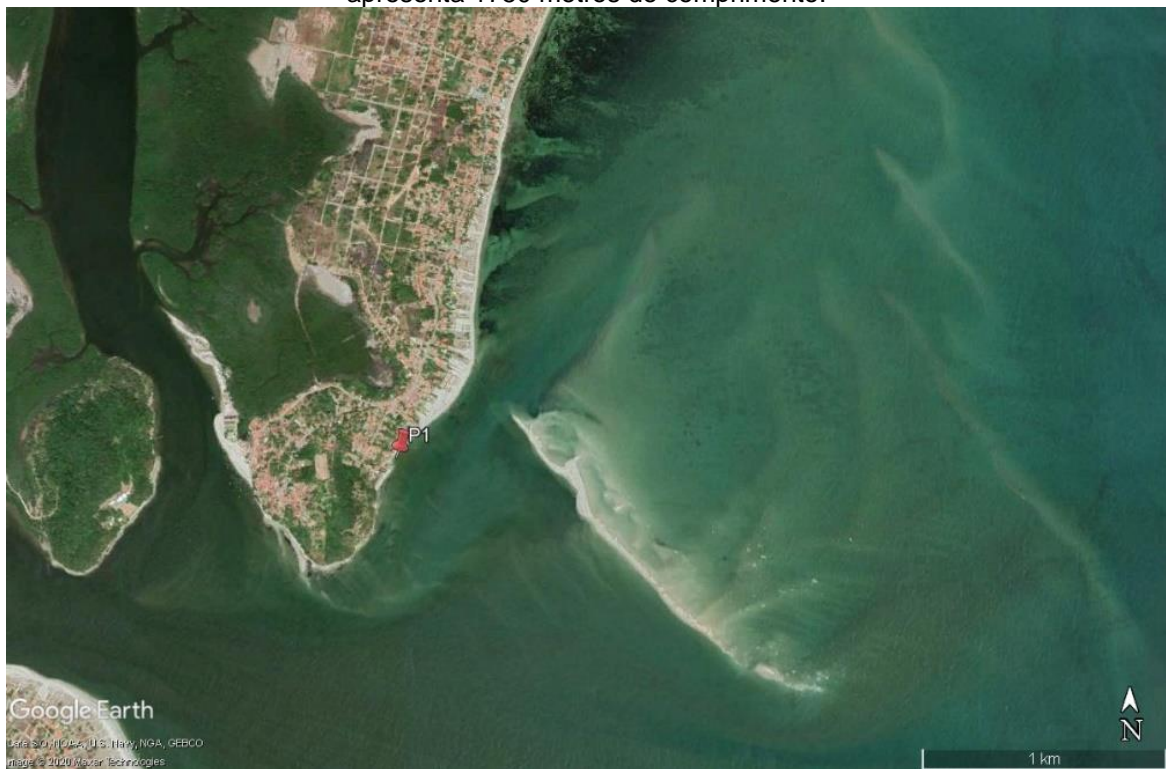
Figura 19 - Resultado do processo erosivo no perfil P1. (A) – Localização do nível de referência (RN) em julho de 2017. (B) Situação do nível de referência em março de 2018. (C) Observa-se que a casa foi construída em cima da faixa de pós-praia e em maio de 2018.



Fonte: O autor.

Por outro lado, apesar desta praia estar passando por um processo de forte erosão, foi observado a presença de uma grande barra arenosa, com 1750 metros emergente, que se movimentou de sudeste do perfil para nordeste do mesmo, no período estudado. Esta barra arenosa é provavelmente proveniente dos sedimentos do rio Itapessoca. Porém, estes sedimentos de alguma forma não chegam à face de praia e contribuem para o processo de deposição. Ao longo do levantamento foi constatado que o banco não se limitava apenas às proximidades do perfil P1, tendo porções submersas desde a desembocadura do rio Itapessoca até a 1,2km a norte do perfil P2 (figura 20).

Figura 20 - Vista aérea da barra arenosa que se localiza a nordeste do perfil P1. Esta barra arenosa apresenta 1750 metros de comprimento.



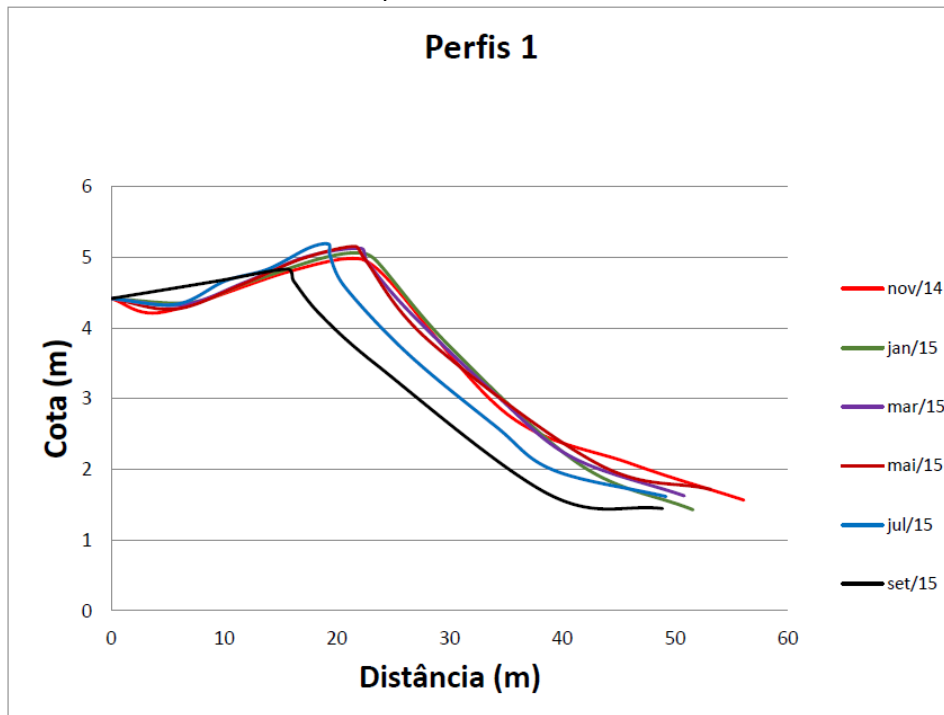
Fonte: Google Earth

Este mesmo perfil foi descrito por Madruga (2017) em uma análise entre novembro de 2014 e setembro de 2015 e foi observado que o antigo ponto utilizado (9150616S e 297826E) como nível de referência se encontra hoje debaixo d'água. Além disso, desconsiderando os níveis de maré, observa-se através da movimentação da linha d'água que o perfil apresentou recuo (erosão) de 55 metros de faixa de praia entre novembro de 2014 e novembro de 2019. Em novembro de 2014, a residência localizada a frente do perfil se encontrava em perfeito estado e ainda havia um jardim

a frente da casa, antes da pós-praia. No período de novembro de 2014 a setembro de 2015 o perfil também apresentou erosão, tendo 19,38% do seu volume perdido.

Segundo Madruga (2017), no levantamento realizado entre novembro de 2015 e setembro de 2015 do perfil P1, já era possível observar um processo erosivo, com o recuo da faixa de pós praia (figura 21) e com o balanço sedimentar negativo (tabela 4)

Figura 21 - Perfis topográficos realizados por Madruga (2017) mostrando que entre 2014 e 2015 já havia um processo erosivo no Perfil.



Fonte: Madruga (2017).

Tabela 4 - Variação do volume no perfil P1 entre os meses de novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /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

Fonte: Madruga (2017).

4.2.2 – Perfil de praia P2

O perfil P2 está localizado a cerca de 2000 metros a norte do perfil P1, nas coordenadas UTM 9152605S e 298435E (figura 22). Este representa o terceiro menor dos perfis estudados e a variação no comprimento foi de 50,35m a 90,81m. A região de pós-praia apresentou em média 18,32 metros de comprimento (tabela 5), e é marcada pela presença de da vegetação *Ipomea pes-caprae*, conhecida popularmente como salsas de praia, que diminui o retrabalhamento dos sedimentos pela ação do vento (figura 23).

Figura 22 - Vista aérea da localização do RN dos perfis realizados em P2.



Fonte: Google Earth.

Tabela 5 - Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P2 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/17	158,75	0*	11	19,17	34,52
set/17	160,3	1,55	11	19,96	30,59
nov/17	167,48	7,18	11	17,25	42,65
jan/18	169,75	2,27	10	20,15	37,71
mar/18	123,87	-45,88	10	16,89	29,4
mai/18	163,63	39,76	10	18,01	38,67
jul/18	153,78	-9,85	10	16,74	33,02
set/18	190,04	36,26	9	19,94	60,87
nov/18	165,19	-24,85	10	19,33	34,83
jan/19	163,98	-1,21	9	18,61	33,76
mar/19	170,43	6,45	6	18,59	40,57
mai/19	131,55	-38,88	7	15,2	25,15
Média			9,50	18,32	36,81
Balanco final		-27,2 m³/m			

Fonte: O autor.

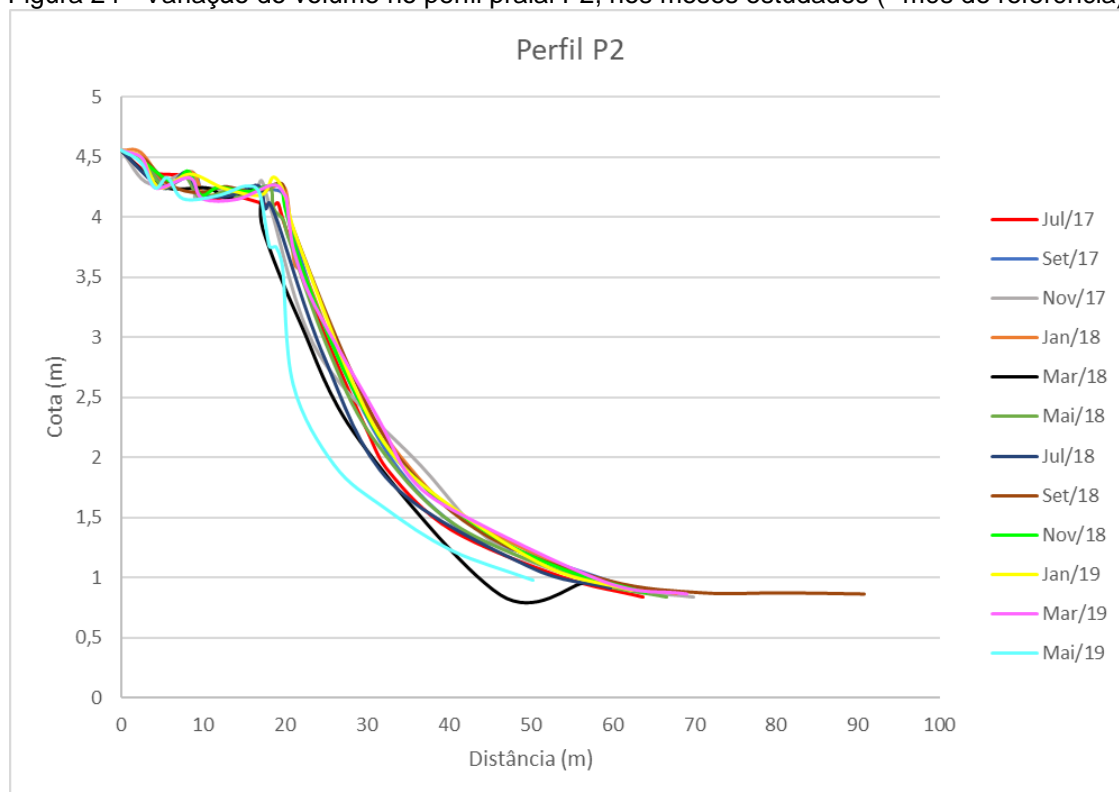
Figura 23 - Vista de norte para sul nas proximidades do perfil praiar P2, na praia de Catuama, mostrando salsas de praia (*Ipomea pes-caprae* Rottb.) no setor de pós-praia.



Fonte: O autor .

Entre os meses de julho de 2017 e janeiro de 2018 houve variação de $+11\text{m}^3/\text{m}$. Este balanço sedimentar foi resultado da sedimentação no trecho de 35 a 46 metros, que embora tenha tido erosão entre 17 e 34 metros, manteve o balanço sedimentar positivo (figura 24). O mês de setembro de 2018 apresentou o maior comprimento (90,81m) e conseqüentemente o maior volume de sedimentos. A berma possui inclinação média de 19° , porém atingiu 40° no mês de março de 2018. O estirâncio apresenta uma declividade média de 10° e a arrebentação é tipo deslizante.

Figura 24 - Variação do volume no perfil praiial P2, nos meses estudados (* mês de referência).



Fonte: O autor.

O balanço sedimentar final deste perfil foi negativo ($-27,2\text{m}^3/\text{m}$), sendo resultado da erosão em todo trecho do estirâncio e da retrogradação da pós praia em aproximadamente 4 metros. Além disso, o mês de maio de 2019 apresentou a maré mínima de 0,3 metro, sendo acima dos outros meses estudados, isso fez com que uma menor faixa de antepraia fosse analisada, diminuindo o comprimento do perfil. A maior variação foi entre os meses de janeiro e março de 2018 ($-45,88\text{m}^3/\text{m}$).

Com exceção dos meses de março de 2018 e maio de 2019 o perfil se manteve com tendência de deposição (balanço sedimentar positivo), sem grandes variações

morfológicas. A variação de volume entre os meses de novembro de 2018 e janeiro de 2019 foi a menor do período estudado, com apenas $-1,21 \text{ m}^3/\text{m}$.

No estudo realizado por Madruga (2017), diferentemente deste trabalho, o perfil P2 apresentou balanço sedimentar positivo ($19,77 \text{ m}^3/\text{m}$) (tabela 6) e o setor de pós praia teve média de 20 metros de comprimento (figura 25).

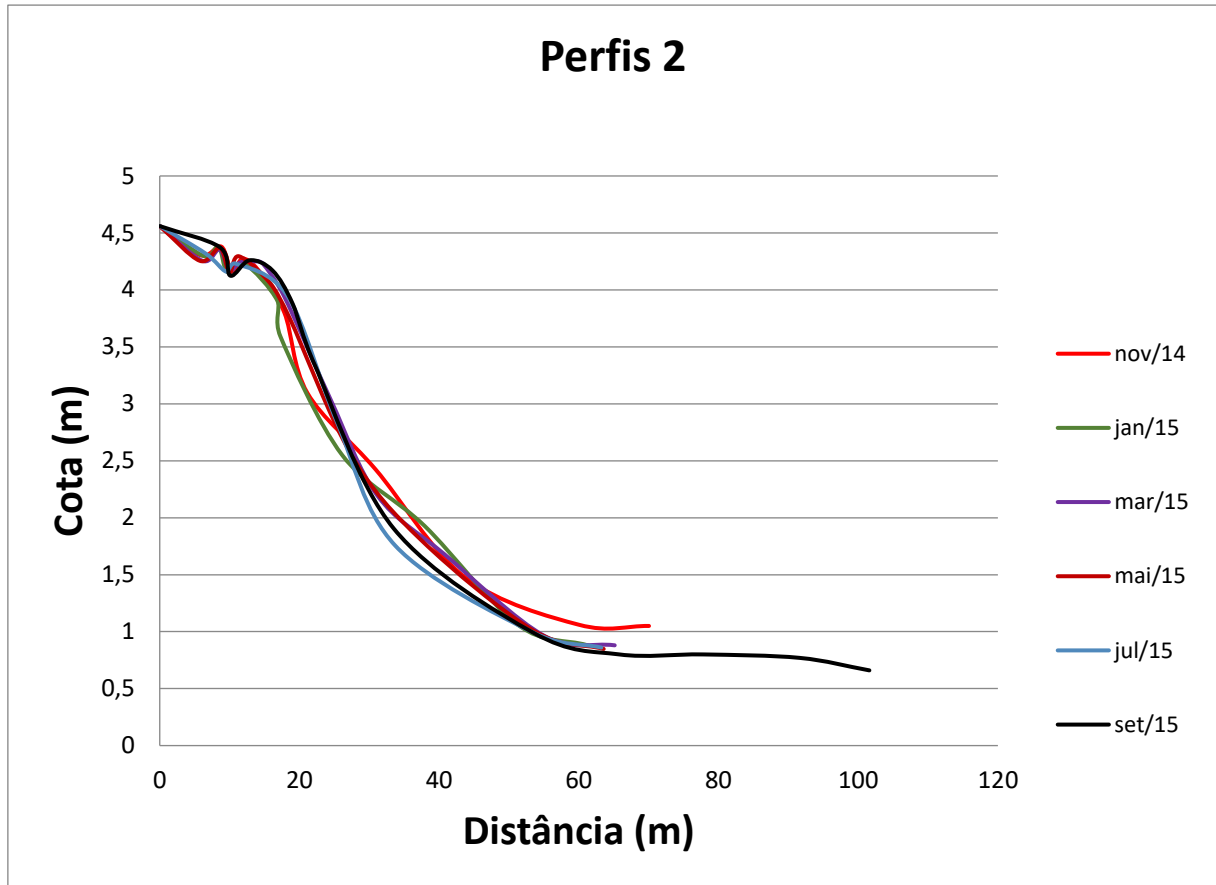
Tabela 6 - Variação do volume no perfil praial P2, entre novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).

Mês	Volume (m^3/m)	$V_{n+1} - V_n(\text{m}^3/\text{m})$
nov/14	170,4	0*
jan/15	156,44	-13,96
mar/15	163,54	7,11
mai/15	160,21	-3,34
jul/15	157,1	-3,1
set/15	190,17	33,07
Média	166,31	X
Balanço final	19,77 m^3/m	

Fonte: Editado de Madruga (2017).

Figura 25 - Perfis topográficos realizados no perfil P2, praia de Catuama. Este perfil não apresentou grandes variações morfológicas entre 2014 e 2015, com pequenas

variações de volume.



Fonte: Madruga (2017)

4.2.3 – Perfil de praia P3

O perfil de praia P3 localiza-se a 1800 metros de distância do perfil praia P2, na Marina de Catuama em Ponta de Pedras, mais precisamente nas coordenadas UTM 9154276S e 299058E (figuras 26 e 27).

Esse perfil foi o segundo menor dos perfis estudados e o que apresentou as maiores variações na inclinação do estirâncio, variando de 5° a 12° (tabela 7). A berma mostrou-se com fortes inclinações, atingindo 54° no mês de março de 2018.

Os perfis tiveram variação de 44,39 a 90,12 metros de comprimento. O mês com maior comprimento foi novembro de 2017, que apresentou o quarto maior volume no período estudado. Apesar deste mês ter sido o de maior comprimento, o perfil apresentou o terceiro menor volume no setor de estirâncio.

Figura 26 - Vista aérea da localização do RN do perfil praia P3.



Fonte: Google Earth.

Figura 27 - Vista de sul para norte nas proximidades do perfil praia P3, na praia de Catuama. Observa-se a presença de um tronco de coqueiro derrubado, mostrando o avanço do mar em relação ao continente.



Fonte: O autor.

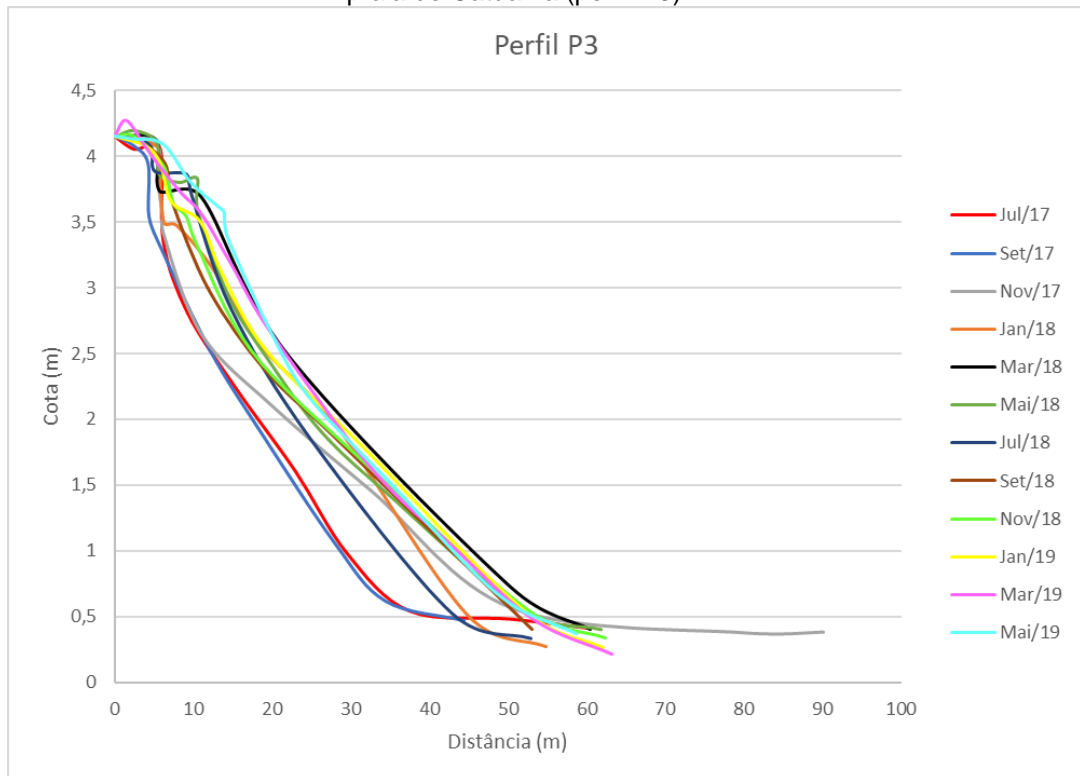
Tabela 7 - Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P3 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP	Largura Est.
jul/17	90,02	0*	7	5,81	44,55
set/17	79,98	-10,04	8	4,28	30,1
nov/17	119,4	39,42	9	5,4	74,72
jan/18	110,04	-9,36	5	5,54	39,34
mar/18	128,27	18,23	9	5,3	45,19
mai/18	119,1	-9,17	6	5,42	46,47
jul/18	104,53	-14,57	12	4,67	38,2
set/18	111,29	6,76	6	6,41	36,72
nov/18	118,3	7,01	8	6,08	46,26
jan/19	121,33	3,03	5	7,24	44,86
mar/19	123,3	1,97	5	3,81	49,41
mai/19	123,87	0,57	4	6,2	42,55
Média			7,00	5,51	44,86
Balanco final		33,85			

Fonte: O autor.

A região da pós-praia apresentou em média 5,51 metros de extensão e a faixa do estirâncio variou de 30,1 a 74,72 metros. As maiores variações nos perfis foram observadas no setor de estirâncio, no trecho de 4 a 50 metros (figura 28). Os levantamentos realizados nos meses julho e setembro de 2017 tiveram os menores volumes de sedimentos, em consequência da baixa quantidade dos mesmos no trecho de 4 a 40 metros. Diferentemente desses dois meses, em novembro de 2017, houve grande sedimentação no trecho de 20 a 90 metros, resultando no mês com maior comprimento no período estudado. Em março de 2018 o perfil atingiu o maior volume (128,27 m³/m) e isso foi consequência da deposição em todo setor de estirâncio.

Figura 28 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Catuama (perfil P3).

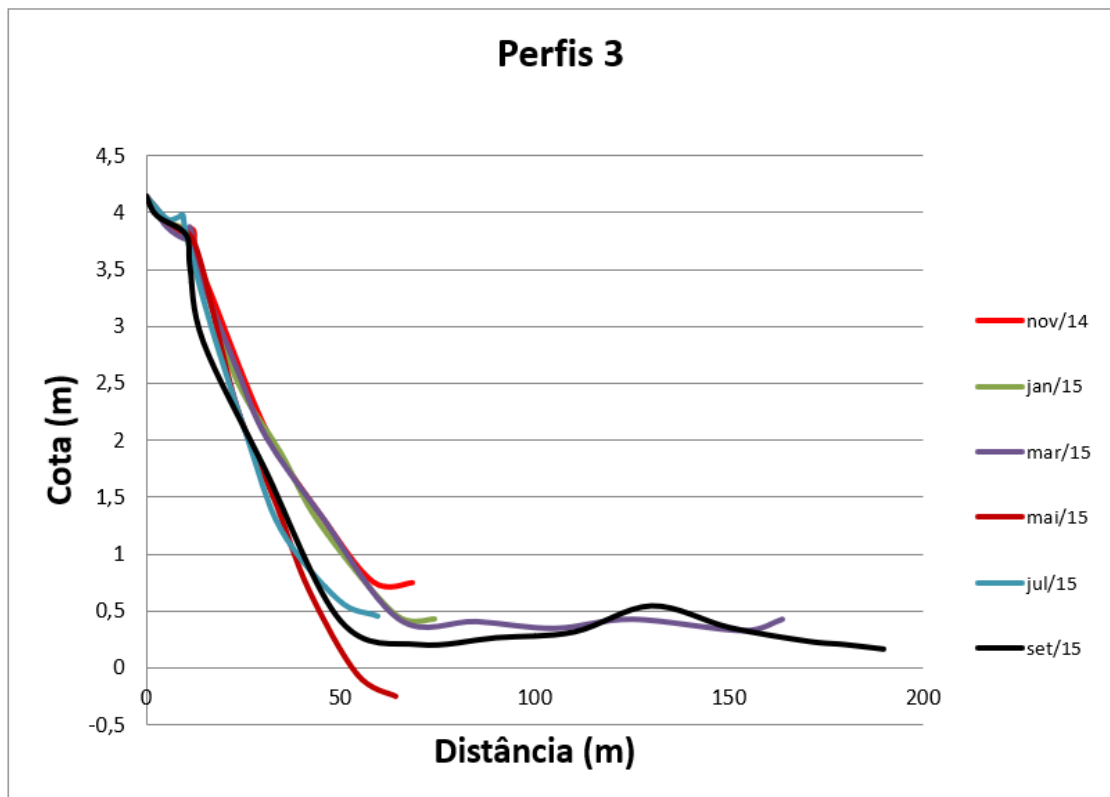


Fonte: O autor.

O perfil apresentou cinco meses de deposição, entre julho de 2018 e maio de 2019, porém esse acréscimo no volume de sedimentos foi muito baixo, totalizando apenas 19,34 m³/m. O mês mais estável foi maio de 2019 que apresentou variação de +0,57 m³/m. Nesses meses o perfil foi muito semelhante no trecho de 20 a 60 metros. A maior variação de volume ocorreu no mês de novembro de 2017 que teve deposição de 39,42 m³/m.

No levantamento realizado por Madruga (2017) foi observado que o perfil não exibiu grandes variações morfológicas entre 2014 e 2015, apresentando modificações apenas no trecho de 11 a 50 metros e no comprimento total do perfil variou em 130,15 metros devido à deposição de sedimentos no estirâncio, formando barra arenosa no intervalo de 110 a 150 metros (figura 29). Comparando os perfis atuais com os realizados por Madruga (2017), observa-se uma semelhança na morfologia e também no balanço sedimentar que foi positivo em ambos e diferem em apenas 4,19m³/m (tabela 8).

Figura 29 - Perfis topográficos realizados no perfil P3, praia de Catuama. O perfil não exibiu grandes variações morfológicas entre 2014 e 2015, apresentando modificações apenas no trecho de 11 a 50 metros e no comprimento total do perfil variou em 130,15 metros devido à deposição de sedimentos no estirâncio, formando uma barra arenosa no intervalo de 110 a 150 metros.



Fonte: Madruga (2017).

Tabela 8 - Variação do volume de sedimentos no perfil P3, nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /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

Fonte: Madruga (2017).

4.2.4 - Perfil de praia P4

O perfil de praia P4 está localizado na porção norte de Ponta de Pedras, nas coordenadas UTM 9156188S e 300420E e ficou posicionado a aproximadamente 2400 metros do perfil P3 (figura 30). Este perfil é o mais urbanizado e o local mais

visitado das praias do litoral norte de Pernambuco, por isso apresenta diversas residências e bares localizados na faixa de pós-praia.

Figura 30 – Vista aérea da localização do RN do perfil praia P4. É possível observar a presença de diversos recifes submersos.



Fonte: Google Earth.

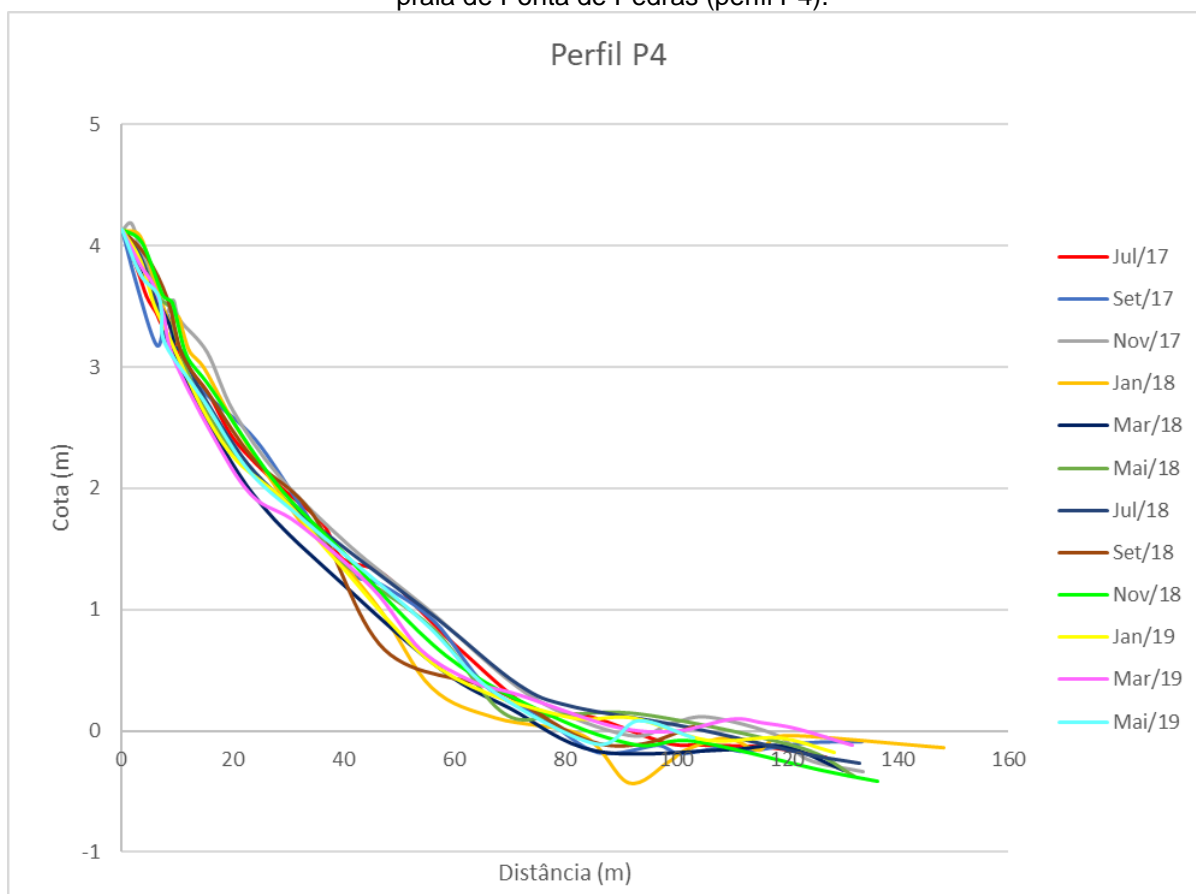
A inclinação média do estirâncio foi de $5,42^\circ$, porém no mês de janeiro de 2019 a inclinação mostrou-se a mais suave dos meses estudados, atingindo 2° (tabela 9). A maior inclinação foi observada no mês de setembro de 2017. Os tipos de arrebentações foram deslizantes e mergulhantes.

Tabela 9 – Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praial P4 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP	Largura Est.
jul/17	133,86	0*	6	8,32	108,84
set/17	130,23	-3,63	7	8,12	115,53
nov/17	144,90	14,67	5	9,23	114,52
jan/18	123,31	-21,59	6	8,79	129,53
mar/18	116,01	-7,30	7	9,20	111,14
mai/18	130,17	14,16	6	9,01	113,35
jul/18	137,78	7,61	6	9,00	114,22
set/18	125,02	-12,76	5	8,23	85,05
nov/18	133,14	8,12	6	9,14	117,16
jan/19	124,14	-9,00	2	3,34	115,29
mar/19	124,20	0,06	5	5,57	116,23
mai/19	127,59	3,39	4	6,37	86,89
Média			5,42	7,86	110,65
Balanco final		-6,27			

Neste perfil não se observou tendências erosivas ou deposicionais de acordo com as estações do ano. O mês de novembro de 2017 apresentou o maior volume, tendo em vista que o perfil teve deposição em todo setor de estirâncio. No mês de março de 2018 ocorreu o menor volume de sedimentos (116,01 m³/m), devido à erosão no trecho de 9 a 130 metros (figura 31). Este menor valor no volume se deve à dois levantamentos sucessivos de erosão, totalizando um déficit de 28,89 m³/m em relação ao mês de novembro de 2017.

Figura 31 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Ponta de Pedras (perfil P4).



Durante o levantamento morfológico constatou-se que as variações de volume entre os meses estudados não foram muito significativas, sendo março de 2019 o mês mais estável, cuja variação de volume com o mês anterior foi de $0,06 \text{ m}^3/\text{m}$. Além disso, apesar do balanço sedimentar final ter sido negativo, este déficit não foi muito significativo ($-6,27 \text{ m}^3/\text{m}$). Dessa forma, pode-se dizer que a praia se encontra em situação de estabilidade no período estudado.

Este mesmo perfil praiar foi descrito por Xavier (2007), no qual pode-se comparar o marco do distrito na figura 32, em 2006, com a figura 33, em 2017. Apesar do balanço sedimentar final deste perfil praiar ter sido positivo, constata-se que de 2006 a 2017 houve um processo erosivo marcado pela retirada da vegetação e pela exposição da base do marco do distrito. Dessa forma, observa-se uma tendência erosiva no perfil, pois apesar de no estudo de Madruga (2017), o balanço sedimentar ter sido positivo (tabela 10), no estudo recente houve déficit de sedimentos e através de registros fotográficos é possível observar que está havendo um processo lento de erosão. Além disso, nos perfis realizados em 2014 e 2015, só não foi constatado um

processo erosivo na área devido ao perfil de setembro de 2015 ter tido um aumento no setor de antepraia (figura 34).

Mesmo com a impermeabilização da linha de costa neste perfil, a erosão acontece de forma mais lenta. Isso está associado à Formação Maria Farinha, que aflora na praia, além dos recifes e bancos de corais presentes em frente ao perfil, o que diminui a força da incidência das ondas na praia.

Figura 32 - Perfil Marco do Distrito (Dez/2006)



Fonte: Xavier (2007).

Figura 33 - Perfil Marco do distrito (Jul/2017). Observa-se como a praia foi erodida, apresentando rebaixamento.



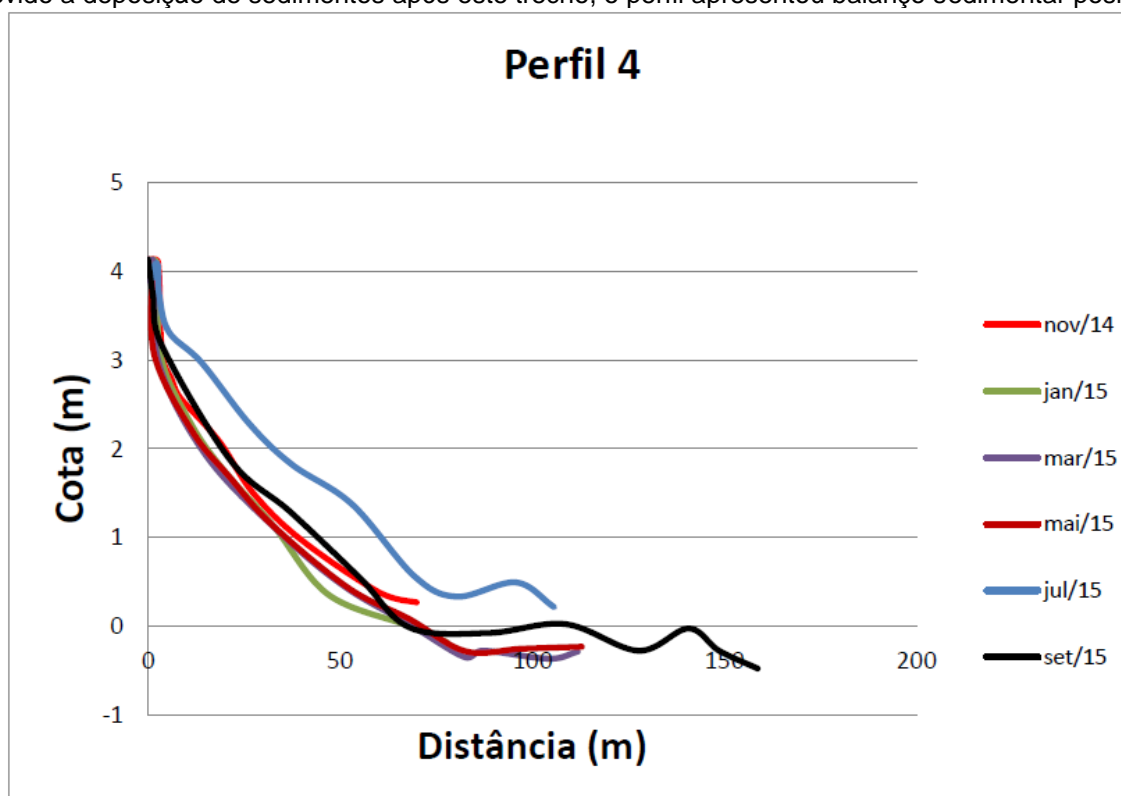
Fonte: O autor (2017).

Tabela 10 - Variação do volume de sedimentos no perfil P4 entre 2014 e 2015 (*mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /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

Fonte: Madruga (2017)

Figura 34 - Perfis topográficos realizados no perfil P4, praia de Ponta de Pedras, em 2014 e 2015. Este perfil apresentou erosão acentuada no estirâncio, entre o trecho de 2 a 68 metros, porém, devido a deposição de sedimentos após este trecho, o perfil apresentou balanço sedimentar positivo.



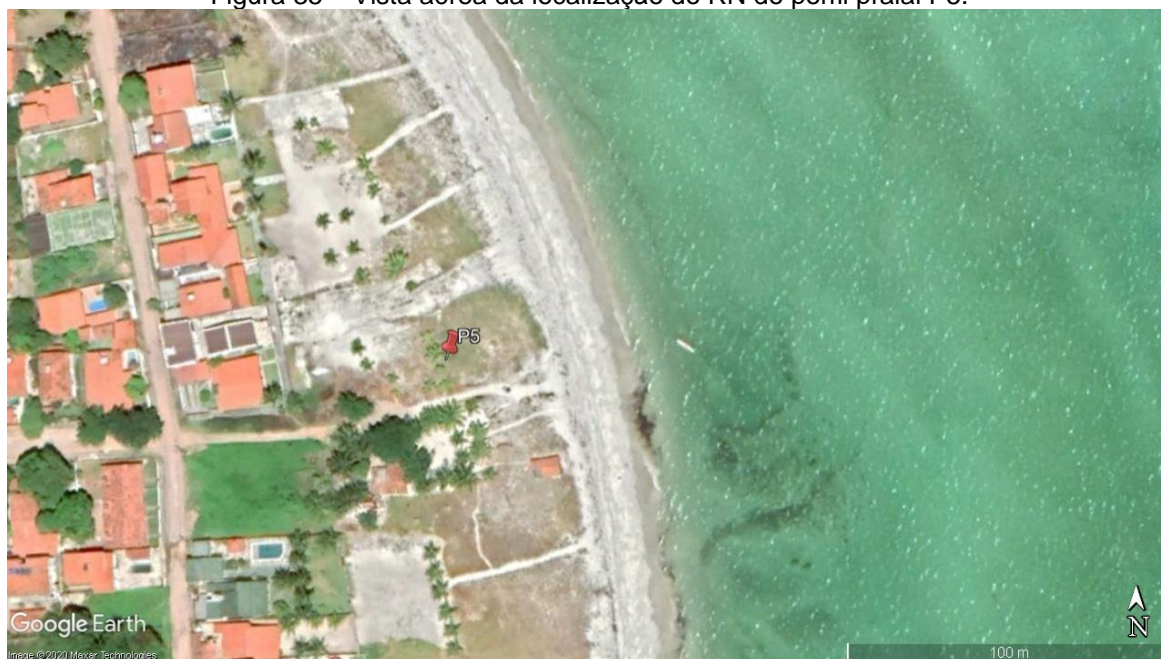
Fonte: Madruga (2017)

4.2.5 - Perfil de praia P5

O perfil praias P5 localiza-se próximo à Ponta da Simplicidade em Ponta de Pedras, mais precisamente nas coordenadas UTM 9157476S e 300564E (figura 35)

e dista aproximadamente 1300 metros do perfil praiar P4. Este perfil apresentou a maior extensão registrada neste estudo, com 309,85 metros. A inclinação do estirâncio variou de 7° a 11° (tabela 11), apresentando média de 8° e o tipo de arrebenção de onda é deslizante.

Figura 35 – Vista aérea da localização do RN do perfil praiar P5.



Fonte: Google Earth.

Tabela 11 - Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P5 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP	Largura Est.
jul/17	492,67	0*	7	46,53	123,13
set/17	751	258,33	7	47,63	270,36
nov/17	628,64	-122,36	10	45,21	240,52
jan/18	657,7	29,06	8	48,2	254,87
mar/18	816,24	158,54	10	40,35	563,67
mai/18	980,06	163,82	7	37,94	363,65
jul/18	824,92	-155,14	6	38,69	336,87
set/18	424,21	-400,71	7	41,03	97,24
nov/18	548,26	124,05	8	44,35	172,06
jan/19	928,26	380	7	43,36	365,42
mar/19	783,17	-145,09	7	39,17	362,61
mai/19	395,17	-388	7	39,45	94,75
Média			7,58	42,66	270,43
Balanco final			-97,5		

Fonte: O autor.

Assim como o perfil P2, o perfil P5 apresenta a vegetação *Ipomea pes-caprae* no setor de pós-praia, o que diminui o retrabalhamento eólico dos sedimentos neste setor. Observa-se que o perfil não mostrou grandes variações morfológicas nos setores de pós-praia e estirâncio. Em geral, este perfil tem as maiores variações de volume entre os perfis estudados, resultado da remobilização dos sedimentos que se encontram após os 100 metros (figura 36). Isso se deve à composição do mesmo, que é formado por sedimentos carbonáticos, predominantemente por halimedas e lithothamnium que apresentam baixa densidade.

Figura 36 – (A) Vista para leste do perfil praias P5 em julho de 2018, mostrando a grande extensão e o volume de sedimentos em uma barra arenosa de composição carbonática. (B) Vista para leste do perfil praias P5 em março de 2019, mostrando menor volume de sedimentos em frente ao perfil.

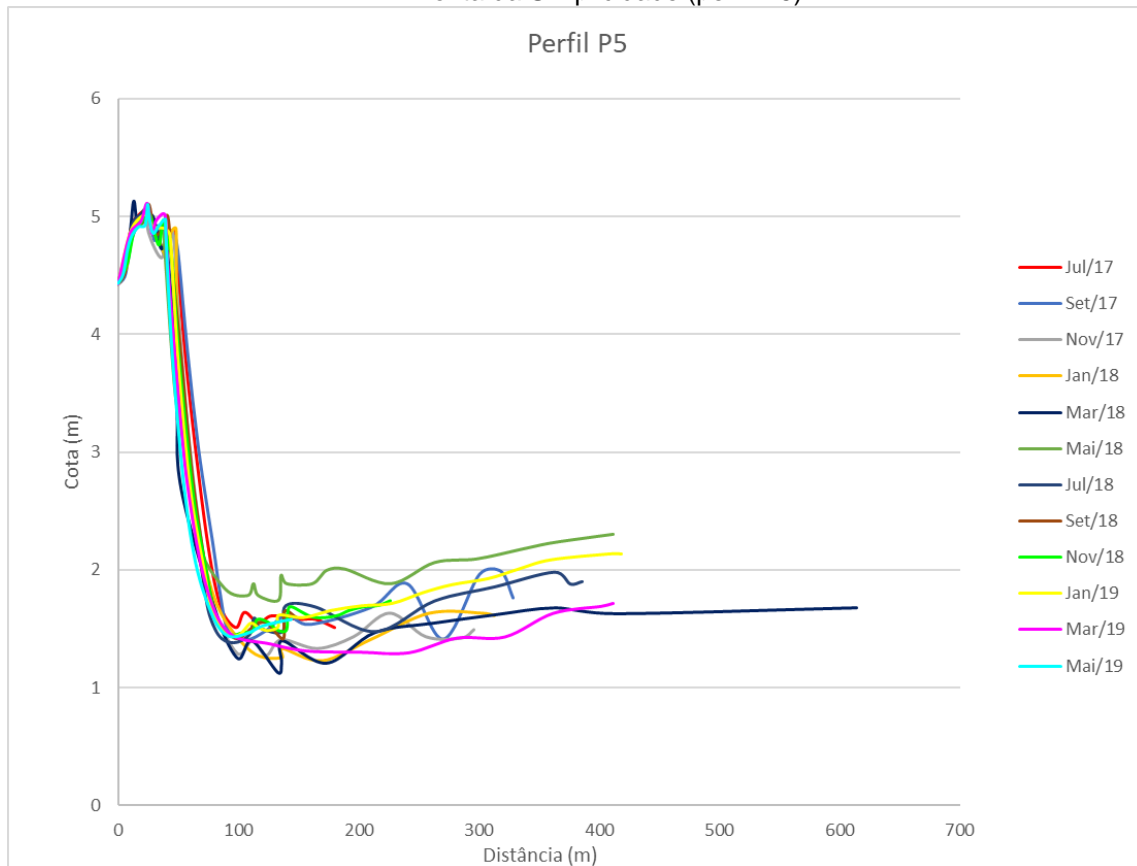


Fonte: O autor .

O mês de janeiro de 2018 apresentou a maior faixa de pós-praia, com 48,2 metros de comprimento. O mês de março de 2018 foi o mês que teve o maior comprimento (614,02 metros) e maio de 2018 foi o mês de maior volume, devido ao aumento da deposição na barra arenosa formada predominantemente por sedimentos carbonáticos (figura 37).

No último levantamento realizado (maio de 2019) o perfil apresentou o menor volume (395,17 m³/m), porém isso não evidencia um processo erosivo, tendo em vista que essa diminuição no volume foi causada pela movimentação da barra arenosa, resultado da deriva litorânea, fazendo com que este banco se localizasse a norte do perfil.

Figura 37 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na Ponta da Simplicidade (perfil P5).



Fonte: O autor

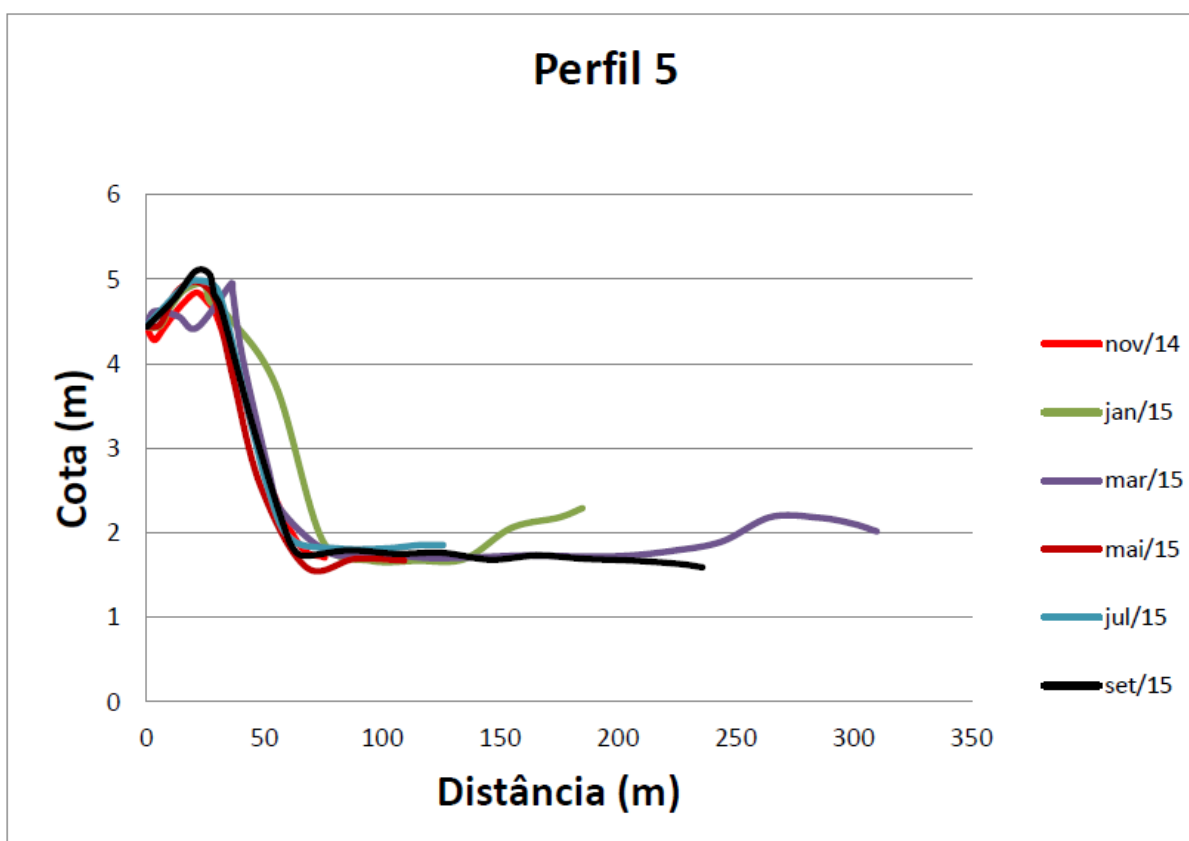
O levantamento que apresentou o maior volume foi em maio de 2018. Após este mês, o perfil teve consecutivas perdas de volume em julho e setembro de 2018, totalizando um déficit de $555,85 \text{ m}^3/\text{m}$, em relação à maio de 2018, fazendo com que o mês de setembro apresentasse um volume inferior ao mês de referência. Em janeiro de 2019 o perfil teve a maior taxa de deposição no período estudado ($380 \text{ m}^3/\text{m}$), que somada a deposição de novembro de 2018 ($124,05 \text{ m}^3/\text{m}$) resultou na maior taxa de deposição do estudo, com $504,05 \text{ m}^3/\text{m}$.

O volume do perfil se manteve positivo em dez dos doze levantamentos, sendo setembro de 2018 e maio de 2019 os meses com déficit. O balanço final foi de $-97,5 \text{ m}^3/\text{m}$, sendo produto do deslocamento das barras arenosas da área.

Assim como nos perfis atuais, o levantamento morfodinâmico apresentado por Madruga (2017), entre os anos de 2014 e 2015, o deslocamento das barras foi o que mais impactou no balanço sedimentar (tabela12). Apenas o perfil de janeiro de 2014 apresentou uma morfologia distinta dos outros estudados (figura 38). Dessa forma,

este perfil mostra uma estabilidade, visto que desde 2014 ele não apresenta significativas alterações morfológicas no trecho de 0 a 100 metros.

Figura 38 - Perfis topográficos realizados no perfil P5, entre 2014 e 2015, praia de Ponta de Pedras.
As maiores variações neste perfil são nas barras arenosas



Fonte: Madruga (2017).

Tabela 12 -Variação do volume de sedimentos no perfil P5, entre novembro de 2014 e setembro de 2015 (* mês de referência).

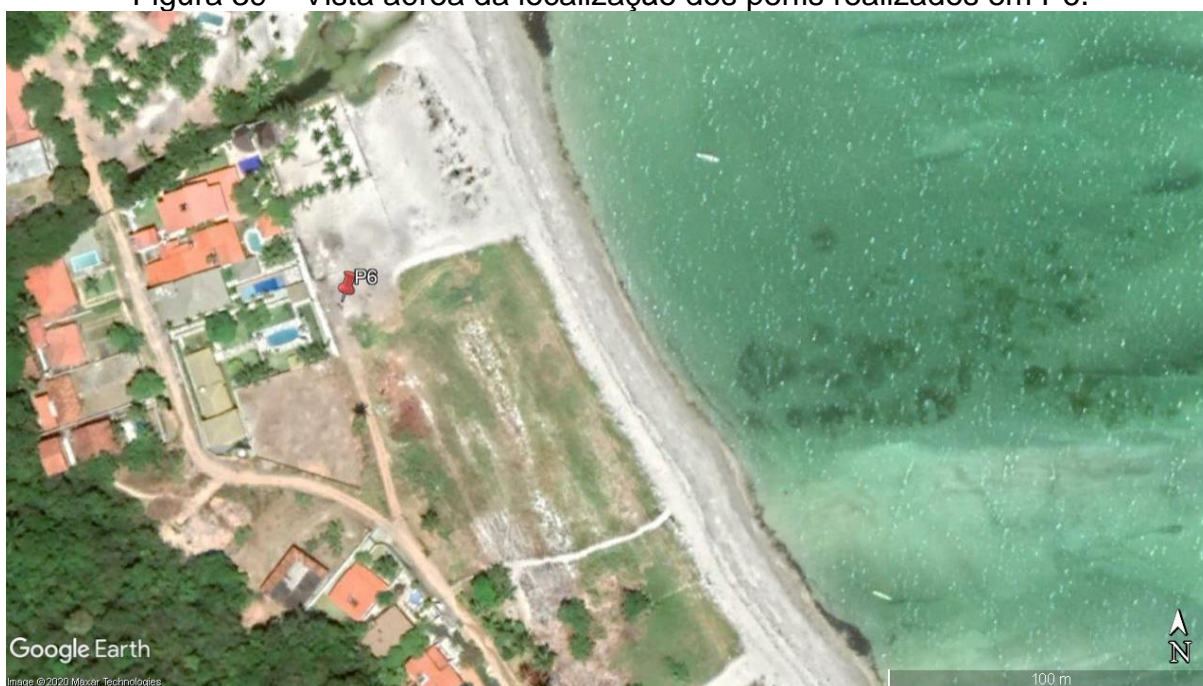
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)
Nov/14	264,83	0*
Jan/15	507,91	243,08
Mar/15	657,90	149,99
Mai/15	426,02	-231,87
Jul/15	364,59	-61,43
Set/15	546,33	181,74

Fonte: Madruga (2017)

4.2.6 - 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 P5 e situa-se nas coordenadas UTM 9158187S e 299870E (figura 39). Neste perfil, assim como o perfil P5, a praia se manteve morfologicamente semelhante em todos os meses nos trechos de 0 a 100 metros. Essa estabilidade foi melhor observada no setor de pós-praia, que também é resultado da presença da vegetação *Ipomea pes-caprae*.

Figura 39 – Vista aérea da localização dos perfis realizados em P6.



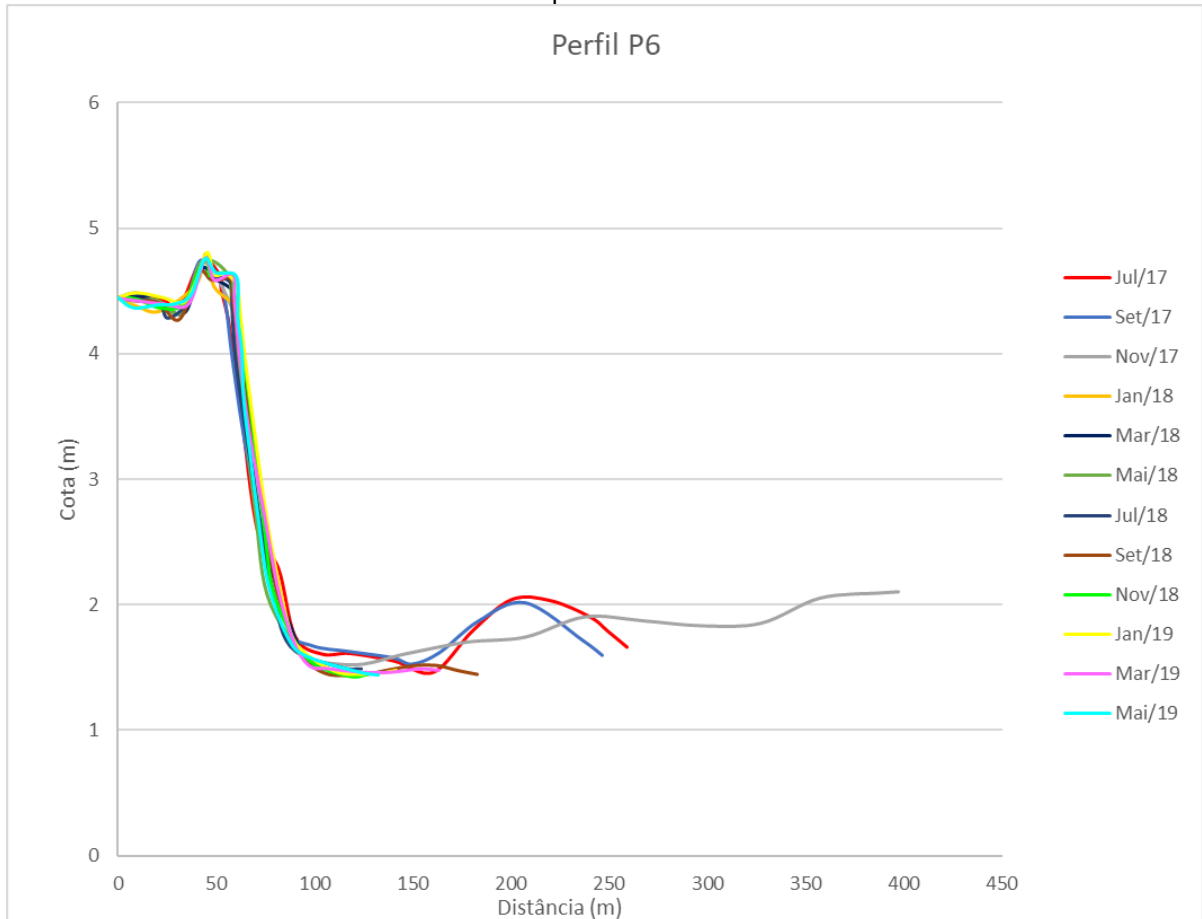
Fonte: Google Earth

As principais variações dos perfis ocorreram após o trecho de 100 metros, devido à mobilidade das barras arenosas (figura 40). Neste perfil, o balanço sedimentar foi positivo em apenas um dos doze levantamentos realizados (tabela 13).

Em novembro de 2017 o perfil atingiu o maior comprimento (397,39 metros) e consequentemente o maior volume no período estudado (904,41 m³/m). Contudo, no levantamento morfodinâmico realizado no mês de janeiro de 2018, o perfil apresentou a maior perda de sedimentos, 551,85 m³/m, resultando no mês com menor volume no período estudado. De março de 2018 a julho de 2018 o perfil teve pequenas acreções, totalizando 44,07 m³/m, que foi somada pela deposição de 92,13 m³/m em setembro de 2018, totalizando em um período de acreção com deposição de 136,2 m³/m. Os

meses de janeiro e março de 2019 tiveram acreções muito semelhantes, $26,23\text{m}^3/\text{m}$ e $26,16\text{m}^3/\text{m}$, respectivamente.

Figura 40 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 no perfil P6.



Fonte: O autor

Tabela 13 – Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praial P6 nos meses estudados (* mês de referência).

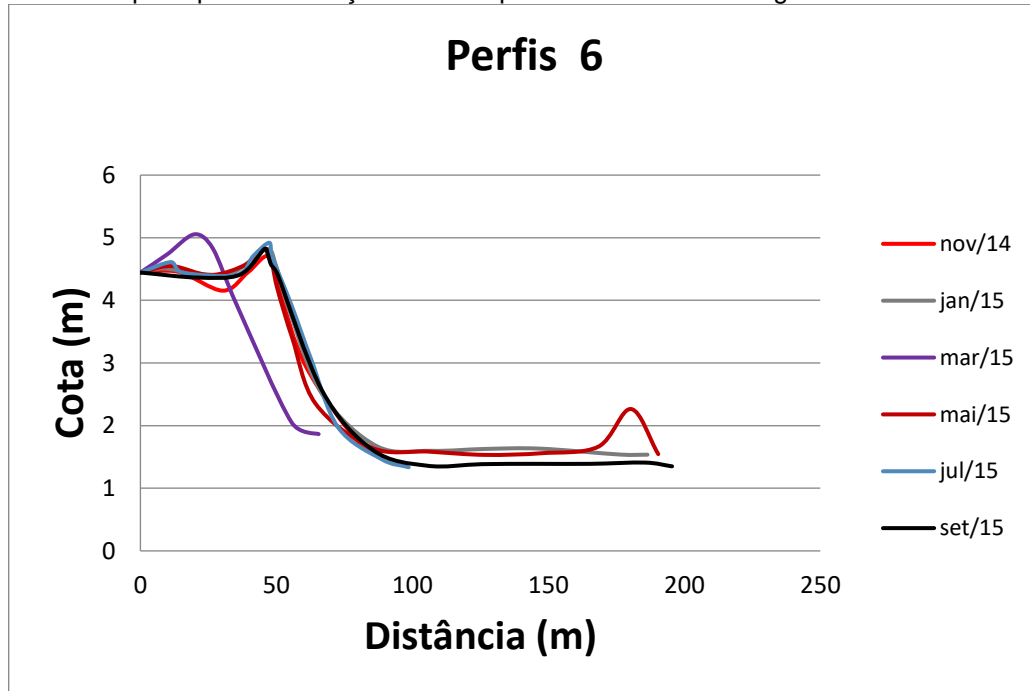
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP	Largura Est.
jul/17	642,2	0*	10	42,32	207,02
set/17	614,6	-27,6	8	41,95	194,75
nov/17	904,41	289,81	7	43,8	343,59
jan/18	352,56	-551,85	7	60,71	26,46
mar/18	370,37	17,81	10	58,49	35,22
mai/18	380,9	10,53	11	56,21	47,26
jul/18	396,63	15,73	8	56,96	56,98
set/18	488,76	92,13	7	57,5	115,49
nov/18	409,68	-79,08	9	57,66	60,36
jan/19	435,91	26,23	9	60,5	71,03
mar/19	462,07	26,16	5	58,87	94,54
mai/19	411,17	-50,9	7	60,13	62,01
Média			8,17	54,59	109,56
Balanco final		-231,03			

Fonte: O autor.

A comparação dos perfis realizados por Madruga (2017), mostrou que com exceção do mês de março de 2015 (figura 41), o perfil não teve grandes alterações na morfologia, apresentando quase sempre a mesma até os 100 metros. Porém, o que diferente entre os estudos é o balanço sedimentar que entre 2014 e 2015 foi positivo (tabela 14).

Dessa forma, as variações de volume deste perfil estão diretamente relacionadas ao comprimento do perfil e apesar do balanço sedimentar final ser negativo entre 2017 e 2019 (-231,03 m³/m), o perfil não apresenta tendência erosiva, pois esse déficit de sedimentos está diretamente ligado à movimentação para norte da barra arenosa. A inclinação do estirâncio variou de 7° a 11° e o tipo de arrebentação de onda é deslizante.

Figura 41 - Perfis topográficos realizados no perfil P5, praia de Ponta de Pedras. Entre 2014 e 2015. Observa-se que o perfil de março de 2015 apresentou uma morfologia diferente dos demais.



Fonte: Madruga (2017).

Tabela 14 - Variação do volume de sedimentos no perfil P6, entre 2014 e 2015 (* mês de referência).

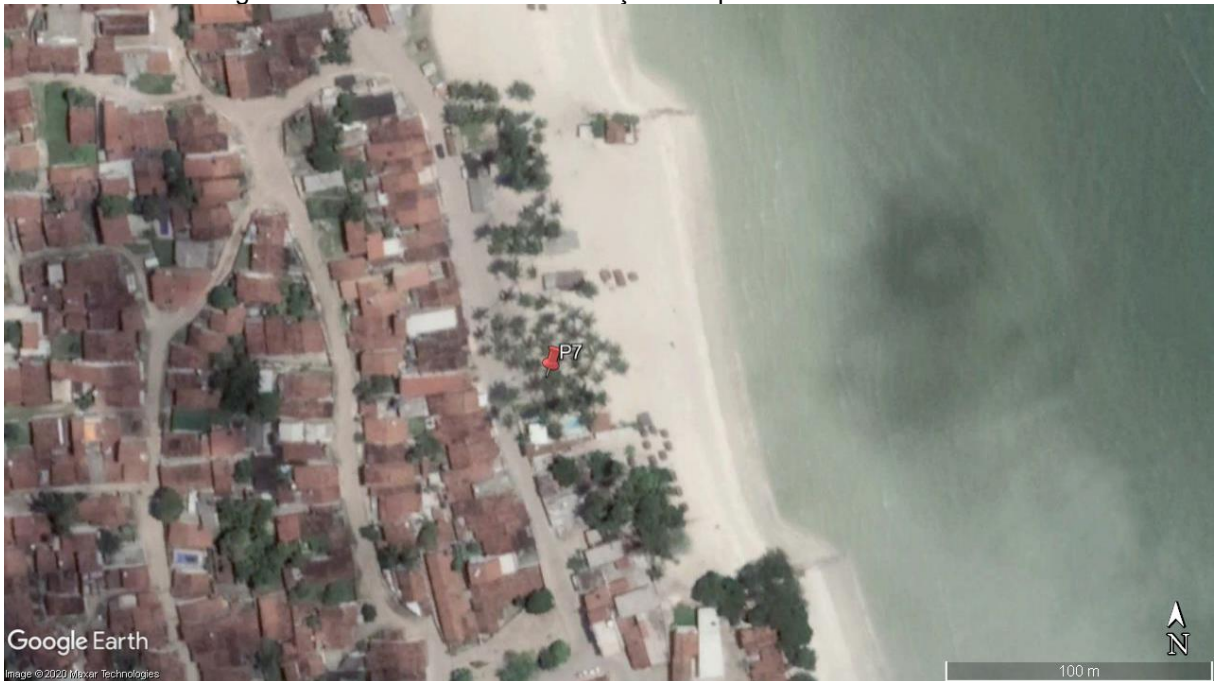
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)
Nov/14	321,75	0*
Jan/15	485,45	163,69
Mar/15	245,86	-239,58
Mai/15	488,89	243,02
Jul/15	341,39	-147,50
Set/15	475,00	133,61

Fonte: Madruga (2017).

4.2.7 – Perfil de praia P7

O perfil de praia P7 está localizado na praia de Carne de Vaca, nas coordenadas UTM 9161958N e 297944E, a sul do Rio Goiana e dista aproximadamente 4200 metros do perfil P6 (figuras 42 e 43). As seguintes características foram observadas neste perfil: o comprimento médio total do perfil foi de 120,45 metros; a pós-praia tem extensão média de 45 metros; o estirâncio apresenta inclinação que varia de 6° a 11° (tabela 15).

Figura 42 - Vista aérea da localização dos perfis realizados em P7.



Fonte: Google Earth (Ago/2017).

Figura 43 – Vista para sudeste do perfil praiar P7, local de levantamento dos perfis na praia de Carne de Vaca. Ao fundo da imagem, observa-se a presença de espigões que retêm sedimentos a montante.



Tabela 15 –Variação do volume, inclinação e largura do estirâncio e da pós-praia no perfil praiar P7 nos meses estudados (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP	Largura Est.
jul/17	383,88	0*	9	58,37	61,91
set/17	378,06	-5,82	11	50,25	82,5
nov/17	284,97	-93,09	10	49,17	22,62
jan/18	291,79	6,82	8	50,97	23,78
mar/18	344,74	52,95	11	50,51	53,16
mai/18	376,3	31,56	11	51,34	78,27
jul/18	385,54	9,24	11	46,33	94,41
set/18	380,05	-5,49	10	43,53	110,05
nov/18	376,25	-3,8	9	43,08	88,94
jan/19	385,65	9,4	8	44,5	101,31
mar/19	390,88	5,23	6	44,9	94,3
mai/19	326,69	-64,19	7	47,3	47,6
Média			9,25	48,35	71,57
Balanco final		-57,19			

Fonte: O autor.

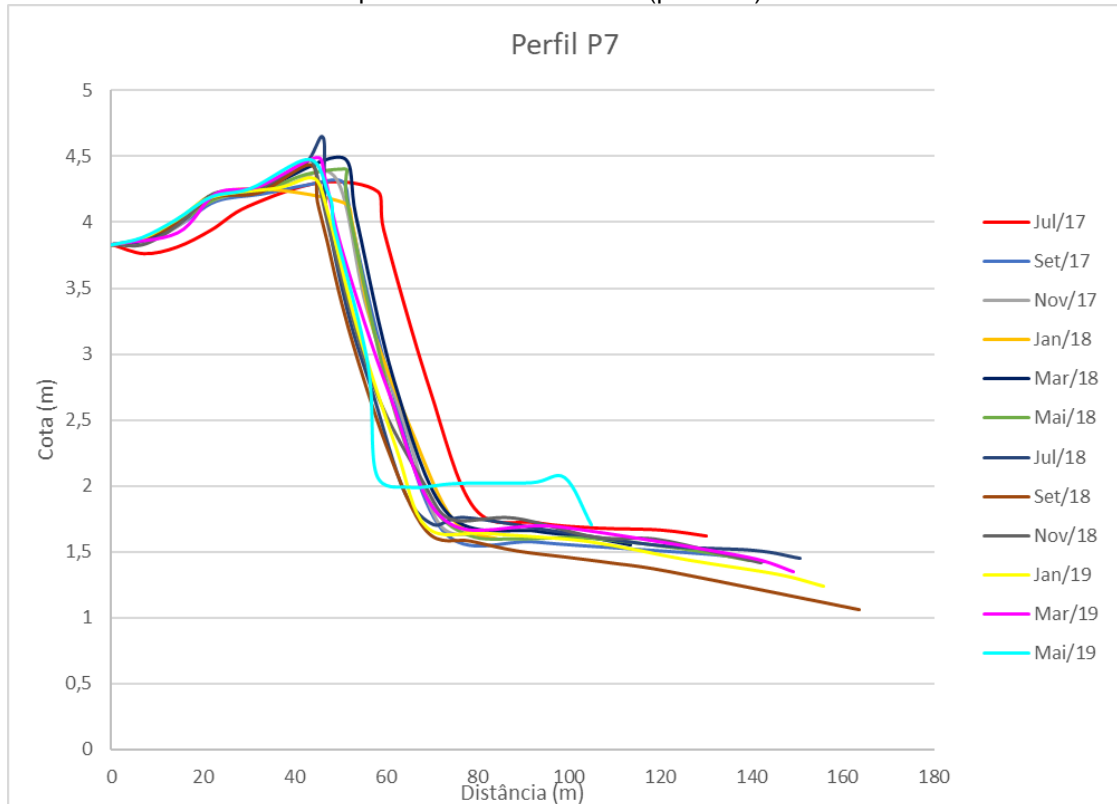
As variações significativas de volumes ocorreram entre os meses de julho de 2017 e maio de 2018. Em janeiro de 2018, o perfil se comportou de forma semelhante ao levantamento anterior, apresentando variação no volume de apenas +6,82 m³/m. Apesar dos volumes entre os meses de novembro de 2017 e janeiro de 2018, observou-se diferenças na topografia dos perfis. Em janeiro houve o rebaixamento da pós-praia, resultando na erosão no trecho de 34 a 51 metros. Contudo, a deposição neste mês se instalou no estirâncio entre 60 e 75 metros

O balanço sedimentar negativo permaneceu de setembro de 2017 até maio de 2018, porém com sucessivas deposições até atingir um balanço sedimentar positivo no mês de julho de 2018. Nos outros meses, os volumes do perfil foram próximos ao do valor do mês inicial. A maior variação negativa do volume ocorreu entre os meses de setembro e novembro de 2017, -93,09 m³/m, por outro lado, a maior variação positiva ocorreu entre janeiro e março de 2018, +52,95 m³/m.

Apesar da pequena perda de apenas 5,82 m³/m de sedimentos de julho de 2017 a setembro de 2017, as variações morfológicas foram perceptíveis (figura 44). Em julho de 2017, o perfil teve o maior comprimento de faixa de pós-praia entre os meses estudados (58,37 metros) e apresentou maior volume de sedimentos no setor de estirâncio. Por outro lado, em setembro de 2017, o perfil teve maior volume no trecho de 0 a 40 metros e maior comprimento total em relação ao anterior (+12,47

metros). De acordo com a tabela 15, novembro de 2017 foi o mês com menor comprimento (81,79 metros) e conseqüentemente o de menor volume (284,97 m³/m); também apresentou a maior variação negativa de volume em relação ao mês anterior.

Figura 44 - Comparação entre os perfis realizados nos meses de julho de 2017 a maio de 2019 na praia de Carne de Vaca (perfil P7).

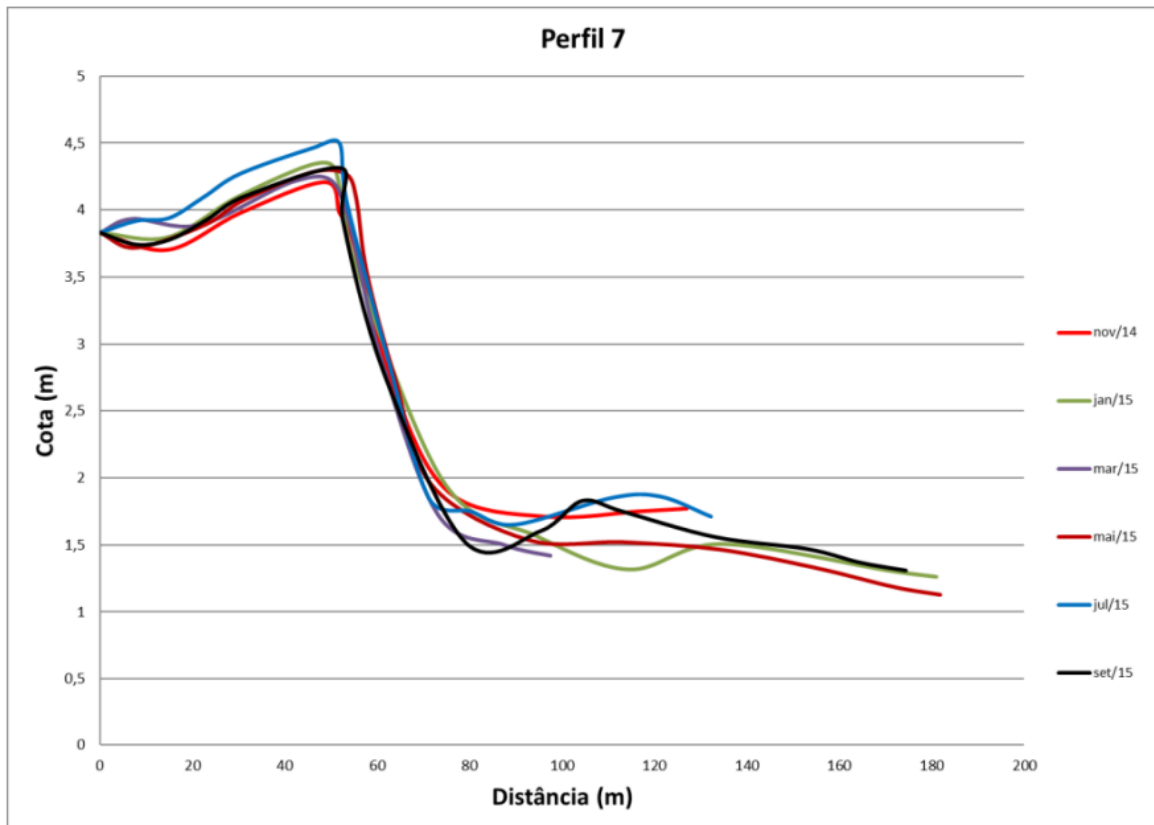


Fonte: O autor

No mês de maio de 2019, o perfil apresentou deposição no trecho de 65 a 104 metros e assim, o setor de estirâncio baixo e antepraia apresentaram a maior cota (2 metros de altura). Por outro lado, houve erosão na pós-praia e também no estirâncio até os 60 metros, além da redução do comprimento, e com isso, o balanço sedimentar final foi -57,19 m³/m, mostrando uma tendência erosiva neste perfil.

Nos perfis realizados por Madruga (2017), as variações morfológicas ocorreram principalmente na antepraia e em março e julho de 2015 na pós-praia (figura 45). Além disso, o balanço sedimentar foi positivo (tabela 16). Já nos perfis de 2017 e 2019, o balanço sedimentar foi negativo, sendo resultado das variações de tamanho da pós-praia e no comprimento total do perfil

Figura 45 - Perfis topográficos realizados no perfil P7, praia de Carne de Vaca, entre 2014 e 2015.



Fonte: Madruga (2017).

Tabela 16 -Variação do volume de sedimentos no perfil P7, entre 2014 e 2015 (* mês de referência).

Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /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

Fonte: Madruga (2017)

4.3 – Discussão

O cálculo de volume dos perfis estudados permitiu identificar uma tendência erosiva em quase todo o litoral. No setor sul, o perfil P1 apresentou o maior déficit de

sedimentos em relação ao volume inicial. Apenas um dos perfis, o perfil P3, localizado na Marina de Catuama, litoral sul de Goiana, teve o balanço sedimentar final positivo.

No setor norte, mesmo com todos os perfis apresentando balanço sedimentar negativo, observa-se que essa variação de sedimentos está diretamente ligada às barras arenosas. Estas possuem composição carbonática, com menor densidade que o quartzo, sendo de mais fácil remobilização e implicam na diminuição dos perfis.

Dessa forma, apesar do setor sul apresentar menores variações de volume que o setor norte, é no setor sul que existem as maiores variações morfológicas, com alterações nos setores de estirâncio e póspraia.

CAPÍTULO 5 – SEDIMENTOLOGIA

5.1 – 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 e ventos (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 (ϕ) para fins estatísticos. A escala phi mais utilizada é a de Wentworth (1922), cuja classificação é expressa pela tabela 17, que transforma os valores de milímetro para phi através da equação (3):

$$\Phi = - \log_2 \text{ mm} \quad (3)$$

Tabela 17 - Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi e em milímetros.

Classificação	Phi (ϕ)	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

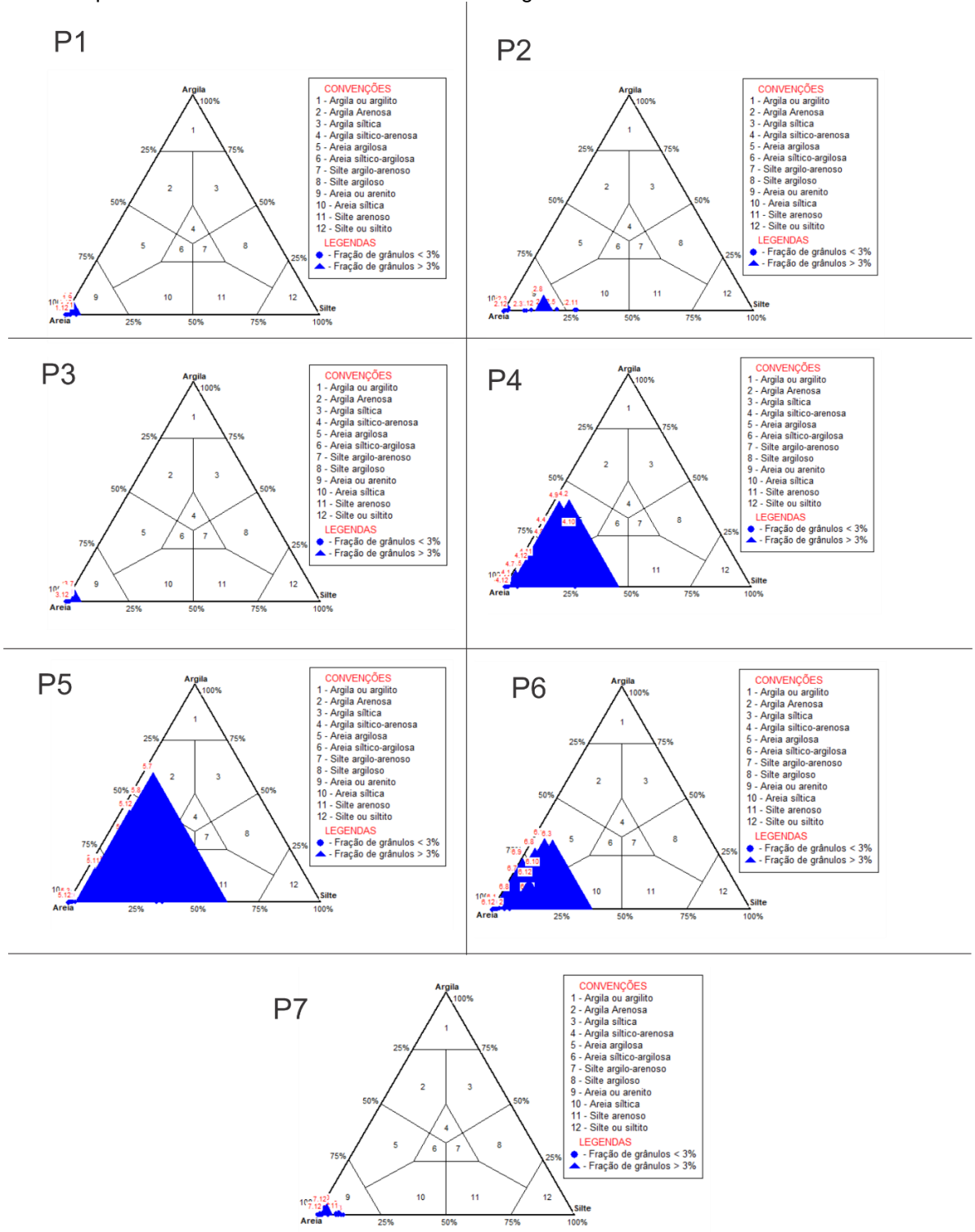
longo de um perfil de praia é resultado das variações morfológicas que alteram essa distribuição de forma direta, interferindo nos processos hidrodinâmicos, que podem modificar a granulometria dos sedimentos (Madruga Filho, 2004).

5.2 - *Classificação Textural*

Foi utilizado o diagrama triangular de Shepard (1954) para a classificação textural dos sedimentos das praias do município de Goiana. As 228 amostras coletadas ao longo da área foram plotadas no *software* SYSGRAN. Os perfis P1, P3 e P7 tiveram todas as amostras classificadas como areia. (Figura 46). O perfil P2 foi semelhante aos perfis P1 e P3, porém uma amostra foi classificada como areia síltica. Os perfis P4 e P6 foram classificados como areia, areia síltica e areia argilosa. O perfil P5 foi o que apresentou as maiores variações nesta classificação. Além das frações citadas nos perfis P4 e P6, algumas amostras do perfil P5 também foram classificadas como silte arenoso e argila arenosa.

Os perfis P4, P5 e P6 apresentam sedimentos de composição carbonática e devido à sua fragilidade, estes perfis apresentaram esta gama de classificações texturais. Já os perfis P2 e P7 têm grande influência dos rios Itapessoca e Goiana, contribuindo para o suprimento de diferentes frações granulométricas, resultando em classificações distintas. Já o perfil P1, apesar da proximidade do rio Itapessoca foi classificado apenas como areia. Isto é resultado das barras arenosas que diminuem a força das ondas e faz conseqüentemente que o rio forneça menos sedimentos para este perfil.

Figura 46 - Classificação textural dos sedimentos no diagrama triangular de Shepard (1954). As amostras dos perfis P1, P2, P3 E P7 foram classificadas como areia. As amostras dos perfis P4e P6 foram classificadas como areia, areia siltica e areia argilosa. As amostras do perfil P5 foram classificadas entre areia e argila/silte arenoso.



Fonte: O autor.

5.3 - 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 (4):

$$Mz = (\varphi)16 + (\varphi)50 + (\varphi)84 / 3 \quad (4)$$

Os sedimentos do perfil P1 foram classificados predominantemente como areia média no setor de antepraia (75%), porém 8,333% das amostras foram classificadas como areia grossa. No setor de estirâncio as frações areia fina e areia média apresentaram 50% cada (figura 34).

No perfil P2, no setor de antepraia, observou-se que a maior quantidade de sedimentos era de areia muito fina (50%), com 33,33% de areia fina e 16,67% de areia média. A areia fina foi predominante nos setores de estirâncio (83,33%) e pós-praia (50%). Neste último setor, a areia fina apresentou um percentual relevante (33,33%), o que não é esperado para tal, porém isso se deve a presença da vegetação que diminui o transporte através do vento.

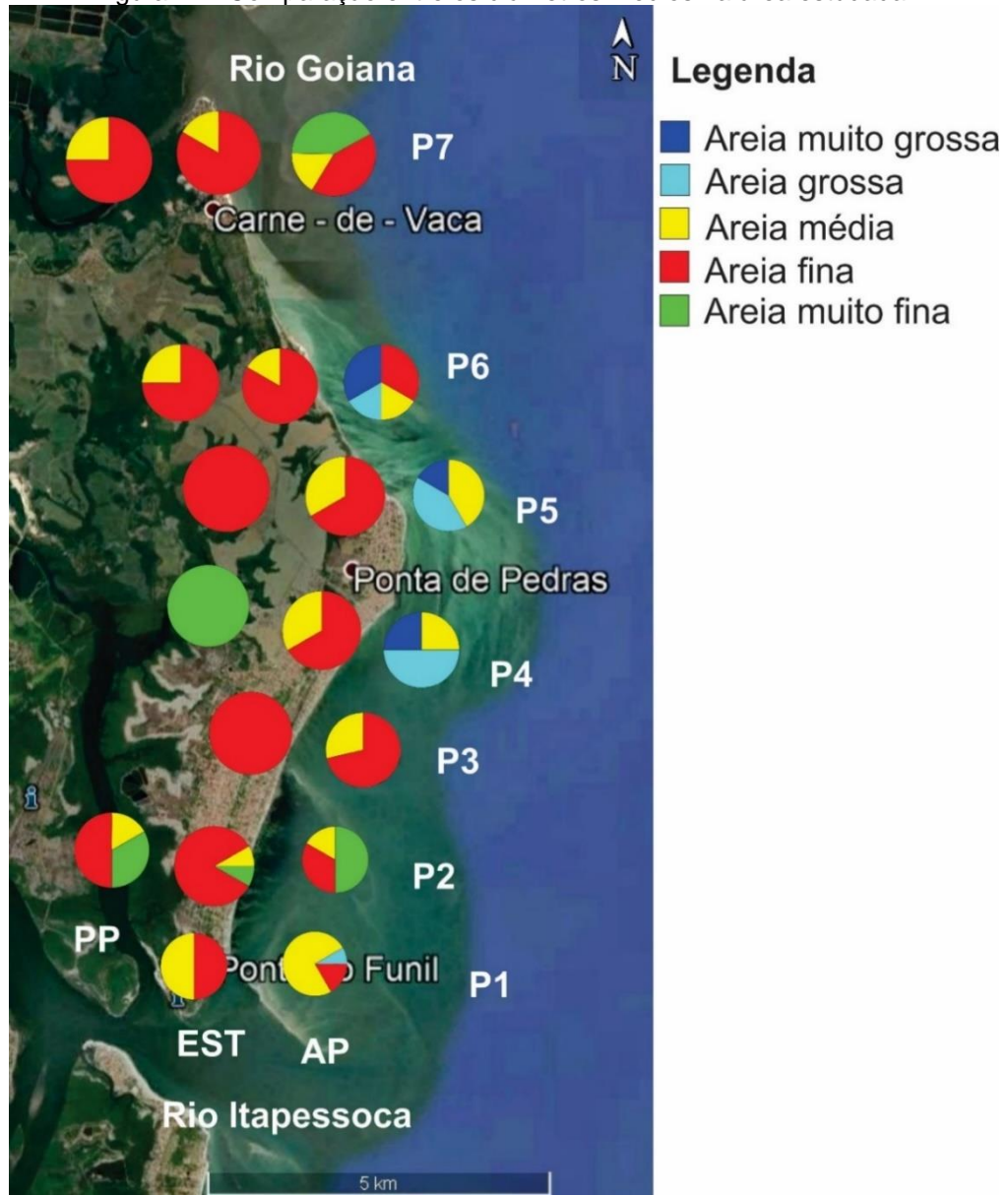
O perfil P3 apresentou 26,67% de areia média no setor de antepraia, porém a predominância foi de areia fina em ambos os setores, antepraia (71,43%) e estirâncio (100%).

No setor de antepraia dos perfis P4, P5 e P6 apresentaram percentuais elevados de areia grossa e areia muito grossa. Neste setor, o perfil P4 teve predominância de areia grossa (50%), com percentual de 25% de areia muito grossa. Já o perfil P5 as frações areia grossa e areia média apresentaram o mesmo valor (41,67%) e a areia muito grossa teve um percentual de 16,66%. O perfil P6 teve os maiores valores para areia fina e areia muito grossa (33,33% cada) (figura 47).

Os valores elevados de areia grossa e muito grossa no setor de antepraia nos perfis. P4, P5 e P6 não representam alto índice de energia de onda, visto que as

amostras desse setor foram classificadas como halimedes, compostas por carbonatos que apresentam densidade bastante inferior à do quartzo. No estirâncio esses perfis apresentaram predominância da fração areia fina assim como o perfil P7, no qual os perfis P4 e P5 tiveram 66,67% de areia fina e 33,33% de areia média. Os perfis P6 e P7 possuíram 83,33% de areia fina e 16,67% de areia média.

Figura 47 - Comparação entre os diâmetros médios na área estudada.



Fonte: Autor (2022).

5.4 - 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 (σ) 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.

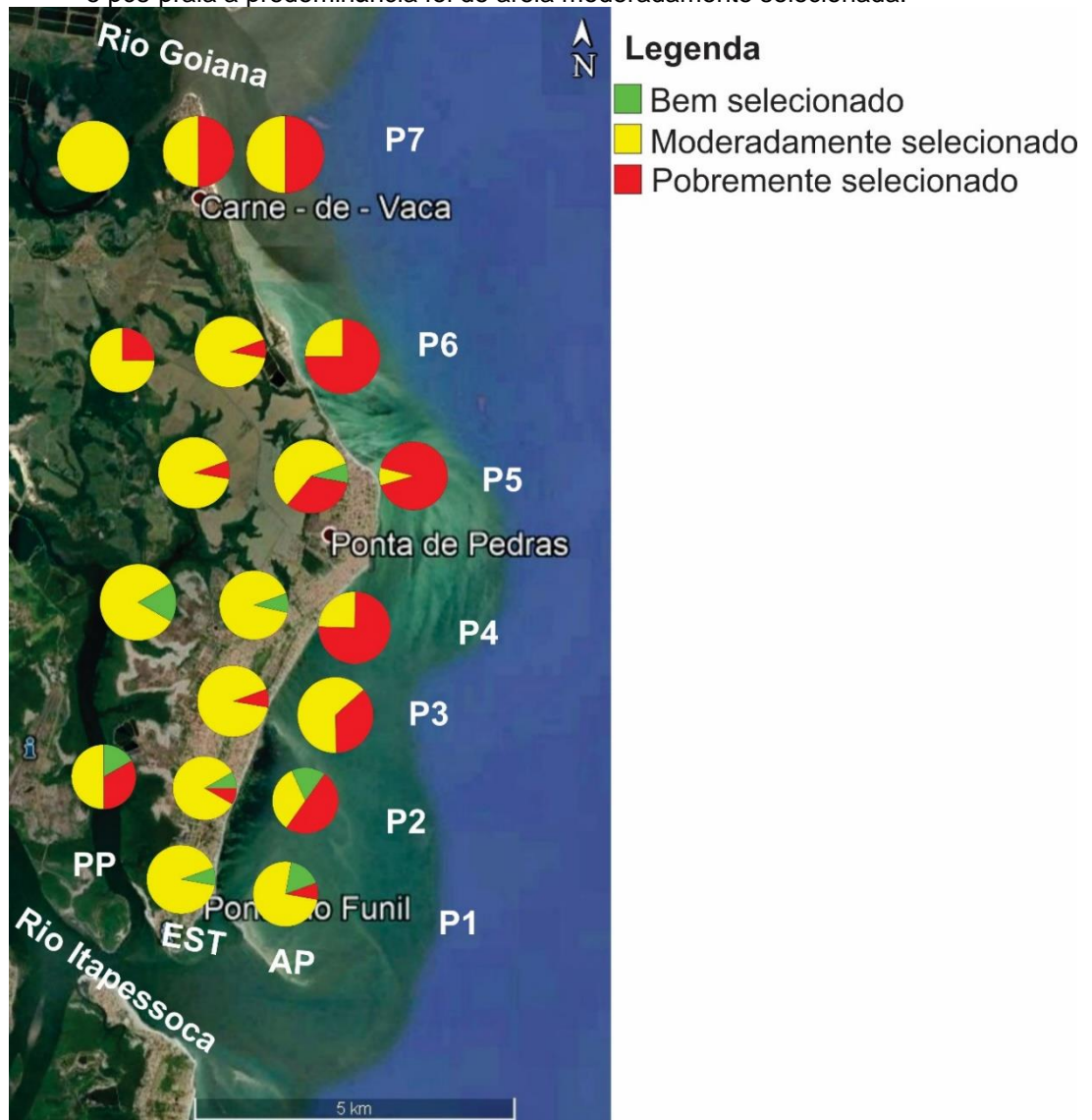
Sedimentos bem selecionados são resultados de grãos com pequena dispersão de seus valores granulométricos. Quando há o aumento do transporte ou de agitação do meio, partículas de diferentes tamanhos tendem a ser separadas por tamanho. Na praia, a seleção dos grãos é refletida nas características dos sedimentos que são transportados para a zona costeira e em seguida retrabalhados pela ação de ondas, marés, espraiamento (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.

Em geral os perfis tiveram predominância de sedimentos moderadamente selecionados, com pequenos percentuais de sedimentos bem selecionados (figura 48). Porém, foi observado a presença de sedimentos mal (pobremente) selecionados. Os sedimentos dos perfis P1, P2 e P3 apresentaram menores percentuais desta classificação (8,33% a 50%), por outro lado, os perfis P4 P5 e P6 apresentaram na antepraia percentuais elevados de sedimentos mal selecionados (75% a 91,67%). A presença de sedimentos mal selecionados nos perfis P1, P2 e P3 pode ser explicada pela proximidade das praias do rio Itapessoca, que traz sedimentos de frações granulométricas diferentes das encontradas na zona costeira e com isso, o retrabalhamento marinho não foi suficiente para selecionar os grãos.

Porém, observa-se que o perfil P2 apresenta maior percentual de amostras pobremente selecionadas, isso se deve a presença de barras arenosas localizadas na foz do rio Itapessoca que diminui o transporte para o perfil P1. Esses sedimentos trazidos pelo rio são depositados no perfil P2 através da corrente de deriva.

Nos perfis P4, P5 e P6 a presença de sedimentos mal selecionados está condicionada a fragilidade dos grãos de halimedas, que se são facilmente quebrados e apresenta diferentes frações.

Figura 48 - Comparação entre os percentuais de Seleção na área estudada. Nos setores de estirâncio e pós-praia a predominância foi de areia moderadamente selecionada.



Fonte: A autor (2022).

5.5 - 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.

A assimetria negativa ocorre quando há remoção de grãos finos tornando o sedimento melhor selecionado. A assimetria positiva é esperada para grãos de transporte unidirecional, como transporte fluvial e eólico.

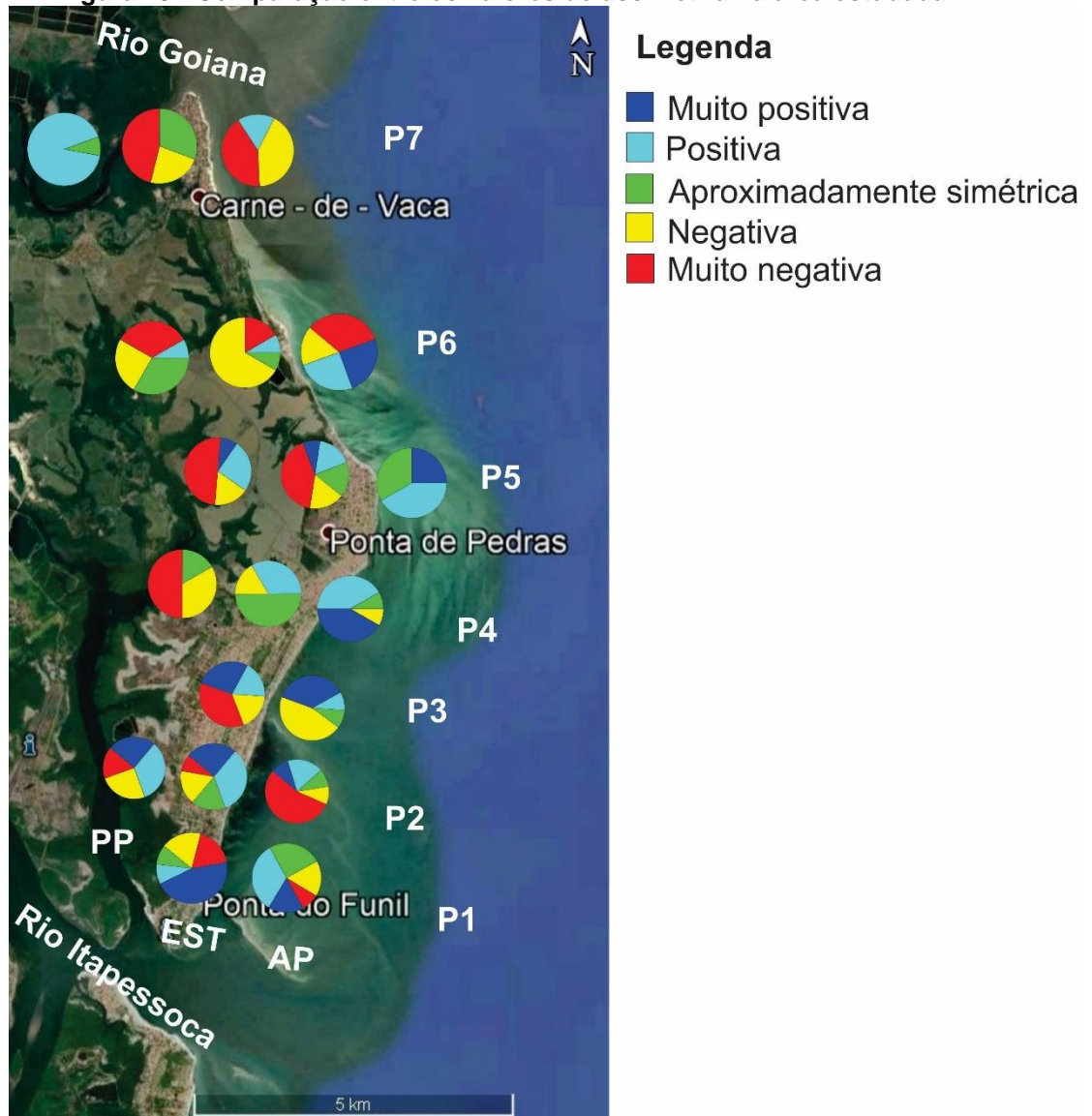
Na análise granulométrica foi observado a predominância de assimetria positiva e/ou muito positiva nos perfis P1 (antepraia e estirâncio), P2 (estirâncio e pós-praia) e P3 (antepraia e estirâncio) (figura 49). A assimetria positiva nos perfis P1 e P2 é resultado da proximidade da desembocadura do rio Itapessoca que traz sedimentos de diferentes frações. O principal transporte no setor de pós-praia é o eólico (assimetria positiva), porém a presença da assimetria negativa no perfil P2, pode ser explicada pela vegetação que impede este retrabalhamento pela ação do vento. Por outro lado, a assimetria negativa predominante no setor de antepraia do perfil P2 condiz com o esperado para sedimentos praias e é resultado da melhor seleção dos grãos neste setor.

No perfil P3 a predominância foi de assimetria negativa, porém com altos percentuais de assimetria positiva e muito positiva, indicando que esta praia ainda tem influência dos sedimentos do rio Itapessoca. O setor de antepraia dos perfis P4, P5 e P6 também apresentou valores elevados de assimetria positiva e muito positiva devido a presença das halimedas que ao se fragmentarem fazem com que haja diferentes frações granulométricas.

No setor de estirâncio do perfil P4 predominou a assimetria aproximadamente simétrica. Neste mesmo setor dos perfis P5, P6 e P7 a maioria das amostras foram classificadas com assimetria negativa e muito negativa, apresentando baixos valores

de assimetria positiva e/ou muito positiva (8,33% a 16,67%) devido a presença de alguns fragmentos de halimedas permaneceram no estirâncio.

Figura 49 - Comparação entre os valores de assimetria na área estudada.



Fonte: O autor

5.6 Morfoscopia

A morfoscopia é uma metodologia descritiva que tem o papel de descrever as propriedades da superfície dos grãos. Para isso, é analisado o grau de arredondamento, observando as influências de transporte e o agente transportador. Fatores como angulosidade e arredondamento dos grãos representam distância e a força de transporte.

Pettijohn (1957) propôs o uso do arredondamento como indicador da maturidade do sedimento e é usado principalmente para sedimentos inconsolidados. Contudo, para que seja eficaz esse estudo, deve-se observar diversos grãos, normalmente 100 do mesmo mineral. Segundo Suguio (1998), os grãos maduros são resultados de grãos mais arredondados e esféricos. De acordo com Kuenen (1960), as mudanças na forma e no arredondamento dos grãos de areia ao longo dos rios e praias são resultadas da seleção da forma e não devido à abrasão. Os grãos eólicos geralmente têm uma textura opaca. Já os grãos de areia debaixo d'água têm uma superfície lisa e brilhante.

Não foram observadas mudanças significativas entre as amostras coletadas no inverno e verão. Na análise foi revelada uma tendência dos grãos quanto ao grau arredondamento na antepraia e na pós praia a se portarem como angulosos e muito angulosos, e no setor de estirâncio, angulosos e subangulosos.

Nos setores de estirâncio e pós praia, a composição mineralógica foi predominantemente quartzosa: quartzo hialino. No setor de antepraia, o quartzo foi predominante nos perfis 1, 2, 3 e 7. Contudo, nos perfis 4, 5 e 6 houve predominância de carbonatos, com presença de fragmentos de halimedes, de *lithothamnium* e de conchas e gastrópodes. O percentual de preservação desse material carbonático está mais conservado da pós praia para a antepraia, apresentando conchas inteiras na antepraia. No estirâncio, devido à ação das ondas, esse material se encontrou mais fragmentado.

Em geral os perfis apresentaram pequena quantidade de grãos de quartzo com óxido de ferro e estes grãos não estavam muito oxidados. Além disso, também foi muito pequena a quantidade de feldspato nas amostras estudadas.

Assim como descrito na literatura, os grãos de quartzo da pós praia apresentaram-se menos brilhantes, com marcas de choques entre os grãos, devido ao transporte eólico. Os grãos da antepraia são os grãos mais transparentes.

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.

Apesar disso, no final do ano de 1832 houve uma alteração 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).

Segundo Mesquita (2003), essa modificação na referência está associada à primeira observação de maré, realizada no porto do Rio de Janeiro durante todo o ano de 1831, pois como se encontravam em grande momento de expansão e desenvolvimento socioeconômico, estavam sendo construídas diversas instalações portuárias e de navegação marítima na localidade.

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

A linha de preamar máxima foi estabelecida percorrendo todo o litoral do município de Goiana, da Ponta do Funil até Carne de Vaca. Situado entre os rios Itapessoca e Goiana, foram percorridos 15 quilômetros observando as feições morfológicas típicas na praia estudada que foram identificadas as escarpas de berma (figura 50), a linha de vegetação (figura 51), a linha de deixa (figura 52) e os muros e enrocamentos construídos para preservação das casas (figura 53).

Após o estabelecimento da linha de preamar máxima, foi revelado um litoral com delimitado por 16% de linha de vegetação, 18% com linha de deixa, 28% escarpas de berma e 38% com construções (materialização da linha de costa), na sua maioria muros de contenção (figura 54). Esse resultado mostra que o litoral do município de Goiana encontra-se moderadamente preservado, apresentando 62% dos indicadores naturais da linha de preamar máxima.

Nos trechos central e sul, entre Ponta de Pedras e Catuama predominam as obras costeiras, com o maior percentual de indicadores não naturais. Este setor representa mais de 90% dos indicadores de construções, que dentre estas tem-se condomínios, casas, restaurantes e bares construídos em cima da faixa de pós-praia. Além da construção em local inapropriado, esses condomínios impedem o acesso de moradores e turistas à praia.

Figura 50 - Escarpa de berma como indicador da linha de preamar máxima



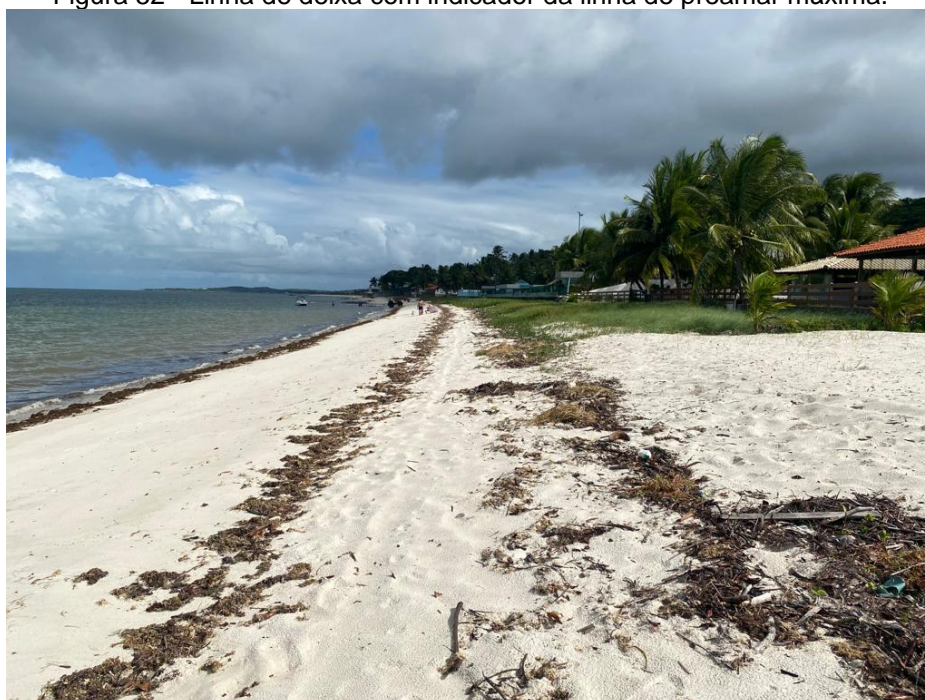
Fonte: O autor.

Figura 51 - Linha de vegetação como indicador da linha de preamar máxima.



Fonte: O autor.

Figura 52 - Linha de deixa com indicador da linha de preamar máxima.



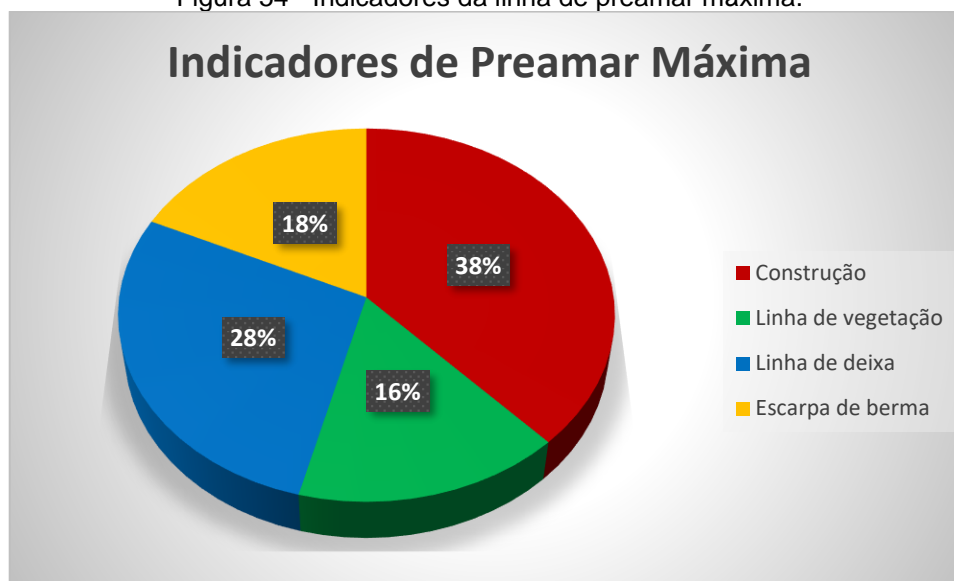
Fonte: O autor.

Figura 53 - Construção em Catuama (enrocamento) como indicador da linha de preamar máxima.



Fonte: O autor.

Figura 54 - Indicadores da linha de preamar máxima.



Fonte: O autor.

Os trechos com indicadores de escarpas de bermas foram localizados no litoral sul do município, entre Catuama e a Ponta do funil e no litoral norte, nas praias de Tabatinga e Atapuz. Em alguns locais do litoral norte foram observados trechos de “sobre passagem”, cujo a maré ultrapassou a escarpa de berma, marcada pela linha de deixa, sem destruir a mesma.

Os resultados deste levantamento foram comparados com levantamento da linha de preamar máxima de Madrugá (2016) e observou-se que houve um aumento de 7% dos indicadores não naturais. Além disso, foram observadas três situações em relação ao posicionamento da linha de preamar máxima.

O trecho que compreende Ponta de Pedras até Catuama, nas coordenadas UTM 299000E e 9154125S, predominou a estabilização da linha de costa. Porém, isso é resultado das construções que impediram o recuo da linha de costa. Em alguns locais, foi observado a degradação dessas construções, com restos de construções e rochas do enrocamento espalhados pela praia (figura 55) além da atuação do processo erosivo nos muros de casa e contenção, expondo as fundações dos mesmos (figura 56).

O principal processo que ocorreu no litoral de Goiana, foi a retrogradação da linha de costa. No trecho situado entre as coordenadas UTM 299000E e 9154125S e a Ponta do Funil foi predominante o de recuo da linha de costa, sendo o extremo sul o local mais atingido por este processo, que apresentou recuo de até 40 metros em cinco anos, como no perfil praiar P1.

No centro de Ponta de Pedras, onde está localizado o perfil P4 do levantamento morfodinâmico, foi observado que também houve um recuo, porém em pequenas proporções, apesar do intenso grau de urbanização, que pode ser explicado pelos calcários da formação Maria Farinha que afloram e recifes que predominam na localidade (figura 57).

Na porção norte do município, entre as coordenadas UTM 298157E e 9161616S e 298590E e 9160622S, foi observado que a retrogradação foi menos acentuada, visto que se trata de uma área menos urbanizada que o setor sul e por apresentar alguns espigões. Também foi observado o processo erosivo de uma falésia na porção norte do município, em um trecho onde não há urbanização (figura 58).

Os espigões também são observados no extremo norte da área, construídos com sacos de areia e madeira ou com blocos de rochas. Essas estruturas tem o papel de reter os sedimentos a montante. Por isso, nesta localidade foi observado a progradação da linha de costa. Esta progradação está diretamente associada às estruturas de contenção, não sendo um processo natural.

Figura 55 -Restos de construções e rochas do enrocamento espalhados pela praia.



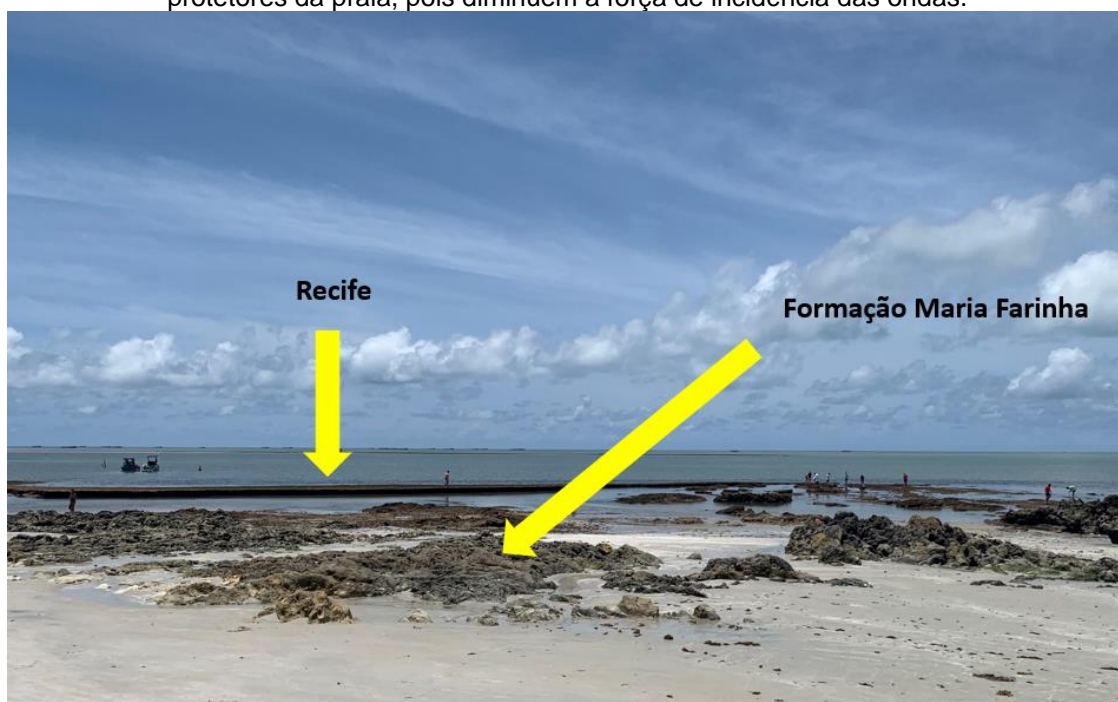
Fonte: O autor.

Figura 56 - Fundações do muro expostas pelo processo erosivo.



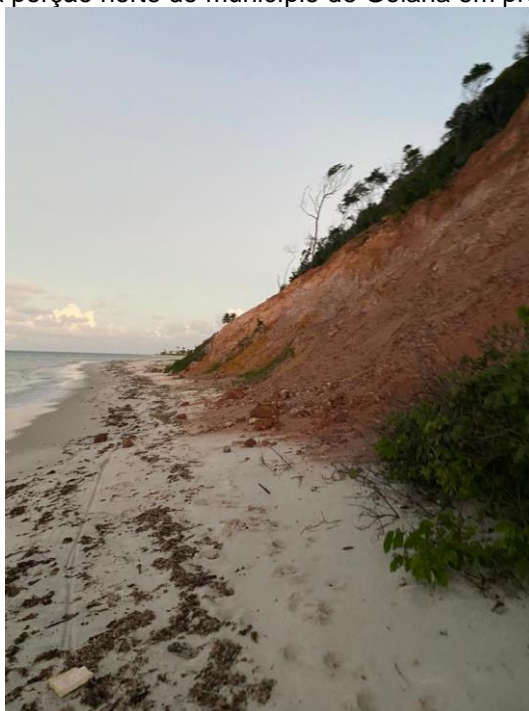
Fonte: O autor.

Figura 57 - Recife e Formação Maria Farinha aflorando na praia. Essas estruturas servem como protetores da praia, pois diminuem a força de incidência das ondas.



Fonte: O autor.

Figura 58 - Falésia localizada na porção norte do município de Goiana em processo erosivo.



Fonte: O autor.

CAPÍTULO 7 - VULNERABILIDADE À EROSÃO MARINHA

7.1 Generalidades

As praias do município de Goiana são áreas turísticas e urbanas em desenvolvimento acelerado devido a 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

O grau de vulnerabilidade no município de Goiana, foi predominantemente alto no trecho sul, nos setores 6 e 9 (tabela 18). Este é caracterizado pela ausência do setor de pós praia, que foi substituída pela urbanização, com presença de casas, condomínios e bares. Além disso, o que contribui para esse trecho apresentar alto grau de vulnerabilidade é o elevado desenvolvimento urbano e a presença de estrutura de artificiais (tabela 1). O setor 9 ainda não possui estruturas naturais de proteção, o que eleva ainda mais o grau de vulnerabilidade.

Tabela 18 - Grau de vulnerabilidade à erosão costeira dos setores das praias do município de Goiana. Os parâmetros são: (I) presença ou ausência de pós praia, (II) estruturas de proteção natural, (III) desenvolvimento urbano e (IV) estruturas artificiais.

Setores	PARÂMETROS				Resultado	Grau de Vulnerabilidade
	I	II	III	IV		
1	2	1	2	1	6	Moderado
2	1	1	1	1	4	Baixo
3	2	1	1	1	5	Moderado
4	1	1	1	0	3	Baixo
5	2	0	3	0	5	Moderado
6	3	0	3	1	7	Alto
7	2	1	2	0	5	Moderado
8	2	1	1	0	4	Baixo
9	3	1	2	1	7	Alto

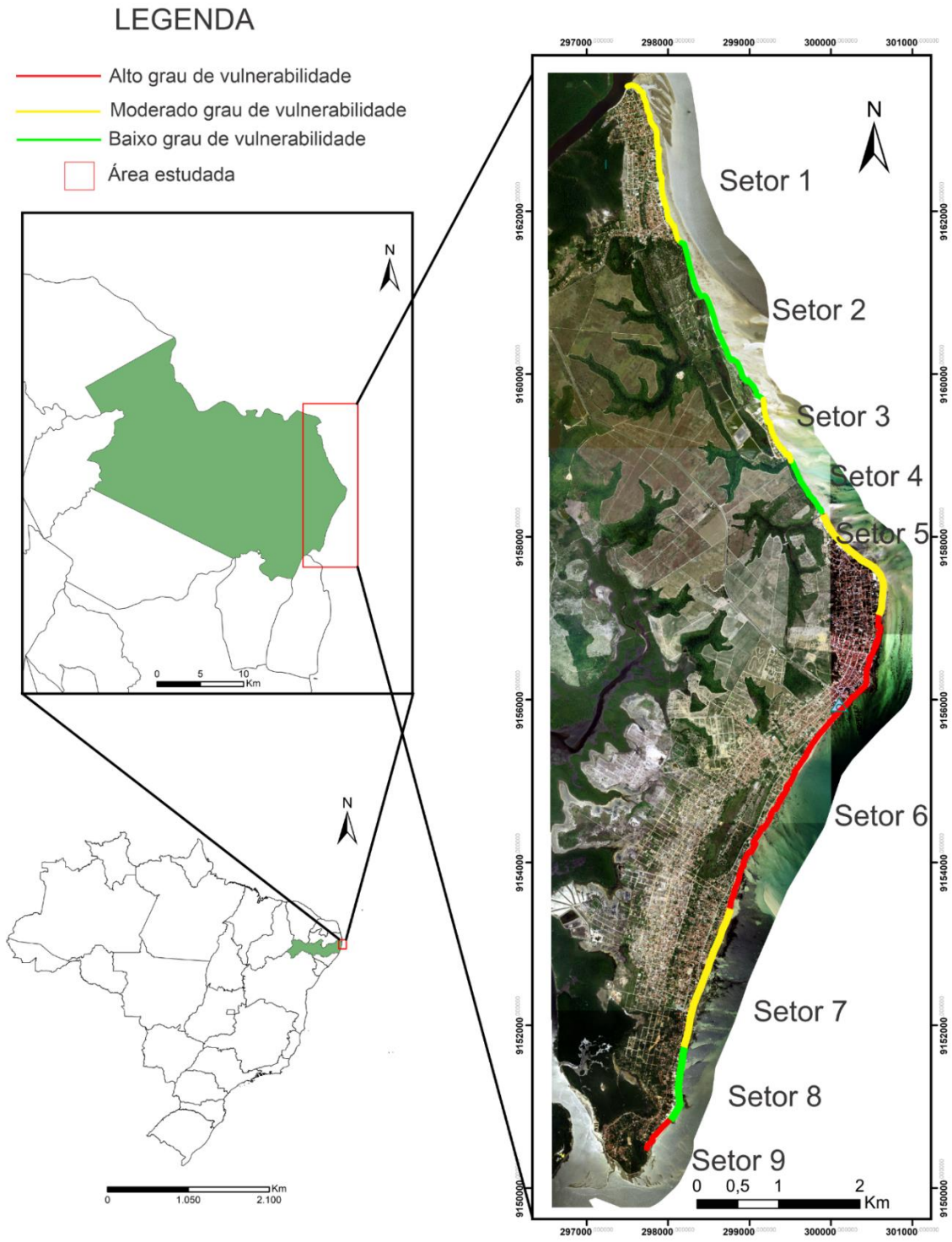
Fonte: O autor.

Porém, entre os setores 6 e 9, encontram-se dois outros com vulnerabilidade moderada (7) e baixa (8) (Figura 59). Esses níveis mais baixos de vulnerabilidade estão associados à menor urbanização e a presença de estruturas de proteção natural, como os recifes. Além disso, nesses locais, as praias apresentam todos os setores (antepraia, estirâncio e pós praia) bem desenvolvidos.

O litoral norte apresentou menor grau de vulnerabilidade em relação ao litoral sul. Dos 7 quilômetros estudados da porção norte, 60% teve grau de vulnerabilidade moderado e 40% baixo. Em geral, o litoral norte é menos ocupado, e conseqüentemente, há menor ocupação da faixa de pós praia. Porém, no extremo norte, no setor 1, na praia de Carne de Vaca, há diversos espigões formados por rochas ou sacos de areia com a finalidade de reter sedimentos a montante. Apesar disso, essas estruturas geram déficit de sedimentos a jusante, aumentando a vulnerabilidade da praia (figura 60).

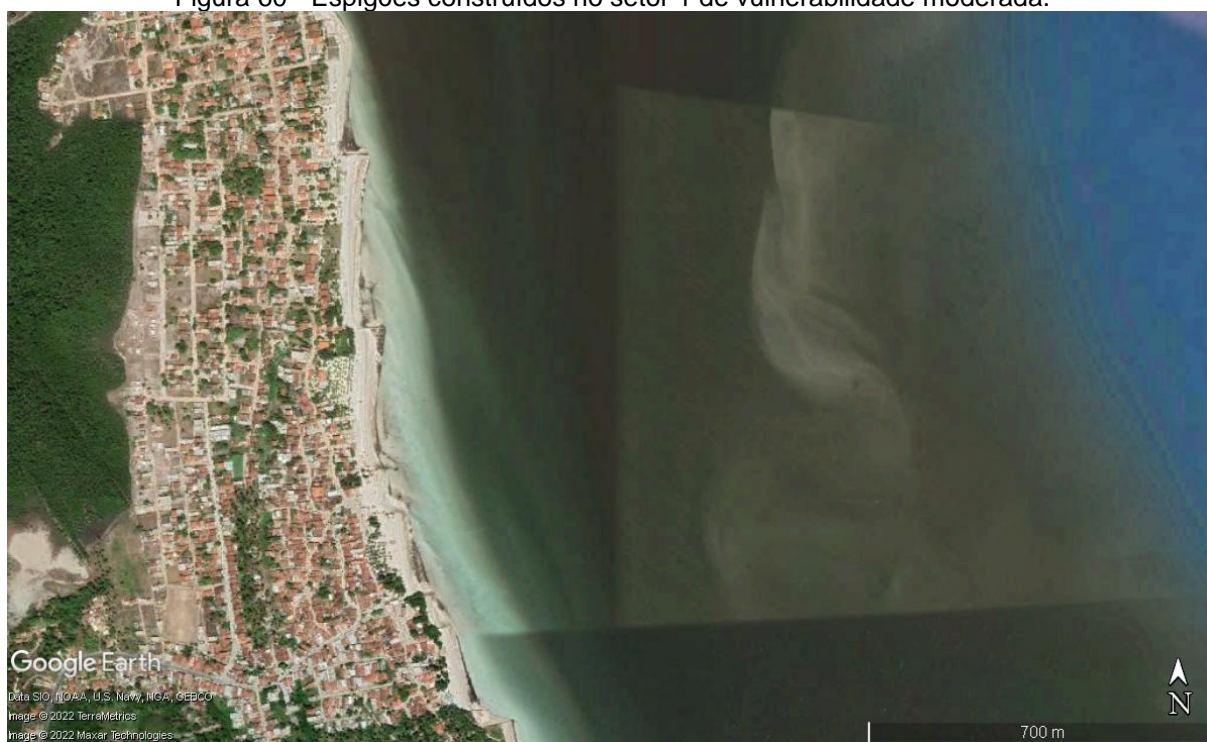
Além disso, no trecho norte existe a Reserva Ecológica Aparauá, que representa aproximadamente 700 metros de extensão na zona costeira. Dessa forma, nesta área não é permitido realizar construções, diminuindo a vulnerabilidade no local.

Figura 59- Mapa de vulnerabilidade do município de Goiana, Pernambuco.



Fonte: O autor.

Figura 60 - Espigões construídos no setor 1 de vulnerabilidade moderada.



Fonte: Google Earth (2022).

CAPÍTULO 8 – PLATAFORMA CONTINENTAL

8.1 Introdução

Segundo a classificação de Heezen & Menard (1966), a província fisiográfica da plataforma continental pertence a morfologia da margem continental, sendo definida como continuação da extensão submersa do bloco continental. Sua morfologia é normalmente plana, mergulhando desde a praia com gradiente de inclinação inferior a 1:1000, até uma mudança acentuada de gradiente, conhecida como borda ou ruptura da plataforma.

Segundo Dominguez (2002), a morfologia ampla e plana das plataformas continentais está diretamente relacionada às séries de regressões e transgressões marinhas, associadas a época de glaciação e deglaciação global.

Em geral a quebra da plataforma ocorre em média nos 130 metros de profundidade, porém esta pode variar de local para local. Assim como a profundidade, a largura da plataforma também varia, podendo ser bastante larga em determinados locais, variando de poucos quilômetros a mais de 400km.

No Brasil, a plataforma mais larga se localiza na foz do rio Amazonas, atingindo 330km. A plataforma mais estreita está localizada em Salvador e apresenta 8km de extensão.

A área da plataforma continental corresponde a aproximadamente 8% da área total dos oceanos, porém abriga a grande maioria dos organismos marinhos. Isso é devido à baixa profundidade, que permite a penetração de luz solar e conseqüentemente, alta produção primária na coluna d'água.

Kempf (1970) foi responsável pela primeira divisão da plataforma continental no Nordeste utilizando caráter biológico. Segundo ele, o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral seria na profundidade de 35 a 40 metros, caracterizado pelo desaparecimento do fanerógama *Halophila decipiens*, além de mudanças na flora algológica.

Levando em consideração a distribuição dos diversos tipos de sedimentos e vários aspectos da morfologia, Coutinho (1976) dividiu a plataforma continental no nordeste em plataforma interna, plataforma média e plataforma externa.

A plataforma interna representa a área entre a linha de praia e a isóbata de -20 metros. Esta é formada majoritariamente por relevo suave com poucas

irregularidades, resultado da presença de canais e de recifes que servem como substrato para o desenvolvimento de corais e algas. Neste setor predominam as areias terrígenas de composição quartzosa e granulometria média à grossa, apresentando pequena quantidade de material biodetrítico, que aumenta com a profundidade. Também é observado em quantidade muito pequena cascalho e manchas de lama que se localizam nas depressões dos substratos entre a praia e os recifes. Os sedimentos transportados pelos rios, são predominantemente formados por argila e silte terrígeno, de coloração escura e elevados teores de matéria orgânica e também apresentam pequena quantidade de areia biodetrítica. O teor de carbonato de cálcio é inferior a 25% e predominam as associações carbonáticas, como a *Halimeda*, moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos e algas coralinas ramificadas e incrustantes. Devido à energia elevada desse ambiente, os materiais bióticos são bastante retrabalhados.

A plataforma média representa a área entre as isóbatas de -20 e -40 metros e apresenta relevo mais irregular, com canais representativos e paleovales que foram formados em épocas pretéritas com a dissecação da plataforma quando expostas. Nesta porção da plataforma, os sedimentos mais representativos são compostos por areias e cascalhos formados por algas coralinas maciças, ramificadas e concreções e/ou artículos de *Halimeda*, foraminíferos, briozoários e moluscos. Diferentemente da plataforma interna, na plataforma média, as associações carbonáticas não apresentam sinal de retrabalhamento.

A plataforma externa compreende o trecho entre as isóbatas de -40 e -60 metros. Este setor é caracterizado pela presença de vales e cristas perpendiculares à costa. Este tipo de feição representa um sistema de erosão da plataforma carbonática, exposta subaereamente, devido à sedimentação subsequente não ter sido suficiente para recobri-las. A plataforma externa é coberta por areias biodetríticas, cascalhos de algas e lama cinza azulado. Nesta área a *Halimeda* tende a ser mais abundante que nas anteriores e o apresenta o teor de carbonato de cálcio maior, superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas e este trecho não apresenta energia suficiente para isso, isso evidencia o caráter relíquia dos sedimentos, ou seja, esses sedimentos foram acumulados em uma época que o nível do mar estava mais baixo. A plataforma externa apresenta uma ruptura múltipla em degraus, que corresponde aos terraços de bordo de plataforma.

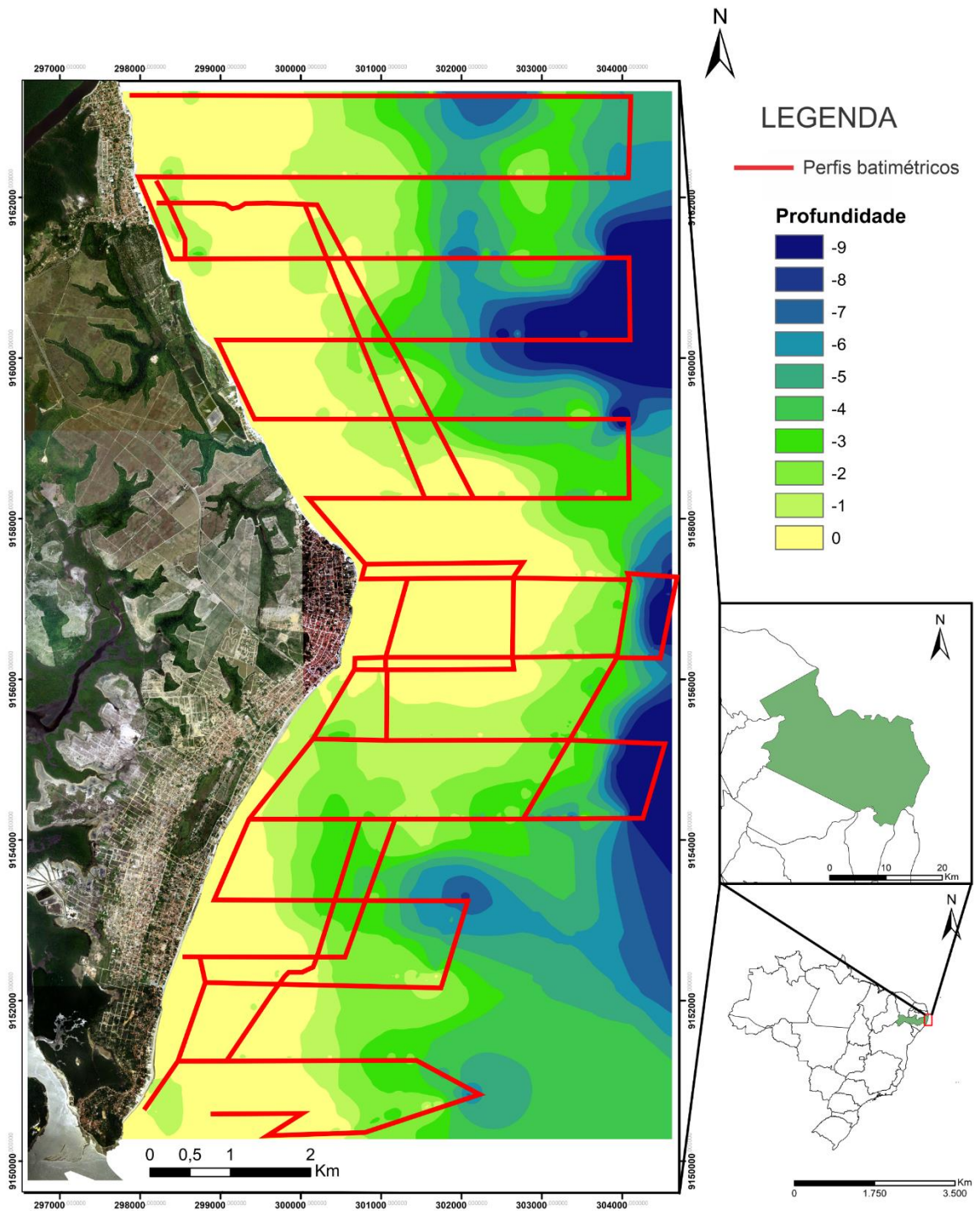
De acordo com COUTINHO *et al.* (1994), a maior parte da plataforma continental de Pernambuco apresenta largura reduzida, 35km em média, declive suave, água relativamente quentes, elevada salinidade, pouca profundidade, quebra da plataforma em média de -50 a -60m e uma cobertura sedimentar predominantemente composta por sedimentos carbonáticos biogênicos.

Segundo COUTINHO *et al.* (1994), o baixo índice de erosão e a pequena taxa de sedimentação marinha na plataforma, podem ser responsáveis pela reduzida largura, enquanto pouca profundidade é atribuída à ineficiência de processos marinhos durante o Pleistoceno, atuando sobre uma margem continental estreita e abrupta com evidência de levantamentos recentes. É possível, ainda, que a Corrente do Brasil possa, em parte, explicar o modesto desenvolvimento da plataforma continental da área, similarmente ao que ocorreu com a plataforma sudeste de Angola. Um dos traços morfológicos mais característicos do nosso litoral, é sem dúvida a presença constante, na plataforma interna adjacente, de linhas de rochas de praia (beach rocks), geralmente paralelos à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de algas e corais, além de constituir uma efetiva proteção ao litoral, na medida em que absorve em torno de 70% da energia das ondas incidentes, mesmo estando completamente submerso. A plataforma continental de Pernambuco é caracterizada por importante e ativa produção carbonática orgânica, que se traduz pelo grande desenvolvimento de fundos de algas calcárias (COUTINHO *et al.* 1994). O objetivo principal do levantamento batimétrico da plataforma continental interna (até a profundidade de 6 metros) foi analisar a distribuição dos sedimentos que cobrem essa plataforma, relacionando com as feições do fundo oceânico, contribuindo para o entendimento dos ambientes litorâneos modernos.

8.2 Levantamento Batimétrico

Para a realização deste levantamento, foram realizados 14 perfis batimétricos ao longo de toda a costa do município de Goiana, com direção Leste/Oeste, até a isóbata de 6 metros, espaçados por 1 quilômetro (figura 61).

Figura 61 - Mapa contendo os perfis batimétricos realizados.



Fonte: O autor.

8.2.1 Resultados

O mapa batimétrico da plataforma interna adjacente (Figura 62), tem aproximadamente 90km² e apresenta morfologias de fundos distintas entre os setores norte, central e sul.

De modo geral, os setores norte e central apresentam fundo rochoso, com rochas de praia, enquanto no setor sul, há um fundo mais homogêneo, com predominância de bancos de areia.

O Perfil A-A' é localizado no extremo norte da praia de Carne de Vaca, muito próximo ao rio Goiana. Este perfil apresentou dois paleocavas, o primeiro localizado entre as distâncias de 600 e 900 metros, atingindo 1,25 metro de profundidade (figura 63). A segunda se situou entre as distâncias de 4000 e 5000 metros e atingiu a profundidade de 7,5 metros. Entre 2000 e 2500 metros há uma inclinação bastante acentuada, que tem uma pequena diminuição até os 3500m. Essas inclinações são prováveis locais onde há a ausência ou diminuição dos recifes.

O Perfil B-B' localiza-se no centro de Carne de Vaca e apresentou uma forte inclinação no início do perfil, marcada pela presença de um paleocava, atingindo a profundidade de 3,1 metros (figura 64). Após este trecho, observou-se um fundo marinho bastante rochoso, formado por recifes, com diversas irregularidades. A 3600 metros da costa, é observado outro paleocava que atinge a profundidade de 6 metros. Este é o mesmo paleocava do perfil A-A', porém apresenta menor profundidade. Após o paleocava, tem-se novamente um fundo rochoso, composto por recifes que fazem com que a profundidade seja bastante irregular. Esta irregularidade ocorre até atingir a distância de 5250 metros da costa, cujo mergulho novamente se torna acentuado até atingir profundidades acima de 6 metros.

Figura 62 - Mapa batimétrico do município de Goiana, Pernambuco.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 Centro de Ciências
 Programa de Pós-Graduação em Geologia

Influência das ondas e das características geomorfológicas no zoneamento territorial em Goiana, litoral norte de Pernambuco, Brasil

Autor: Marcelo Menezes Diniz Madruga

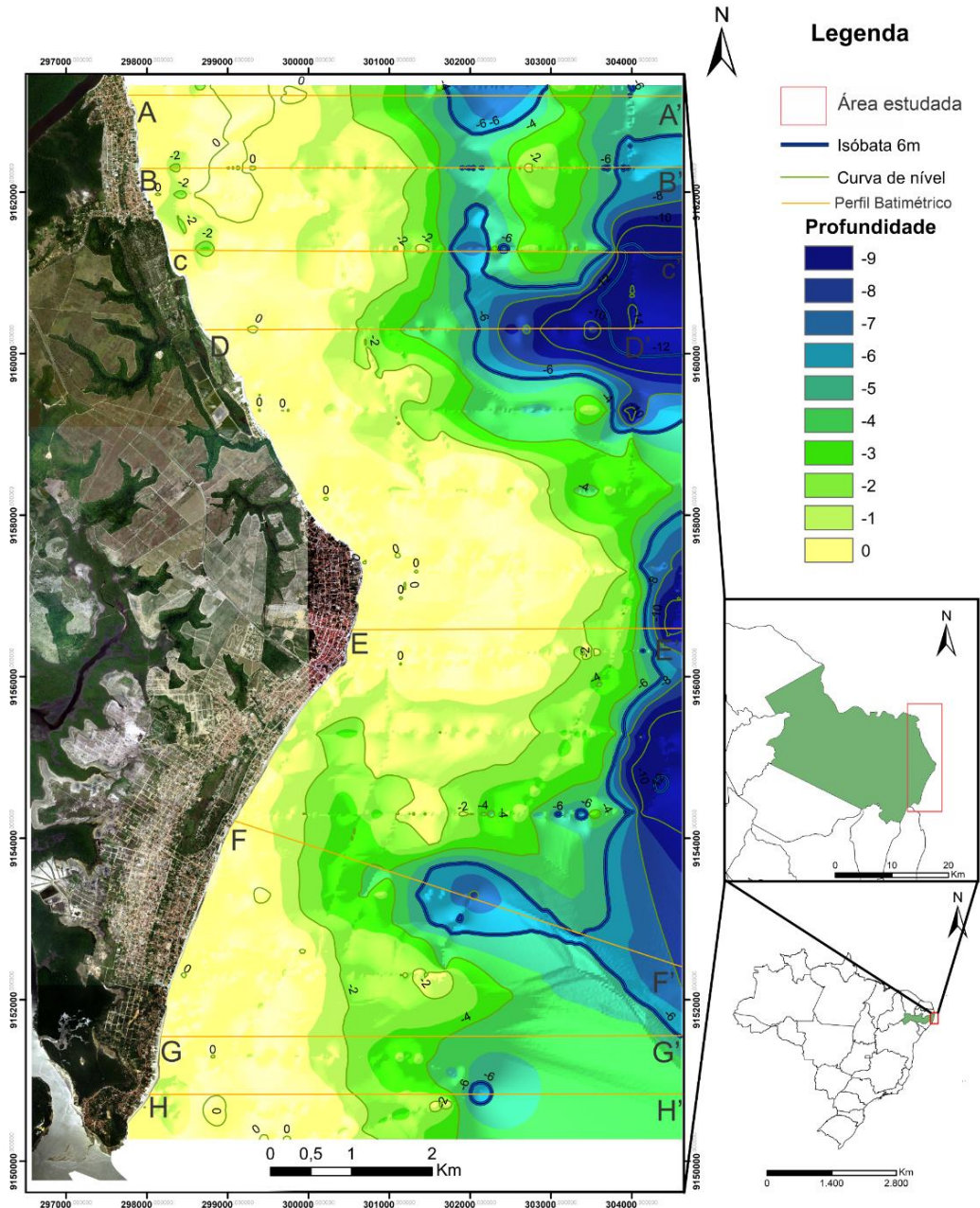
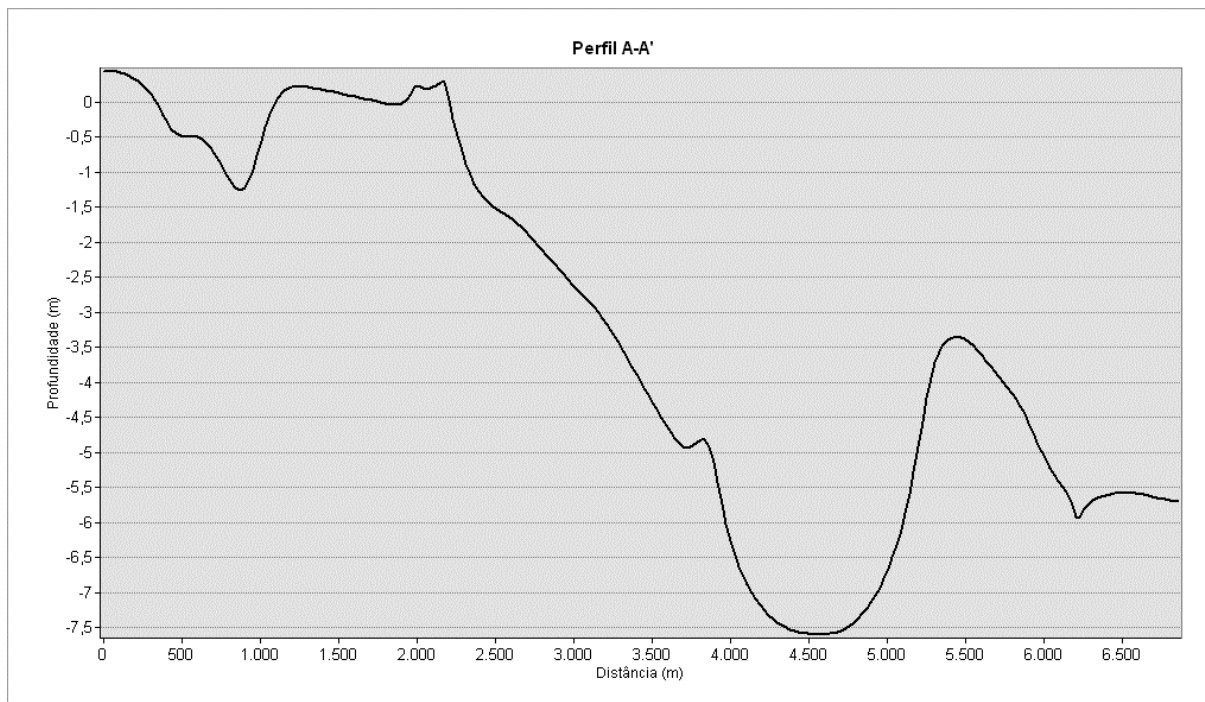
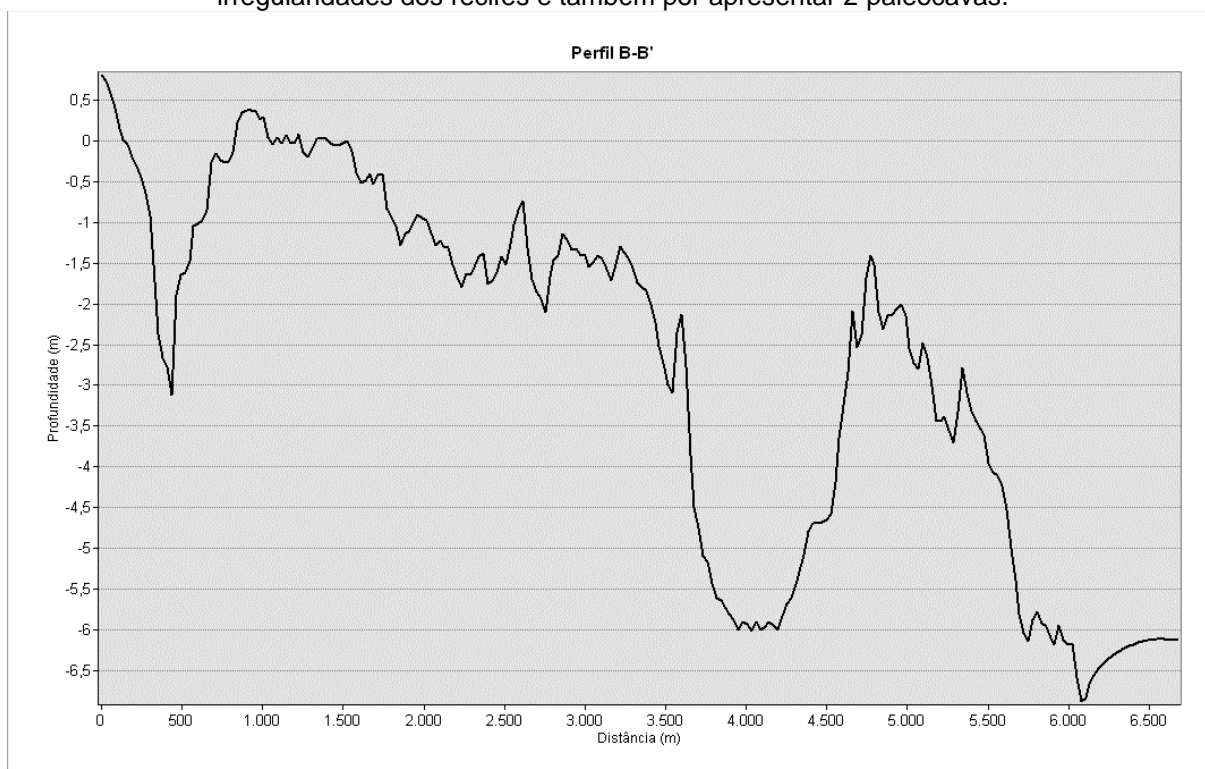


Figura 63 - Perfil A-A' localizado no extremo norte da área estudada. Este perfil apresenta dois paleocavas.



Fonte: O autor.

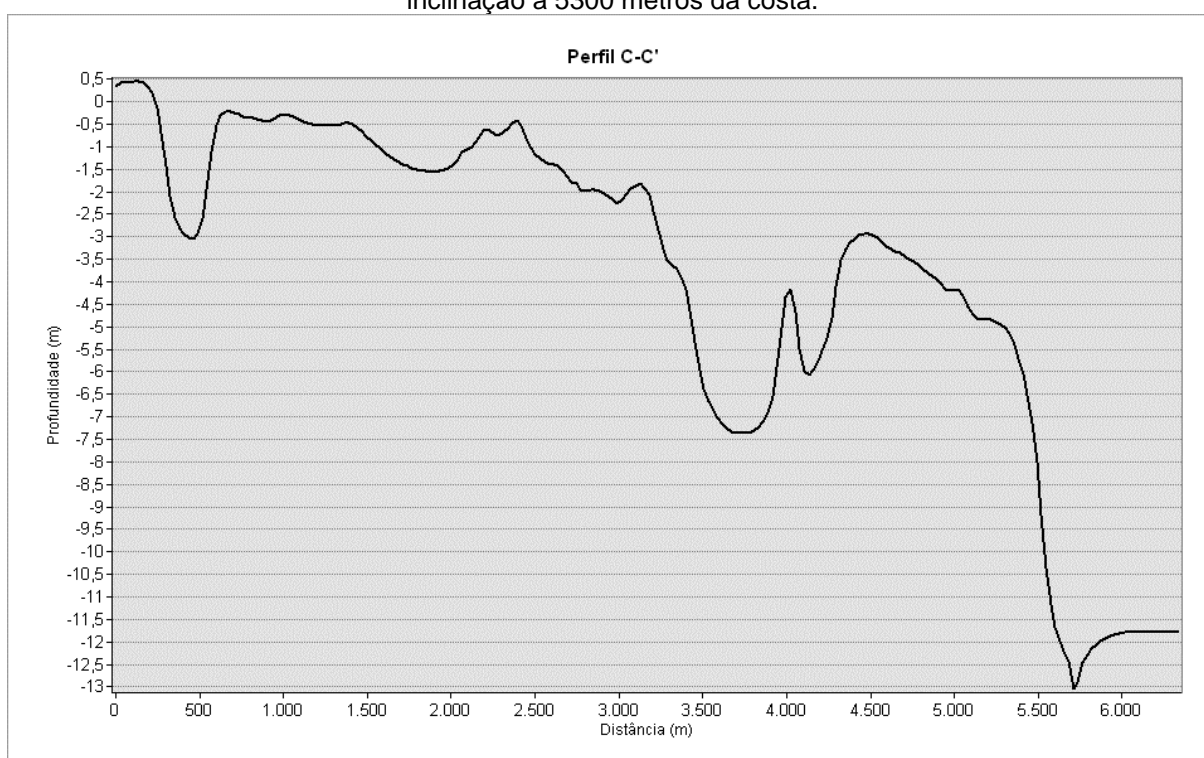
Figura 64 - Perfil B-B' localizado na porção norte da área estudada. Este perfil é marcado pelas irregularidades dos recifes e também por apresentar 2 paleocavas.



Fonte: O autor.

O perfil C-C' está localizado a sul da praia de Carne de Vaca e apresenta características bastante semelhantes ao do perfil B-B'. Assim como nos perfis anterior, este também é composto por dois paleocavas, sendo o primeiro com 3 metros de profundidade e o segundo com 7,4 metros (figura 65). Diferentemente do perfil B-B', neste, entre os paleocavas, há muito menos irregularidades, variando 1,5 metro em 2,5 quilômetros. A quebra dos recifes ocorre na distância de 5300 metros, cujo mergulho se torna praticamente vertical e atinge a profundidade de 13 metros.

Figura 65 - Perfil C-C' localizado a sul da praia de Carne de Vaca. Este perfil apresenta forte inclinação a 5300 metros da costa.

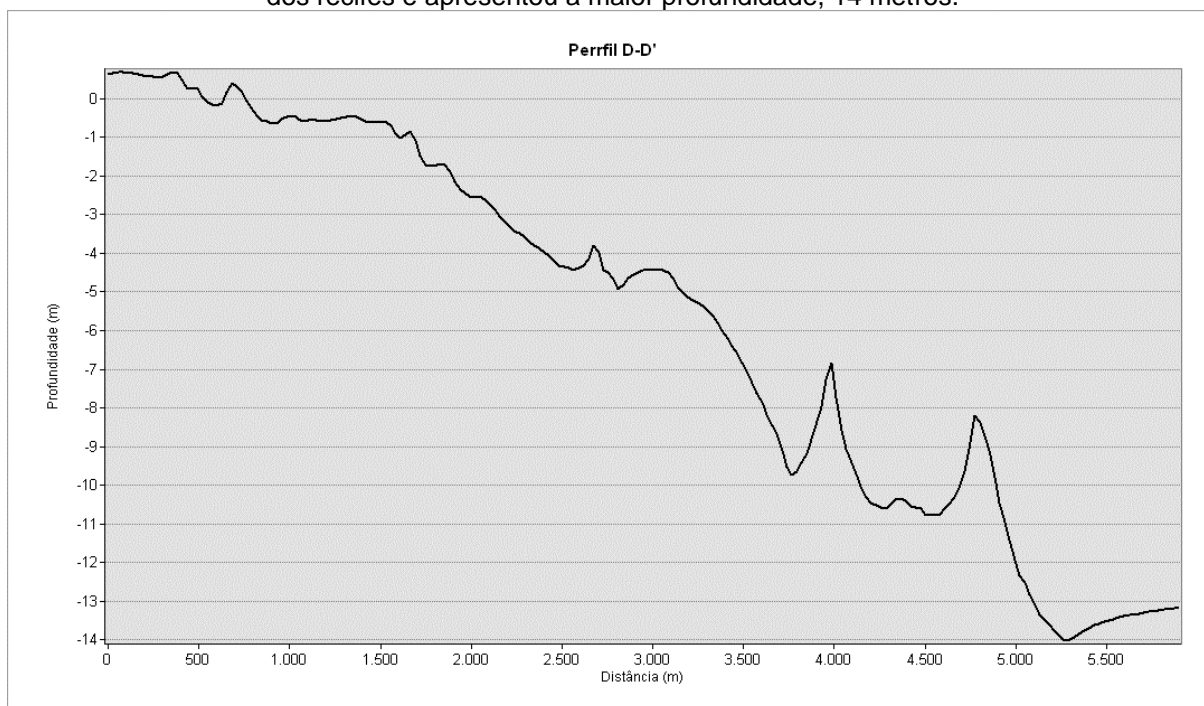


Fonte: O autor.

O perfil D-D' foi o perfil que apresentou a maior profundidade, atingindo 14 metros. Assim como nos perfis acima, este perfil também é formado por um fundo rochoso, porém, neste perfil existe menos irregularidades (figura 66). Observa-se a presença de dois picos, formando dois pequenos vales. O vale situado a distância de 3700 metros é um paleocava, o mesmo que liga os perfis anteriores. O outro vale está localizado entre as distâncias de 4000 e 4700 metros é resultado da abertura dos recifes. As maiores profundidades atingidas entre a abertura dos recifes e corais

pode ser resultado do aumento da corrente neste local, que transporta sedimentos para o continente. Após 4700 metros de distância da costa, tem-se uma inclinação acentuada, na qual há um acréscimo na profundidade de 1 metro para cada 92 metros de distância.

Figura 66 - Perfil D-D' localizado na porção norte da área. Este perfil se encontra em uma abertura dos recifes e apresentou a maior profundidade, 14 metros.



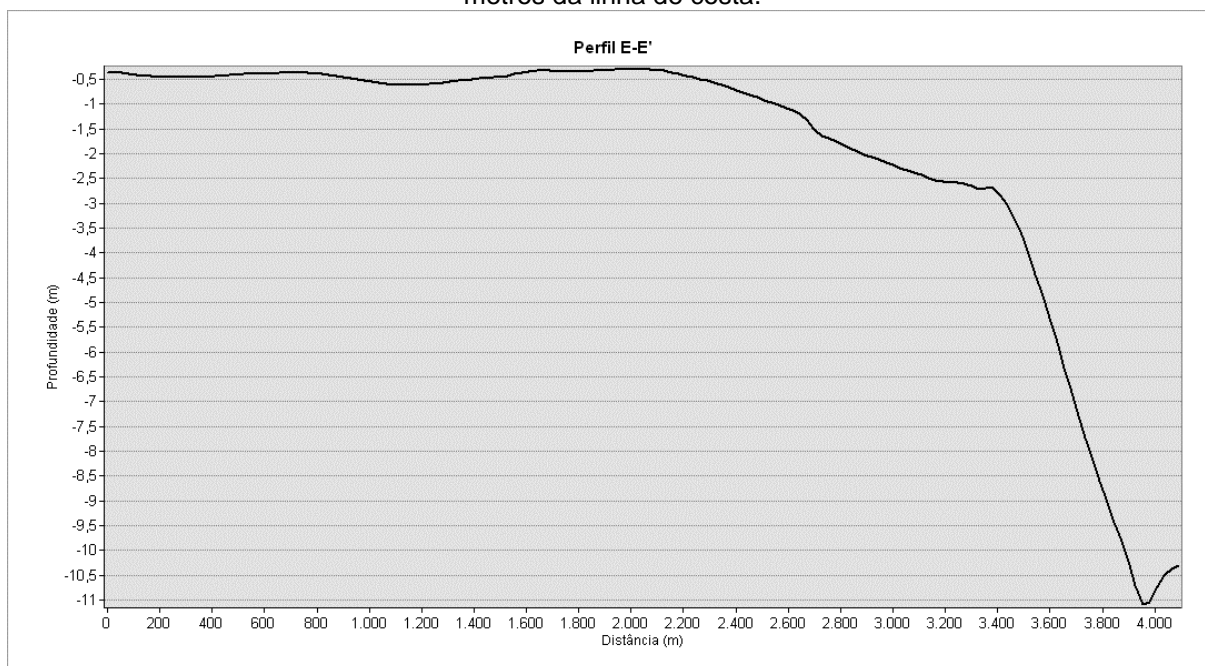
Fonte: O autor.

A granulometria dos sedimentos destes perfis foi bastante distinta ao longo dos perfis, variando de areia muito fina a areia grossa. As amostras foram predominantemente quartzosas com pequena quantidade de carbonato, exceto a 2500 metros de distância, pois o material carbonático foi dominante, apresentando-se quase sempre como halimedesas.

O Perfil E-E' localiza-se em frente ao centro de Ponta de Pedras. Este perfil tem um fundo rochoso bastante regular, na qual a variação de profundidade foi muito pequena até a distância de 2100 metros (figura 67). Devido à regularidade no fundo somado à composição carbonática predominante na localidade, é provável que este fundo marinho seja composto por uma associação de bancos de corais. Entre 2100 e 3300 metros, há um aumento na inclinação, porém ainda suave em relação aos perfis anteriores. A inclinação se torna acentuada a partir dos 3400 metros, na qual há um aumento de 8 metros de profundidade em apenas 500 metros. Este aumento

significativo da inclinação mostra que a partir desta distância, não há a presença dos bancos de corais ou eles são menos presentes. Na sedimentologia do perfil, este foi classificado com frações granulométricas variando de areia grossa a areia muito grossa, porém predominantemente com seleção pobre, com composição carbonática.

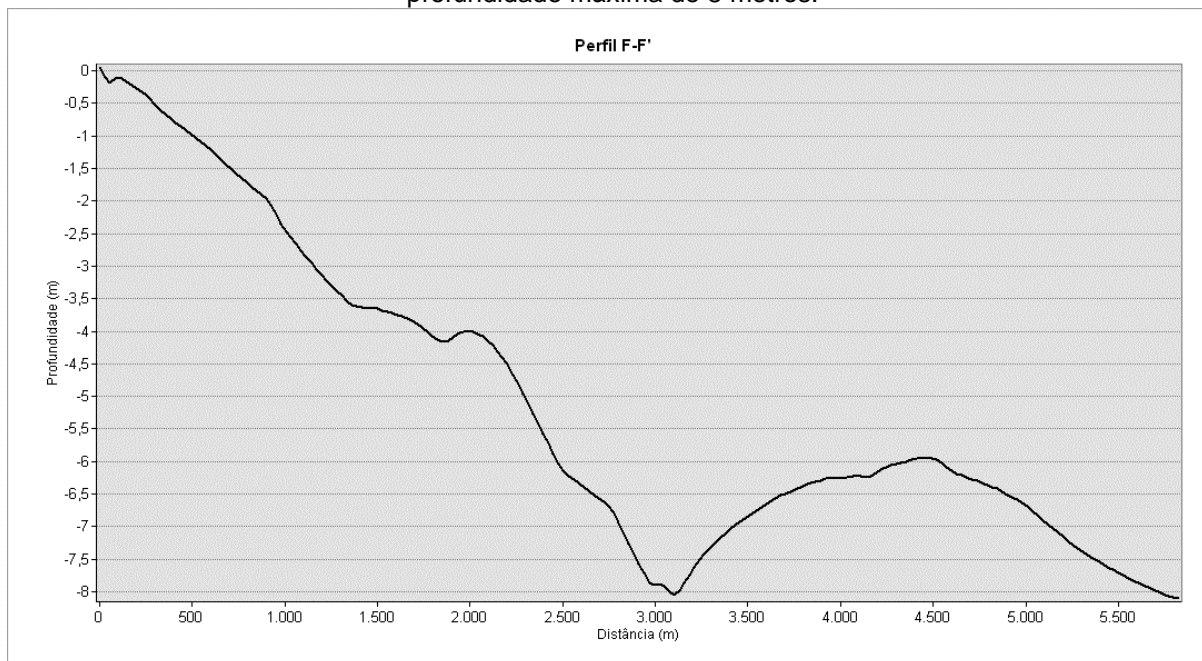
Figura 67 - Perfil E-E' localizado no centro de Ponta de Pedras. Este perfil é formado por um fundo rochoso regular, provável banco de corais e apresentou pequena variação de profundidade até 2100 metros da linha de costa.



Fonte: O autor.

O Perfil F-F' está situado na praia de Catuama e apresenta direção NW-SE. No trecho inicial do perfil, a inclinação é de 1/500, se tornando mais acentuada entre as distâncias de 1000 e 1400 metros (figura 68). A profundidade máxima do perfil é de 8 metros, atingida na distância de 3100 metros, em uma depressão formada na abertura dos recifes e corais. Após este trecho mais profundo, tem-se um provável grande banco de areia de aproximadamente 2,5 quilômetros de extensão. As amostras predominantes no setor deste perfil foram predominantemente quartzosas, mas apresentaram grãos carbonáticos. A granulometria variou de areia muito fina a areia grossa e a seleção de pobremente a bem selecionado. Os grãos mais distantes da costa foram os classificados como pobremente selecionados, isso pode ser resultado da diminuição da presença dos corais e recifes, fazendo com que as correntes transportem diferentes frações para o local.

Figura 68 -Perfil F-F' localizado em Catuama. Este perfil apresenta direção NW-SE e apresentou profundidade máxima de 8 metros.



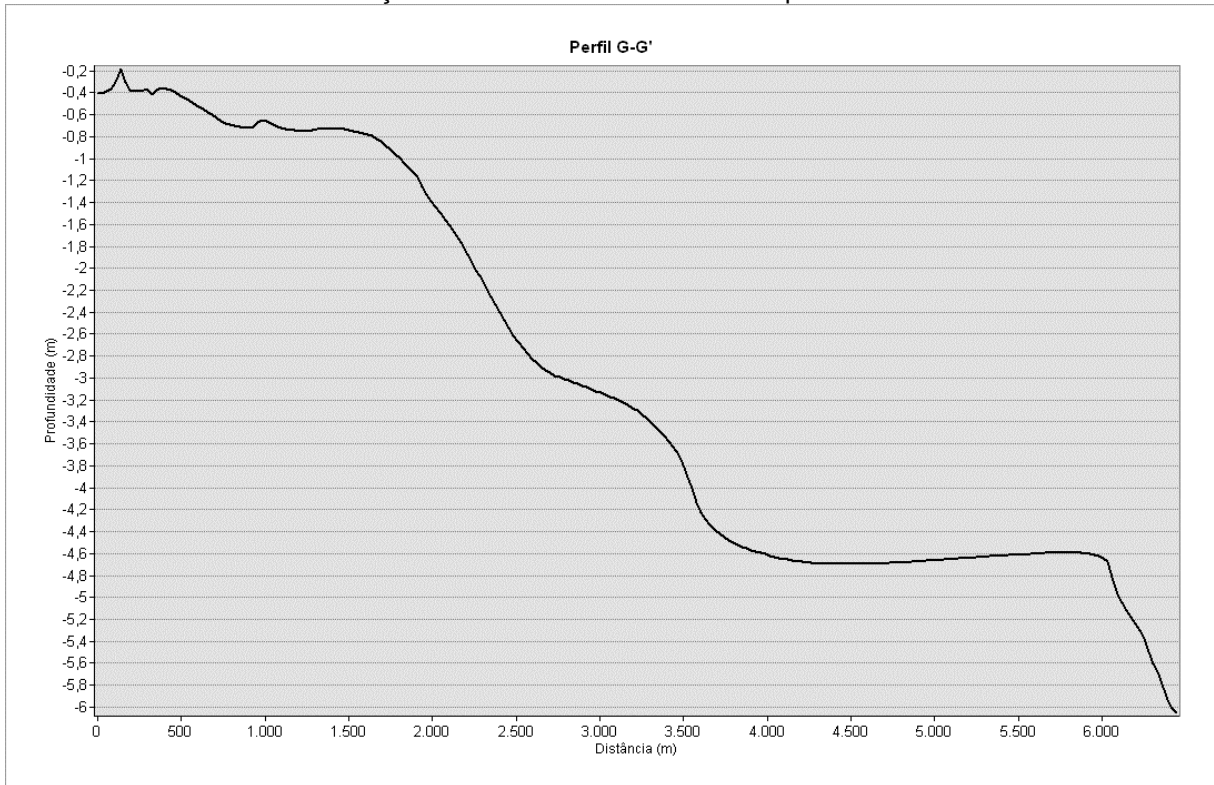
Fonte: O autor..

O perfil G-G' está localizado na porção sul da área, próximo à Ponta do Funil, numa região que tem influência do rio Itapessoca. Nos primeiros 1700 metros do perfil, tem-se uma inclinação suave, cuja profundidade não ultrapassa 1 metro (figura 69). Após essa região, há dois trechos de inclinações acentuadas que são intercalados por uma suavização entre as distâncias de 2500 e 3000 metros. Foi observado a presença de um terraço marinho a uma profundidade de 4,6 metros, entre as distâncias de 3600 e 6000 metros. Após este terraço, o perfil apresenta forte inclinação, atingindo a profundidade de 6,1 metros.

O perfil H-H' situa-se na Ponta do Funil e apresenta uma depressão nos primeiros 250 metros (figura 70). Este trecho é seguido por um banco de areia de aproximadamente 1km, parcialmente formado por sedimentos provenientes do rio Itapessoca. Após o banco de areia, tem-se uma forte inclinação localizada até os 2900 metros de distância interrompida por um pequeno terraço de 300 metros.

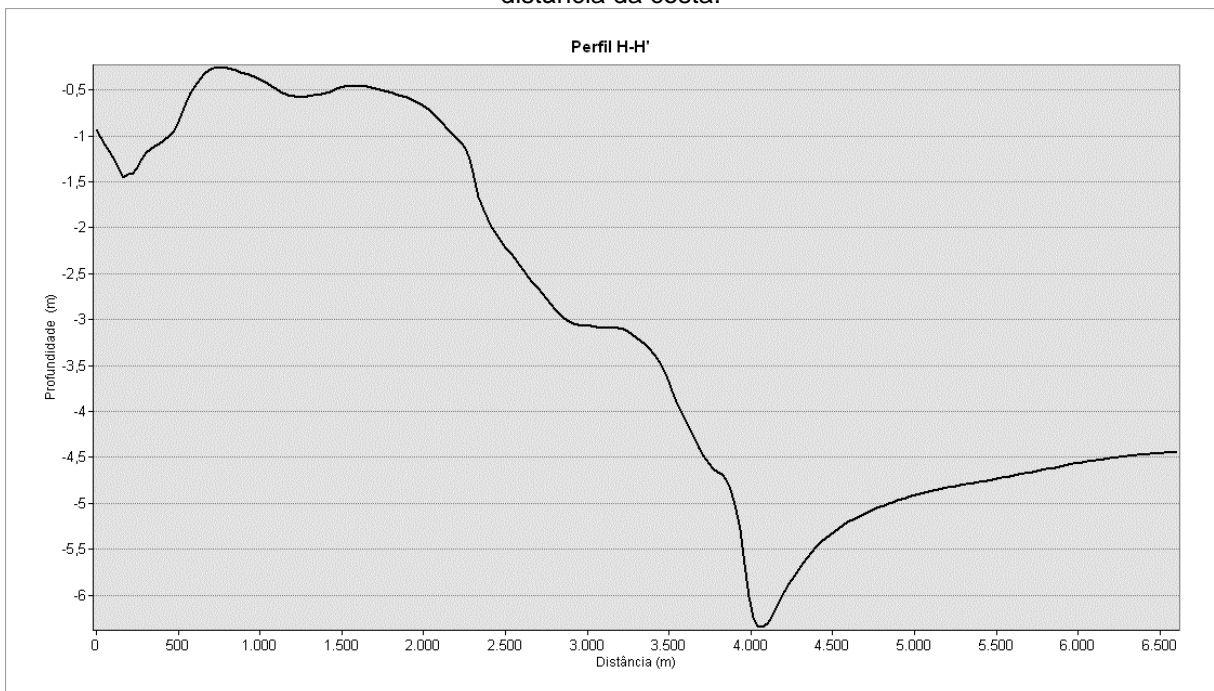
A maior profundidade do perfil é atingida é de 6,25 metros na distância de 4050 metros. Após a depressão, tem-se um banco de areia, de composição quartzosa, que se estende até o fim do perfil. Apenas o trecho próximo a linha de costa tem a granulometria areia média, em todo o resto do perfil a fração predominante foi de areia fina e de grãos moderadamente selecionados

Figura 69 - Perfil G-G' localizado no setor sul, próximo à Ponta do Funil. Este perfil apresentou um terraço marinho de 300 metros de comprimento.



Fonte: O autor.

Figura 70 - Perfil H-H' localizado no extremo sul da área estudada. Este perfil apresentou um banco de areia de aproximadamente 1km. A maior profundidade do perfil foi atingida nos 4000 metros de distância da costa.



Fonte: O autor.

CAPÍTULO 9 – ÁREA NÃO EDIFICANTE

9.1. Hidrodinâmica

Os dados hidrodinâmicos que caracterizam o clima de ondas, foram obtidos através do centro de previsões do tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), e foram baseados no período e na altura das ondas, através de medições de satélite e tratamento por modelagem matemática entre os anos de 2018 e 2019.

A média anual desses parâmetros hidrodinâmicos é mostrada na tabela abaixo (tabela 19).

Os comprimentos de onda foram calculados através da equação simplificada (5) por Eckart (1952):

$$L = \frac{g \times T^2}{2\pi} \quad (5)$$

Tabela 19 - Parâmetros ondulatórios analisados entre os anos de 2018 e 2019.

Parâmetro	Ano 2018	Ano 2019
Hs (m)	1,84	1,63
T (s)	9,98	10,35
σ	0,2243	0,2963
L (m)	155,3766	167,1111

Fonte: O autor.

Hs = altura média anual das ondas significativas.

T = período médio das ondas significativas.

σ = desvio padrão anual médio das ondas significativas.

L = comprimento de onda

Os dados de altura média significativa da tabela acima foram utilizados para o cálculo da profundidade de fechamento (limite litorâneo).

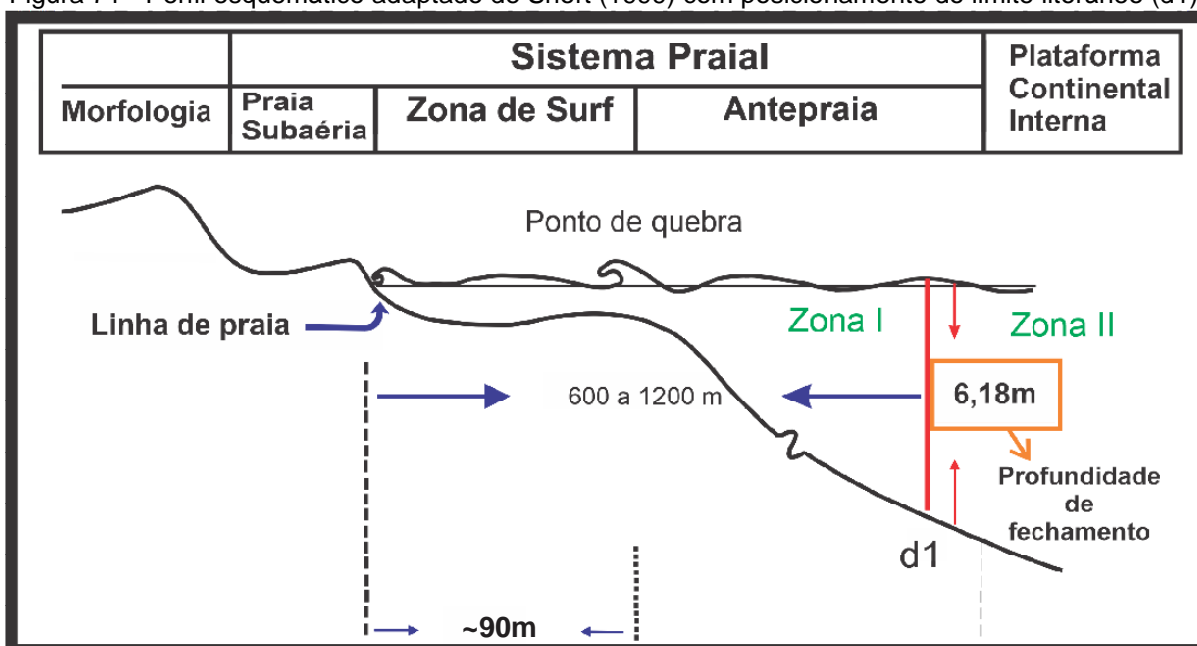
9.2 Profundidade de fechamento

A profundidade de fechamento ou limite litorâneo (d_1), é a profundidade cujas alterações significativas da topografia de fundo são representadas pelas variações sedimentares, ou seja, é a profundidade limite na qual a ação das ondas é responsável pelo movimento dos sedimentos do fundo (figura 71). O retrabalhamento do fundo é resultado dessa ação das ondas através de um movimento oscilatório da água.

Na Figura 71, está representado espacialmente o limite interno (limite litorâneo (d_1)) e dentro de um perfil esquemático, adaptado de Short (1999).

A zona de *surf* da área estudada apresenta extensão média de aproximadamente 90 metros, e o limite de profundidade (d_1) que delimita duas zonas. A zona I é sedimentologicamente ativa, com distância média variando de 600 a 1200 metros da linha de praia. Nesta área há transporte longitudinal significativo de sedimento e intenso transporte transversal no sentido da costa para o mar aberto (*on/offshore*). A zona II é considerada inativa quanto à dinâmica de praia, havendo movimentação incipiente de sedimentos, essa zona se localiza após a profundidade de fechamento.

Figura 71 - Perfil esquemático adaptado de Short (1999) com posicionamento do limite litorâneo (d_1).



Fonte: O autor.

A profundidade de fechamento do perfil de praia em fundos arenosos foi determinada por HALLERMEIER (1981) a partir do clima de ondas através da equação empírica (6):

$$d_1 = 2HS + 11\sigma \quad (7)$$

Onde:

d1 = Profundidade de fechamento do perfil (limite litorâneo da área), aproximadamente a metade da profundidade distal da antepraia. Calculado a partir de 1 ano de observações de altura de onda.

Hs = Altura média anual das ondas significativas e

σ = Desvio padrão anual médio das ondas significativas

Tabela 20 - Profundidade de fechamento - Limite litorâneo / d1.

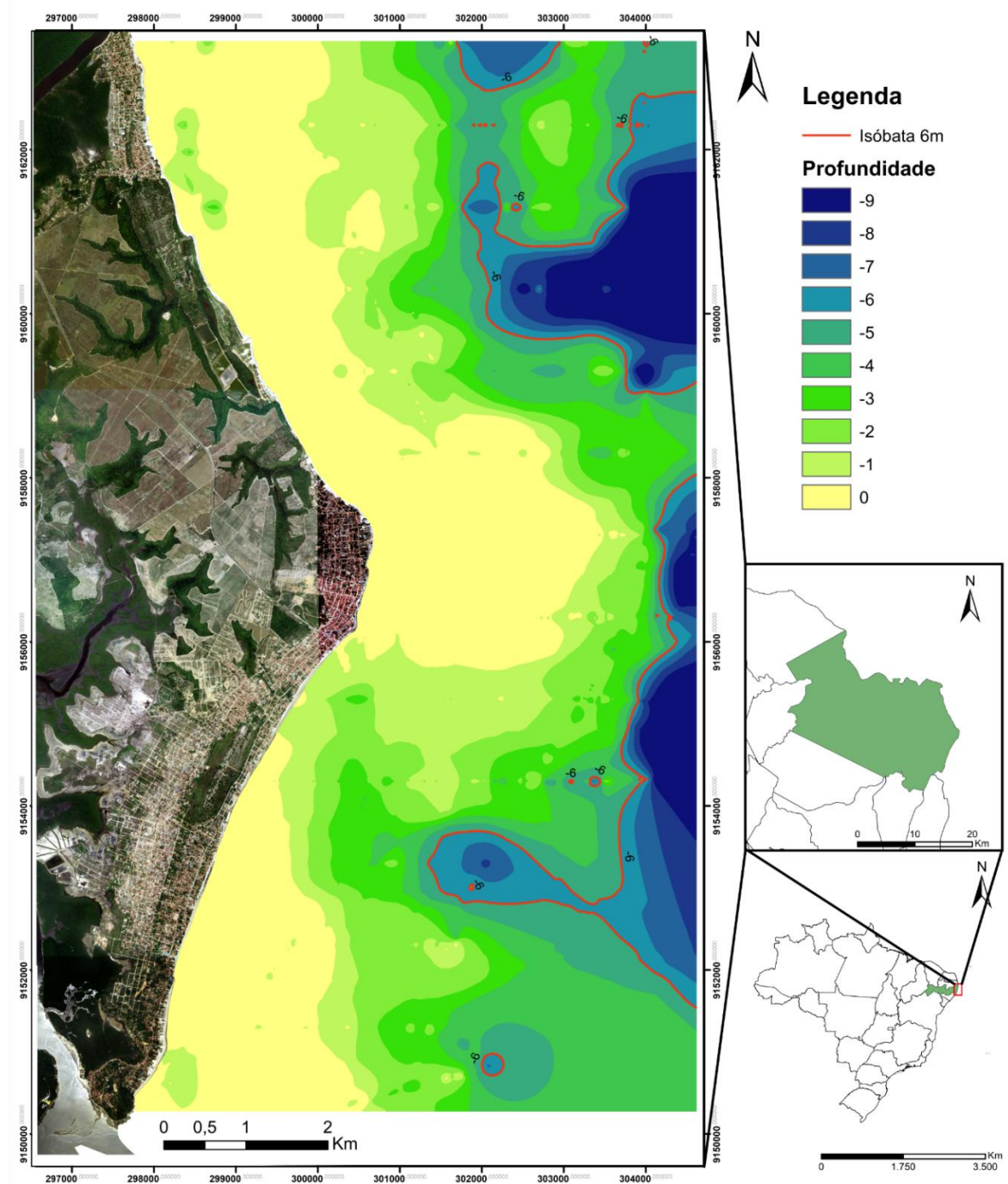
Parâmetro	Ano 2017	Ano 2018	Ano 2019
Hs (m)	1,68	1,62	1,73
Σ	0,2504	0,2243	0,2963
d1	6,18m		

Fonte: O autor.

9.3 Cálculo da Retrogradação

Através do cálculo de retrogradação da linha de costa, define-se uma faixa de segurança (zona não edificante) para praias arenosas, considerando os efeitos da elevação do nível médio do mar. Este cálculo é feito pela equação (2) matemática da Lei de Bruun (1962).

Figura 72 - Mapa batimétrico contendo a profundidade de fechamento.



Fonte: O autor.

De acordo o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (AR6), o nível médio global do mar aumentará até 2100 em relação a 1995-2014, em uma estimativa otimista (RCP 2,6) 0,40 metros, com intervalo provável entre 0,26 m e 0,56 m. Para uma estimativa pessimista (RCP 8,5), este nível subirá 0,81m, podendo variar entre 0,58 m e 1,07 m). Com isso, a área foi dividida em cinco setores para melhorar o cálculo da retrogradação da linha de costa de acordo com suas características.

Setor 1 - Localiza-se no extremo norte da área, na praia de Carne de Vaca, entre as coordenadas UTM (9163617S, 297548E) e (9161616S, 298157E). Este trecho tem aproximadamente 2km, é bastante urbanizado e teve altitude média de 4,5 metros. Contempla uma área limitada a norte pelo rio Goiana e a sul limita-se pela Unidade Ambiental Homogênea (UAH) de Mata Atlântica, local que há rara ocupação humana. O setor 1 apresenta diversos espigões, dos quais vários foram construídos com sacos de areia e estacas de madeira pela própria população para gerar um acúmulo de sedimentos em frente às suas residências e bares.

Além disso, próximo ao rio Goiana, existem diversos bancos de areia formados por sedimentos de granulação fina (areia fina e muito fina). Esses grandes bancos de areia diminuem a intensidade da ação das ondas na costa.

Dados:

S1 = 0,4m S2 = 0,81m

L= 4000m

G= 1

h = 4,5

d1 = 6,18

H= 10,68

Ro= Recuo otimista

Rp = Recuo pessimista

$$R_o = \frac{0,4 \times 4000 \times 1}{10,68} = 149,81m \quad (8)$$

$$R_p = \frac{0,81 \times 4000 \times 1}{10,68} = 303,37m \quad (9)$$

Este setor caracteriza-se por apresentar a maior retrogradação da linha de costa da área estudada, em ambas as previsões, 149,81m na previsão otimista e 303,37m na pessimista. A grande retrogradação está diretamente relacionada com a largura e a altura do perfil ativo. Isso demonstra que o recuo de 33m da legislação atual não atende a preservação das praias desse setor.

Caso a previsão otimista seja atingida, o mar invadiria um quarteirão e meio de todo o setor. Esse prejuízo é ainda maior na previsão pessimista, que exige um recuo de 9,19 vezes o estipulado por lei. Nessa previsão, haveria um avanço do nível do mar que atingiria de dois a três quarteirões.

Setor 2 – Localizado entre as praias de Atapuz e Tabatinga e entre as coordenadas UTM (9161616S, 298157E) e (9158254S e 299873E). Este trecho tem 3800 metros de comprimento e é situado no local de menor ocupação antrópica da área estudada. Situa-se em um trecho composto por uma UAH e uma pequena faixa de praia muito pouco urbanizada, próxima ao centro de Ponta de Pedras. Este setor apresenta altitude média de 5 metros e possui a menor quantidade de obras de contenção entre os setores estudados, com apenas 2 espigões.

Neste setor as praias apresentam as maiores faixas de praia, com os 3 setores (antepraia, estirâncio e pós praia) bem desenvolvidos. Além disso, diversos bancos de areias são observados no centro deste trecho. Na porção sul observa-se a presença de recifes de arenito que servem como proteção para as praias, diminuindo a intensidade da ação das ondas sobre a costa.

Dados:

S1 = 0,4m S2 = 0,81m

L= 3500m

G= 1

h = 5

d1 = 6,18

H= 11,18

$$R_o = \frac{0,4 \times 3500 \times 1}{11,18} = 125,22m \quad (10)$$

$$R_p = \frac{0,81 \times 3500 \times 1}{11,68} = 253,58m \quad (11)$$

Neste setor a retrogradação foi menor que no primeiro. Isso é resultado da menor largura e da maior altura do perfil ativo. Apesar disso, assim como no setor 1, as previsões otimista e pessimista não atendem ao recuo de 33 metros indicado pela legislação. Porém, mesmo com um recuo elevado, este perfil terá os menores impactos à sociedade entre os setores estudados, visto que é o setor menos urbanizado, com raras residências construídas. Na previsão otimista apenas um pequeno trecho urbanizado seria afetado na porção do extremo norte e extremo sul. Na pessimista, algumas residências da porção central também seriam atingidas.

Setor 3 - Situado no centro de Ponta de Pedras, entre as coordenadas UTM (9158254S e 299873E) e (9155107S e 299569E), o terceiro setor tem aproximadamente 4km de extensão e localiza-se na porção mais urbanizada da área, na praia de Ponta de Pedras, local turístico que contém diversos bares construídos na faixa de praia. Este setor é compreendido em toda a extensão da área por uma formação de recifes e apresenta 3,2km de largura e a altitude média deste trecho foi de 4,5 metros.

Dados:

S1 = 0,4m S2 = 0,81m

L= 3500m

G= 1

h = 4,5

d1 = 6,18

H= 10,68

$$R_o = \frac{0,4 \times 3500 \times 1}{10,68} = 131,09m \quad (12)$$

$$R_p = \frac{0,81 \times 3500 \times 1}{10,68} = 265,45m \quad (13)$$

De todos os setores estudados, o setor 3 é o que apresentará mais problemas com o aumento do nível do mar. Isso se deve ao grande número de casas concentradas na região do centro de Ponta de Pedras. Assim como nos setores anteriores, os 33 metros estipulados por lei para a zona não edificante, não são suficientes para os cenários pessimista e otimista. O recuo para a previsão otimista é

de 131,09 metros, distância que em alguns trechos desse setor atinge dois quarteirões inteiros, trazendo diversos prejuízos para população. Na previsão pessimista (265,45 metros de recuo), cinco quarteirões devem ser atingidos.

Setor 4 – Localiza-se entre as coordenadas UTM (9155107S e 299569E) e (9153011S e 298602E), na praia de Catuama, num trecho que predominam construções no setor de antepraia e estirâncio. Este trecho tem 2350 metros e a altitude média foi de 4,5 metros.

Dados:

S1 = 0,4m S2 = 0,81m

L= 2600m

G= 1

h = 4,5

d1 = 6,18

H= 10,68

$$Ro = \frac{0,4 \times 2600 \times 1}{10,68} = 97,38m \quad (14)$$

$$Rp = \frac{0,81 \times 2600 \times 1}{10,68} = 197,19m \quad (15)$$

O setor 4 é o que apresenta os menores recuos entre os setores estudados e isso é resultado da largura do perfil ativo, 2600 metros. Este setor tem as menores previsões de recuo da linha de preamar máxima. Apesar disso, grande parte da linha de costa foi marcada em cima de enrocamentos, isso mostra que qualquer avanço do mar causará consequências imediatas para a população. Contudo, este trecho é menos urbanizado que os setores 1, 3 e 5, e dessa forma, é o setor que terá o segundo menor impacto nos cenários calculados.

Setor 5 – Situa-se no extremo sul da área, entre as coordenadas UTM (9153011S e 298602E) e (9150482S e 297744E), o último setor tem aproximadamente 2700 metros e possui a maior altitude média da área estudada, 7 metros.

Dados:

S1 = 0,4m S2 = 0,81m

L= 4000m

G= 1

h = 7

d1 = 6,18

H= 13,68

$$R_o = \frac{0,4 \times 4000 \times 1}{13,68} = 121,40m \quad (16)$$

$$R_p = \frac{0,81 \times 4000 \times 1}{13,68} = 245,83m \quad (17)$$

Assim como no setor 1, o setor 5 apresenta a maior largura de perfil ativo da área estudada, 4000 metros. Apesar disso, o recuo não foi semelhante ao do primeiro setor, devido à altura do perfil ativo ser superior neste trecho. Isso faz com que este setor tenha um recuo menor em relação aos setores 1, 2 e 3.

Na estimativa otimista, o impacto estaria concentrado nas casas construídas muito próximas a faixa de pós praia. Essas casas atualmente não respeitam os 33 metros de recuo da legislação para a linha de preamar máxima atual. Na estimativa pessimista teria um recuo que atingiria a da principal via de acesso do trecho, PE-001 e de mais um quarteirão.

Contudo, no extremo sul o relevo é elevado, chegando a 19 metros de altitude em uma distância de 100 metros da linha de costa e a 150 metros essa altitude atinge os 26 metros. Isso poderá diminuir o impacto que será causado pelo aumento no nível do mar.

Em geral, a retrogradação da linha de costa nas previsões otimistas e pessimistas são bastante discrepantes do resto do estado. O recuo da linha de costa é muito maior no município de Goiana devido à plataforma deste local ser bastante rasa, resultando em uma largura de perfil ativa grande. Além disso, a altura do perfil ativo é baixa, em média 5,1 metros. Com isso, todos esses fatores contribuem para que seja necessário um recuo elevado.

O setor 1 possui uma elevada taxa de ocupação urbana e isso trará diversos problemas com o cenário de aumento do nível do mar, diferentemente do setor 2, que é um setor de área de preservação ambiental e existem poucas residências. Outro

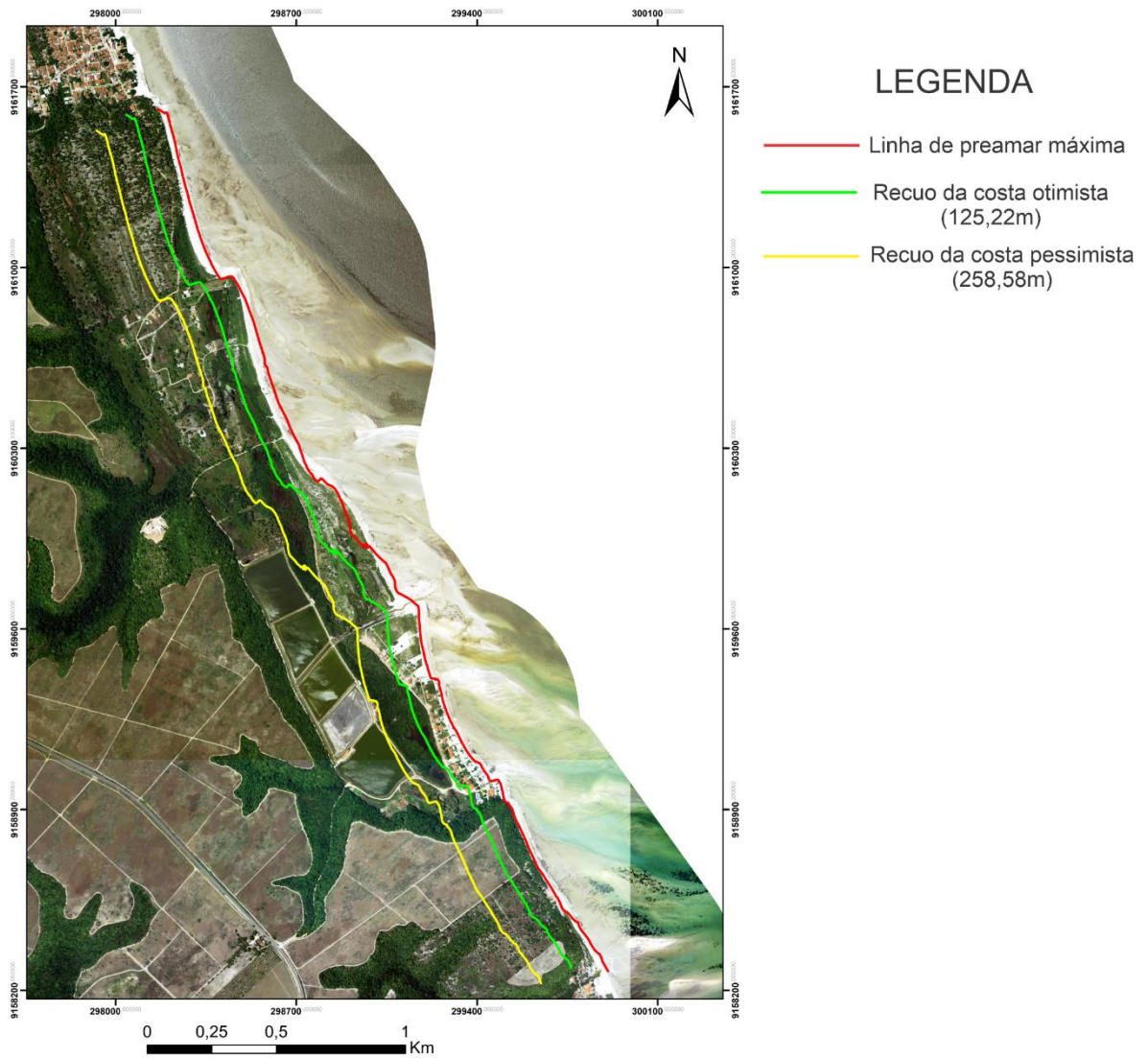
fator que contribui positivamente para o setor 2 é a presença de uma falésia que aumenta a altura do perfil em um determinado ponto, diminuindo o recuo da linha de costa. O mesmo ocorre no extremo sul da área (setor 4), que apresenta um local pontual com falésia. Apesar disso, o setor 4 apresenta ocupação urbana de aproximadamente 60% e o cenário pessimista traria diversos prejuízos à população.

Figura 73 - Setor 1, localizado na porção norte de Goiana. Este perfil apresenta os maiores recuos da linha de costa.



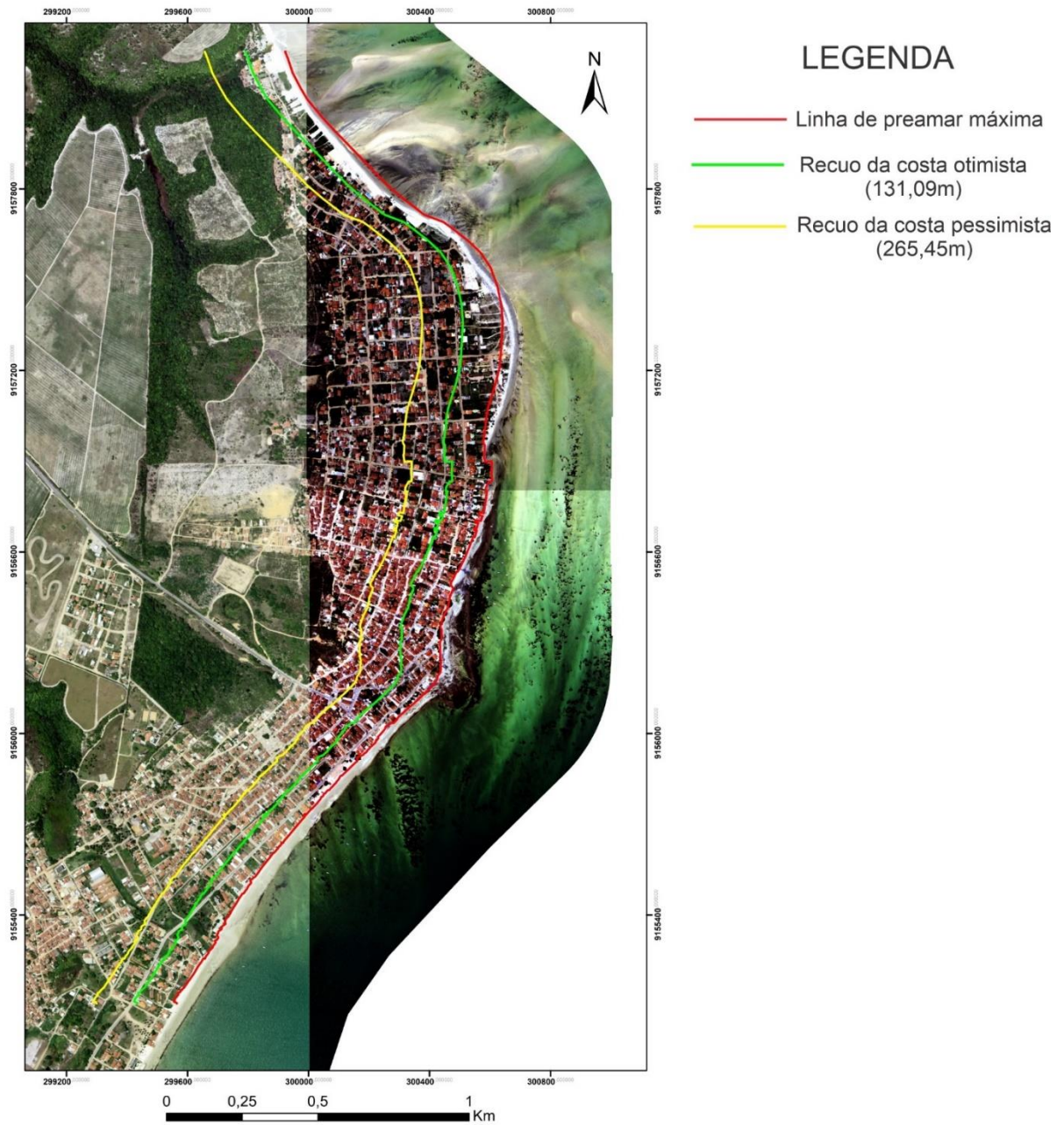
Fonte: O autor.

Figura 74 - Recuos otimista e pessimista do setor 2, localizado na Reserva Ecológica Aparauá.



Fonte: O autor.

Figura 75 - -- Recuos da linha de costa otimista e pessimista do setor 3, localizado no centro de Ponta de Pedras.



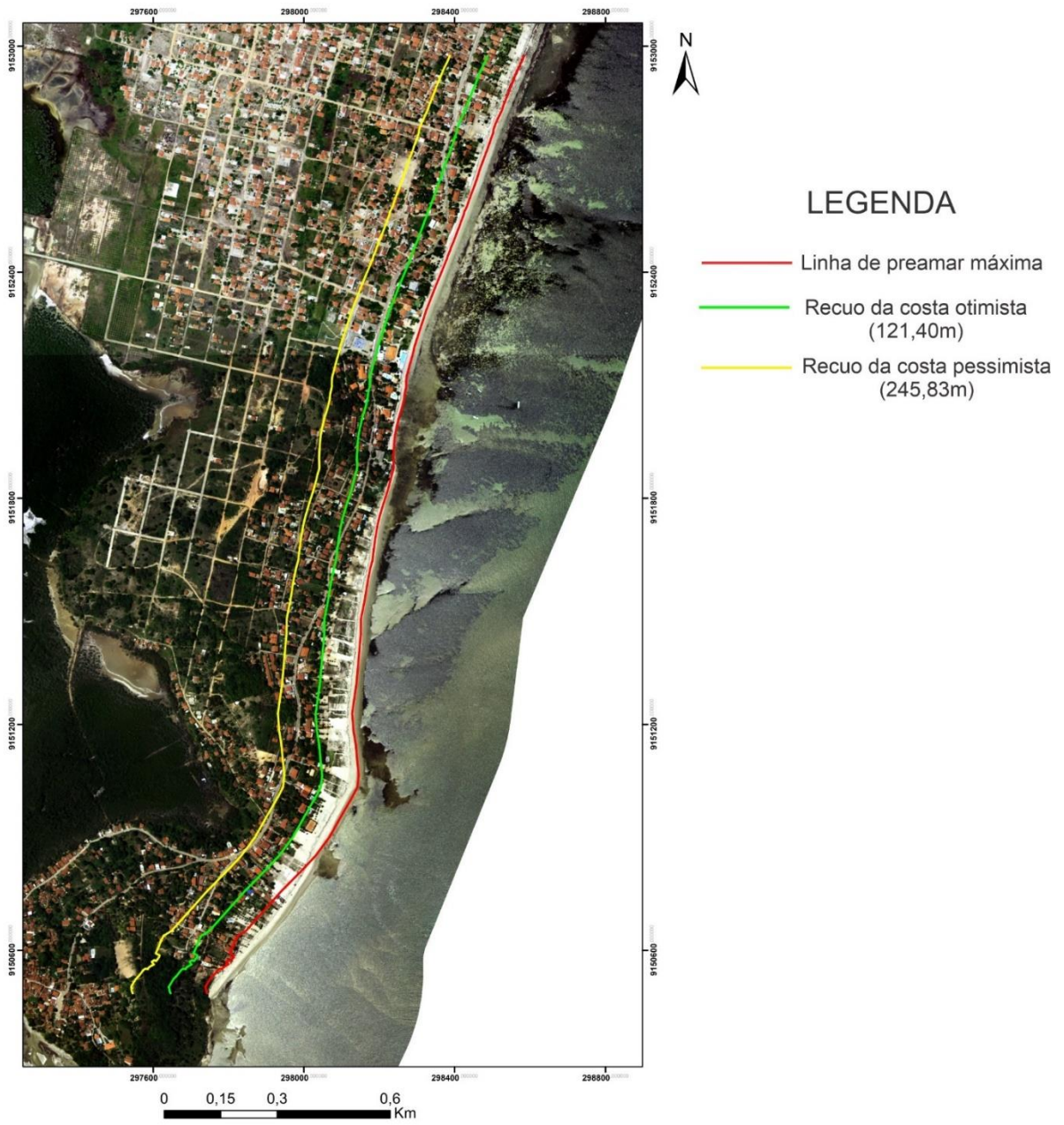
Fonte: O autor.

Figura 76 - – Recuos otimista e pessimista para o setor 4. Os menores recuos da área estudada se encontram na área que há a materialização da linha de costa.



Fonte: O autor.

Figura 77 - Recuos da linha de costa otimista e pessimista no extremo sul da área estudada.



Fonte: O autor.

CAPÍTULO 10 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas realizadas no presente trabalho, beneficiaram o entendimento da circunstância atual das praias do município de Goiana. Através deste trabalho pode-se concluir que:

O levantamento morfológico mostrou que apenas o perfil P3 apresentou balanço sedimentar positivo. Os perfis P5 e P6 apresentaram os maiores déficits de sedimentos, $-97,5\text{m}^3/\text{m}$ e $-231,03\text{m}^3/\text{m}$ respectivamente. Apesar disso, o balanço sedimentar negativo não indica que há um processo erosivo na área, sendo resultado da movimentação dos bancos de areias que são formados por predominantemente por sedimentos carbonáticos, em sua maioria, fragmentos de halimedas e apresentam baixa densidade, sendo facilmente carregados pela corrente de deriva.

O perfil P4 localiza-se no centro de Ponta de Pedras, com diversos bares, restaurantes e residências construídos em cima da faixa de pós-praia e por vezes até mesmo no setor de estirâncio. Apesar disso, a variação de volume final foi de apenas $-6,27\text{ m}^3/\text{m}$, e como observado em trabalhos anteriores, a erosão neste perfil ocorre de forma lenta. Isso está associado à presença dos calcários da Formação Maria Farinha que afloram no setor de estirâncio, além dos recifes e bancos de corais que servem como anteparo para a ação das ondas, diminuindo a energia que estas incidem na face de praia.

O perfil P1 teve balanço sedimentar de $-14,55\text{ m}^3/\text{m}$ (35% do volume inicial), configurando-se como o perfil com maior tendência erosiva. A erosão neste perfil pode estar associada aos bancos de areia localizados na foz do rio Itapessoca, que diminuem o potencial energético das ondas, fazendo com que estas não tenham força suficiente para depositar os grãos no perfil.

No perfil P7 o déficit de sedimentos pode estar associado à presença de construções de estruturas na faixa de praia, principalmente espigões, sem que houvesse estudo prévio dos possíveis impactos que esta obra traria para praias próximas.

A grande quantidade areia fina e muito fina, associado a grãos pobremente selecionado no setor de antepraia dos perfis P2 e P3, mostra que estes possuem influência do rio Itapessoca, que transporta os sedimentos da foz do rio até os perfis através da corrente de deriva (de sul para norte).

Quanto à definição da linha de preamar máxima atual, é de suma importância sua atualização, 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.

O litoral do município de Goiana foi delimitado por 16% de linha de vegetação, 18% com linha de deixa, 28% escarpas de berma e 38% com construções. Com isso, este litoral encontra-se moderadamente preservado, com 62% dos indicadores naturais da linha de preamar máxima. Esse resultado é 7% menor do que o levantamento realizado em 2016.

Com relação à situação atual, foram observadas três situações:

Entre Ponta de Pedras até Catuama, predominou a estabilização da linha de costa. Contudo, esse resultado é decorrente das construções que impediram o recuo da linha de costa.

A progradação da linha de costa foi observada no extremo norte da área, porém este processo não está ligado a fatores naturais e sim há diversos espigões construídos na área, retendo sedimentos e aumentando a faixa de praia.

A retrogradação da linha de costa foi marcada no extremo sul da área, e na praia de Carne de Vaca, em que os espigões ali presentes não conseguiam reter sedimentos suficientes para evitar o processo erosivo no local. A retrogradação foi menos significativa no centro de Ponta de Pedras, mesmo com a intensa urbanização na área, mostrando a eficiência dos recifes, corais e calcários da Formação Maria Farinha.

Com relação à vulnerabilidade, o trecho norte (setores 1, 2, 3, 4 e 5) apresentou-se menos vulnerável que a porção sul (setores 6, 7, 8 e 9). Isso foi resultado da maior urbanização nos setores sul, além da menor quantidade de estruturas de proteção natural presentes.

No levantamento batimétrico foi possível observar como é rasa a plataforma continental interna da área estudada. Com relação à batimetria, pode-se dividir a área em três setores.

O setor norte apresentou um fundo marinho bastante irregular, provavelmente composto por recifes. Também foi observado a presença de duas paleocavas, com três e nove metros de profundidade. O setor central tem o fundo marinho regular, com profundidade inferior a um metro até 2,5km de distância da costa.

A profundidade de fechamento foi de 6,18 metros. Nenhum dos setores apresentou o recuo adequado aos 33 metros que é recomendado por lei. O setor 4 apresentou os menores recuos, com 97,38 metros na previsão otimista e 197,19 na pessimista. O valor otimista é quase três vezes maior do que o estipulado por lei.

Os maiores recuos estão no setor 1, com 149,81 metros (previsão otimista) e 303,37 metros (previsão pessimista). Dessa forma, entende-se que é necessário realizar um estudo de todas as praias antes que haja a construção de qualquer empreendimento, visando proteger o mesmo e evitar maiores processos erosivos em praias próximas.

O cálculo da retrogradação da linha de costa mostra a necessidade de ampliação da área não edificante, apresentando valores superiores aos estabelecidos por lei (33 metros) tanto nos cenários pessimistas como nos otimistas.

Em um cenário cujo a ocupação desordenada continua a crescer no município, espera-se que em décadas os indicadores naturais da linha de preamar máxima sumam, restando apenas construções como indicadores principais, visto que os setores de vulnerabilidade alta e moderada predominam na área.

Recomenda-se para as praias de Barra de Catuama (perfil P1) e Carne de Vaca (perfil P7) que sejam mapeadas e avaliadas as estruturas de contenção construídas, para que estas não causem danos as praias próximas. Além disso, este estudo pode mostrar o melhor lugar para a fixação destas estruturas, trazendo maiores benefícios aos moradores e turistas.

Para os perfis P5 e P6, recomenda-se a continuidade dos monitoramentos, pois com a movimentação dos bancos de areias pode fazer com que aumente a energia das ondas que incidem nessas praias.

Recomenda-se realizar um modelo digital de terreno para melhor observação ponto a ponto dos recuos da linha de costa otimistas e pessimistas em um cenário de aumento do nível do mar.

Sugere-se também que seja feito um mapeamento geológico da plataforma, para que se possa definir com precisão os locais do fundo marinho que são formados por recifes, corais e os calcários da Formação Maria Farinha.

É recomendável que seja continuado o monitoramento dos indicadores da linha de preamar máxima, visto o aumento de 7% dos indicadores não naturais, que estão associadas ao processo erosivo na área.

10.1 Sugestões ao poder público

Com isso, recomenda-se por parte do poder público, que seja dada continuidade no estudo morfológico, bem como todo o estudo do gerenciamento costeiro, com intuito de um contínuo monitorar os pontos de erosão e vulnerabilidade à erosão costeira da área, visto que o trabalho em questão mostrou um litoral moderadamente vulnerável, com setores de alta vulnerabilidade, com obras de contenção costeiras sem eficácia, construídas sem nenhum estudo.

Além disso, é de extrema importância que a prefeitura do município de Goiana passe a adotar a zona não edificante determinada neste trabalho, impedindo que novas construções sejam realizadas nesta faixa. Com isso, o aumento do nível do mar terá um menor impacto socioeconômico.

REFERÊNCIAS

- ADGER, W. N. *et al.*, Social-ecological resilience to coastal disasters. **Science** v. 309, p. 1036–1039. 2005.
- ALHEIROS, M.M. **Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife**. 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Geologia) — Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.
- ALMEIDA, J.A.C. **Geologia e aspectos paleontológicos da folha de Jacumã, sub-bacia de Alhandra, bacia Pernambuco-Paraíba**. 1989. Relatório de Graduação — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1989.
- AMARAL, A.J. R., MENOR, E.A. & SANTOS, S.A. Evolução Paleogeográfica da sequência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira PE-PB. *In: Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste*. Campina Grande, p. 37 - 63, 1977.
- ANDRADE, G.O. Itamaracá. Contribuição para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco. **Imprensa Oficial, Recife**, 84p, 1955.
- ASSIS, H.M.B. **Estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas**. 1990. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1990.
- BARRETO, A. M. F., LIMA FILHO, M. F., ALHEIROS, M. M. Uso da datação por termoluminescência na Diferenciação de Sedimentos Litorâneos Pleistocênicos e holocênicos no Estado de Pernambuco. *In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Geologia*, Belo Horizonte. 236p, 1998.
- BEURLLEN, K. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo**. v.16, n. 1, p. 43-53, 1967.
- BEURLLEN, K. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo**. v.16, n.1, p. 73-79, 1967.
- BIGARELLA, J. J. Reef sandstone from northeastern Brazil (A survey of sedimentary structures). *In: Anais da Academia Brasileira de Ciência*. 1975. Rio de Janeiro, p. 395-409.
- BIRD, E. C. F., SCHWARTZ, M. C. The world's coastline. **New York: Van Nostrand Reinhold**. 1071 p, 1985.
- BRANNER, J. C. The Stone Reefs of Brazil, Their Geological and Geographical Relations, with a Chapter on the Coral Reefs. **Bulletin of the American Geographical Society**, v. 36, n. 8, 1904.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa**. Brasília, 2018.

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

CHAVES, N.S. **Beachroks do litoral pernambucano: Estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis**. 1996. 80 f, Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1996.

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

CONDEPE. Perfil fisiográfico das bacias hidrográficas de Pernambuco, Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco, Secretaria de Planejamento, Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 275 p., Recife, 1980.

CONDEPE. **Bacia hidrográfica do Rio Goiana e sexto grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos – gl6**. Série bacias hidrográficas de Pernambuco nº 2. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Planejamento – SEPLAN. 66p. 2010.

COSTA, J.A. **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)**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

COUTINHO, P. N. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe**. Tese (Livre Docência). 1976. 119 f. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1976.

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

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

DARWIN, C. H. On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the coast of Brazil. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 19, n. 124, 1841.

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

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

DOMINGUEZ, J.M.L. et. al. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 1, p. 208- 215, 1990.

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

DONNELLY, C., KRAUS, N., LARSON, M. State of knowledge on measurement and Modeling of coastal overwash. **Journal Coastal Research**. v. 22, n. 4, p. 965-991, 2006.

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

DUARTE, X. R. **Caracterização Morfo-Sedimentológica e Evolução de Curto e Médio Prazo das Praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes – PE. Recife**. 2002. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2002.

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

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

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

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

FERREIRA, R. V. **Mapeamento Geomorfológico e de Processos Erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo-PE, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. 2008. 113 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2008.

FERREIRA, Y. A. Recifes de arenito de Salvador, Bahia. *In: **Anais da Academia Brasileira de Ciências***, v. 41, p. 542–548, 1969.

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

FOLK, R.L., WARD, W.C. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, p. 3-27, 1957.

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

FRIEDMAN, G.M. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 37, p. 327-354, 1967.

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

GORNITZ, V. 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. Geology and Physical Geography of Brazil. Boston, Fields, Osgood and Co. 1870.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas nacional do Brasil Milton Santos**. Rio de Janeiro. 307 p, 2010.

JACOMINE, P. K. T. et. al. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. **Sudene**, Recife v. 1, n. 26, 354p, 1973. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/331168>. Acesso em: 2 mai. 2020.

JARDIM DE SÁ, E. F. Proterozoic granitoids in a polycyclic setting: the Seridó region, NE Brazil. *In*: **Symp. on Granites and Ass. Mineralization**. [s.l. s.n.], p. 103-110, 1987.

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

KEMPF, R. A plataforma continental da costa leste brasileira, entre o Rio São Francisco e a ilha de São Sebastião: notas sobre os principais tipos de fundo. *In*: **Anais do XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, Belém. P. A**, p. 341-344, 1970.

KENNET, J. Marine geology. **Marine geology**., 1982.

KOMAR, P.D. **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion**. Boca Raton, Florida: CRC Press. 305 p, 1983.

KRAUS, N. C., MILLITELLO, A., TODOROFF, G. Barrier breaching processes and barrier spit breach, Stone Lagoon, California. **Shore & Beach**. v. 70, n. 4, p. 21-28,

2002.

LABOREL, J. L. Note préliminaire sur le récifes des gres et récifes de coraux dans le nordest brésilien. **Rec. Trav. Est. Mar.** Endoume. Bulletin 37, n. 53, 341-344p, 1965.

LELIS, R. J. F. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul.** 2003. 79 f. Monografia Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal de Rio Grand, Rio Grande, 2003.

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

LIMA, R.S., PINHEIRO, L.S.; MORAIS, J.O. Vulnerabilidade das dunas frontais aos regimes de espraiamento, colisão e overwash na praia da Caponga, Cascavel, Ceará. *In:* Paula, D.P., Dias, J.A. **Ressacas do Mar e Gestão Costeira.** 1ed. Fortaleza: Premius, v. 1, p. 393- 415, 2015.

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

MABESOONE, J.M. **Geomorfologia da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento.** 1989. 153 f. Relatório interno – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1989.

MADRUGA, M. M. D., MANSO, V. A. V., MADRUGA FILHO, J. D. Definição dos Pontos de Contorno da Linha de Preamar Máxima e Vulnerabilidade à Erosão Marinha do Município de Goiana-PE. **Estudos Geológicos (UFPE).** v. 26, p. 22 - 33, 2016.

MADRUGA, M. M. D., MANSO, V. A. V., MADRUGA FILHO, J. D., VERAS, J.D.D. Análise do comportamento morfodinâmico do cordão litorâneo entre as praias de Ponta do Funil e Carne de Vaca, município de goiana, Pernambuco, NE do Brasil. **Estudos geológicos (UFPE).** v.27, p. 38 - 55, 2017.

MADRUGA FILHO, J.D. **Aspectos geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul de Pernambuco.** 2004. 234 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

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

MANSO, V. A. V. *et al.* Perfil praias de equilíbrio da praia de Serinhaém, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 45-49, 2001.

MANSO, V. do A. V, **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 li - SECTMA Nº 249, 2003.

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

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

MATOS, L.C. **Geologia e Aspectos Hidrogeológicos da área do Município de Goiana (PE)**. 1966. 65 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1966.

MAZZER, A. M., DILLENBURG, S. R., SOUZA, C. R. D. G. 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. 278–29, 2008.

MESQUITA, A. R. DE. Sea Level Variations Along the Brazilian Coast: A Short Review. **J. coast. Res. (SI)**, v. 35, 2003.

MEDINA, R. et al. Temporal and spatial relationship between sediment grain size and beach profile. **Marine Geology**, v. 118, n. 3–4, 1994.

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

MENOR, E. A. & AMARAL, A. J. R. O comportamento mineralógico da sedimentação fosfática na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. *In: IX Simpósio de Geologia do Nordeste*. Natal, v.7, p. 271-282, 1979.

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

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

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

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

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

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

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

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

OTTMANN, F. Une hypothese sur l'origine dês arrecifes du Nordest brésilien. **Comptes Rendus Somaires dês Seânces de lá Societé geologique**. France. 175-176p, 1960.

Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima - IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report Summary for Policymakers. The Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2014. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> Acesso em: 04 jan. 2020.

PINHEIRO, L.S. et.al. Projeto consegue recuperar 150 metros de extensão da praia da Caponga. *Pesquisas FUNCAP*, v. 1, p. 22-23, 2000.

REINECK, H. E. & SINGH, J. B. Depositional sedimentary environments. **Springer-Verlag**, Berlin. 439 p. 1975.

READING, H. G. & COLLINSON, J.D. Clastic coasts. *In: Reading, H.G.* (Editor). 1996.

REIS, C.M. M. Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à Erosão Costeira. **Estudos Geológicos (UFPE)**, Recife, v.18, n. 2, p 25 – 36p, 2008.

RUSSEL, R.J. Origin of beach rocks. *In: Zeit. Geomorphology*. v. 6, p.1-16, 1962.

SHARPLES, C. **Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Vulnerability to Climate Change and Sea-Level Rise: Explanatory Report**. Tasmania, AU: 116p, 2006.

SÁ, L. T. **Levantamento geológico-geomorfológico da Baía Pernambuco - Paraíba no trecho compreendido entre Recife, (PE), e João Pessoa, (PB)**. 1998. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

SAHU, B. K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastics sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, n. 34, p. 73-83, 1964.

SHARPLES, C. *et al.* **The Australian Coastal Smartline Geomorphic and Stability Map Version 1: Project Report**. Tasmania, Australia: 69p, 2009.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, 24: p. 151-158, 1954.

SILVA C.G. et. al. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: Neto J.A.B., Ponzi V.G.A., Sichel S.E. (Eds.). **Introdução à Geologia Marinha**. Interciência, Rio de Janeiro, p. 175-218, 2004.

SOUZA, E.M. **Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia da Paraíba**. 1999. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

SOUZA, E.M. **Estratigrafia da Sequência Clástica Inferior (Andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas)**. 2006. 358 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SOUZA, C. R. DE G. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: **BONONI, V. L. R.**, 2009

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. 2009.

SUGUIO K. Dicionário de Geologia Marinha. São Paulo: Queiroz T.A. 1992.

SUGUIO, Kenitiro. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. et. al. Variação do nível relativo do mar no Holoceno em Pernambuco e Paraíba. In **Congresso Brasileiro de Geologia XLII** Araxá, Belo Horizonte. 2004.

TABAJARA, L. L. & MARTINS, L. R. Classificação textural de sedimentos praias e a relação com os processos morfogenéticos eólicos e marinhos. **Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (UFRGS)**, Porto Alegre. v. 4, p. 99-107, 2006.

TINOCO, I. M. **Foraminíferos e a Passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco**. 1971. 147 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, 1971.

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

VARGAS, I. C. et. al. N. Análise da vulnerabilidade de uma praia estuarina à inundação: aplicação à restinga do Alfeite. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 8 n 1, p. 25-43, 2008.

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

XAVIER, M. W. **Caracterização geomorfológica, sedimentológica e aspectos ambientais do litoral de Goiana, Pernambuco**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2007.

WELTJE, G. J.; VON EYNATTEN, H. Quantitative provenance analysis of sediments: Review and outlook. **Sedimentary Geology**, v. 171, n. 1–4, 2004.

WENTWORTH, C. K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, 1922.

WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D. 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, 1983.

VAN ANDEL, T. H.; LABOREL, J. Recent high relative sea level stand near Recife, Brazil. **Science**, v. 145, n. 3632, 1964.

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