



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 447

**ESTUDO DA MORFODINÂMICA SAZONAL E QUANTIFICAÇÃO
DE TRANSPORTE SEDIMENTAR COSTEIRO NAS PRAIAS DE
FORTALEZINHA E PRINCESA, ALGODOAL/MAIANDEUA
(NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ)**

Dissertação apresentada por:

PAULO VICTOR MAGNO SILVA

Orientador: Prof. Maâmar El-Robrini (UFPA)

**BELÉM
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Silva, Paulo Victor Magno, 1984-
Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de
transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e
Princesa, Algodual/Maiandeuá (nordeste do estado do Pará) /
Paulo Victor Magno Silva.- 2015.

xvi, 89 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Maâmar El-Robrini
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Geologia e Geoquímica, Belém, 2015.

1. Sedimentologia. 2. Transporte de sedimentos. 3. Praias -
Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 551.3098115



Universidade Federal Do Pará
Instituto De Geociências
Programa De Pós-Graduação De Geologia e Geoquímica

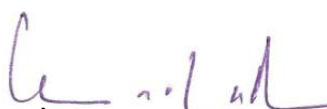
**ESTUDO DA MORFODINÂMICA SAZONAL E
QUANTIFICAÇÃO DE TRANSPORTE SEDIMENTAR
COSTEIRO NAS PRAIAS DE FORTALEZINHA E
PRINCESA, ALGODOAL/MAIANDEUA
(NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ)**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
PAULO VICTOR MAGNO SILVA**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA.**

Data de Aprovação: 03 / 02 / 2015

Banca Examinadora:


Prof. MAÂMAR EL-ROBRINI
(Orientador-UFGPA)


Prof. ELÍRIO ERNESTINOTOLDO JUNIOR
(Membro – UFRGS)


Prof. NORBERTO OLMIRO HORN FILHO
(Membro - UFSC)

DEDICATÓRIA

*À minha mãe, minha irmã, meu
sobrinho e a toda minha família e
amigos, pela confiança e apoio
durante essa jornada.
Muito Obrigado!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado a vida e as condições para chegar até aqui, por ter me auxiliado em todos os momentos da minha vida, inclusive naqueles em que nem eu mesmo me lembrava Dele. Agradeço a Deus novamente por ter posto em minha vida pessoas que levaram a um crescimento pessoal e profissional, do qual nunca pensei poder alcançar. Obrigado por tudo!

Agradeço o total apoio da minha família durante a execução deste trabalho, eu não seria nada sem o apoio de vocês. Um agradecimento especial tem que ser dado a minha Mãe, que esteve sempre ao meu lado, nos momentos bons e nos ruins, obrigado pelo exemplo de perseverança e luta, você é a maior mulher deste mundo. TE AMO!

À dona Benice e a Nete por cuidarem de mim quando precisei, pelos conselhos, pelo amor e carinho que sempre tiveram comigo, muito obrigado por tudo, vocês são mais que especiais na minha vida.

Um agradecimento especial a Sarah Camelo, por ser minha parceira, amiga e conselheira. Agradeço pelo carinho, pela atenção, pelos cuidados e pelo amor, saibas que eu sinto enorme orgulho da mulher que você é. Agradeço a Deus por ter posto você em minha vida!

Obrigado a todos os amigos que estiveram ligados direta ou indiretamente mais uma conquista em minha vida, sem o apoio e a ajuda de vocês pouco seria feito neste trabalho. Agradeço aos meus companheiros de campo, Alberto Farias, Kleper Raiol, Marcos Silva “Malandro”, Jordana, Stephany de Paula, Isaac Rudnitzki, Taynan, Lorena Bittencourt, Nazareth Cristina, Melissa Silva, Patrick, Luan Pureza e Frejat. Sei que não foi fácil efetuar os trabalhos, caminhamos bastante, carregamos muito peso, passamos por várias situações adversas, mas também curtimos bastante e aprendemos muito juntos.

Um obrigado a toda equipe do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), pelo auxílio em laboratório e em campo, ao Robledo Hideki, Leilanhe, Shirlen, Edricio, Moisés, Gedson, Taynan, Adalberto e Juliana Guerreiro pelas dicas, conselhos e pela amizade. Um agradecimento especial aos estagiários Stéphanie de Paula, Tatiara, Bárbara, Marcus e Gabi pelo auxílio nas análises laboratoriais e pela amizade, vocês fazem parte desta conquista. Um obrigado mais do que especial para Melissa Silva, por ter feito os campos acontecerem, sem sua liderança e organização, nada teria dado certo.

Ao prof. Alexandre Casseb, Marcelo Rollnic e Mayk, pelo empréstimo de equipamentos necessários na execução deste trabalho, vocês contribuíram muito para que tudo desse certo.

Um abraço mais que especial aos professores Alessandro Bérghamo e Susy Eli, pela amizade, pelo carinho e por sempre acreditarem em mim, vocês foram muito importantes na minha vida acadêmica e na minha formação pessoal.

Ao professor Pedro Walfir por sempre prestar auxílio aos meus trabalhos, seja pelo empréstimo de equipamentos ou pelas críticas construtivas. Muito obrigado também a todos do LAIT.

Ao professor Afonso Nogueira pelos conselhos e pela amizade, um grande abraço também para toda equipe do GSED.

Aos professores Elírio Toldo Jr e Norberto Horn Filho, por aceitarem fazer parte da banca examinadora desta dissertação de mestrado. Muito obrigado!

Ao meu orientador Maâmar El-Robrini por ter acreditado no meu trabalho, pela confiança em mim posta e pela sua orientação, tanto na minha vida acadêmica como pessoal, muito obrigado!

Agradeço também ao PPGG pela oportunidade, pelo empréstimo de equipamentos e por me proporcionar conhecimento. Um grande abraço à Cleida, por ter tido tanta paciência comigo e por seus conselhos.

Obrigado a CAPES pelo financiamento da bolsa de estudos, este auxílio foi muito importante para a manutenção deste trabalho.

RESUMO

O entendimento dos processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros e de transporte sedimentar costeiro é necessário tendo em vista que tais processos assumem um importante papel na conformação e estabilização do ambiente praiar. A zona costeira é uma faixa complexa, dinâmica e instável, na qual está sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas geradas por processos meteorológicos (ventos) e hidrodinâmicos (ondas, maré e correntes associadas). Este trabalho mostra a morfodinâmica e quantifica o transporte sedimentar nas praias de macromaré da Princesa e de Fortalezinha, ambas localizadas na costa nordeste do Estado do Pará e inseridas na faixa arenosa da Ilha de Algodal/Maiandeuá (município de Maracanã), no setor costeiro da Costa Atlântica do Salgado Paraense. Foram realizadas duas campanhas de coleta de dados: (i) no período seco (15 - 19/10/2012) e; (ii) chuvoso (13 - 16/03/2013) para analisar a variação morfológica das praias e suas tendências erosivas e/ou de acreção, através de 8 perfis topográficos, sendo 4 em cada praia. Concomitantemente ao levantamento dos perfis, foram realizadas amostragem de sedimentos e medições de parâmetros hidrodinâmicos (ondas e correntes). Para quantificar o transporte de sedimento costeiro foram utilizadas: (1) armadilhas de sedimentos para o transporte eólico em cada perfil e (2) armadilhas na zona de surfe, em três setores distintos das praias para o transporte longitudinal. Estas praias são compostas predominantemente por *areia fina e bem selecionadas*. As praias exibiram baixa declividade ($< 2^\circ$) para os dois períodos. No período seco foi possível observar na praia da Princesa um sistema calha-barra bem desenvolvido na zona de intermaré média, característico de praias *dissipativas*, enquanto que no período chuvoso ocorreu perda de sedimentos nesta zona, permitindo a exposição de um terraço lamoso de paleomangue no setor central. Na praia de Fortalezinha o período chuvoso foi marcado por características erosivas no setor NW, com ausência de calhas e barras, somente o setor SE apresentou características típicas de praias *dissipativas*. Em geral, as praias da Princesa e Fortalezinha estão submetidas a um regime de macromaré semi-diurna, com ondas dominantes do tipo deslizante de baixo período, com direção NE. A corrente costeira tem direção preferencial de NW, com variações durante o ciclo de maré. Os ventos atuantes têm direção preferencial de E no período menos chuvoso e NE no período chuvoso. Durante o período seco as praias tiveram características de praias *intermediárias*, com Ω entre 4,322 a 4,579 na praia da Princesa e de 4,074 a 4,668 na Praia de Fortalezinha. No período chuvoso foram caracterizadas como *dissipativas*, com valores de Ω variando de 5,088 a 6,763 na praia da Princesa e 5,790 a 6,174 na praia de Fortalezinha, tendo apenas o setor NE da praia da

Princesa com características *intermediárias*. A praia da Princesa passou do estado de praia *ultradissipativa* ($7 < RTR < 15$ e $2 < \Omega < 5$) (período seco) ao estado *dissipativo* sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) (período chuvoso). Entretanto, a praia de Fortalezinha teve seu estado como *intermediário* com sistema de calha-barra de baixa-mar ($3 < RTR < 7$ e $2 < \Omega < 5$), no período seco, e *dissipativo* e sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$), no período chuvoso. Nas praias ocorre transporte longitudinal bidirecional, com resultante para NW. A direção da corrente longitudinal e da deriva litorânea é influenciada, respectivamente, pela direção e intensidade dos ventos alísios de NE (período seco) e correntes de maré (período chuvoso). O transporte eólico se dá em função da intensidade e duração dos ventos e principalmente por chuvas, entretanto, no período seco este é elevado, devido aos fortes ventos, e a ausência de chuvas deixa os sedimentos da zona de espriamento menos coesos e mais fáceis de serem transportados. A dinâmica costeira nas praias é influenciada pelas drenagens adjacentes (rios e canais de maré) principalmente durante a vazante da maré. Durante o período chuvoso, a vazão dos rios Marapanim e Maracanã é alta devido ao aumento das chuvas nas cabeceiras dos rios, que aumenta a exportação de sedimentos continentais (silte e argila) para a região costeira, e são incorporados a deriva litorânea e depositados nas praias durante os momentos de baixa energia, juntamente com os sedimentos arenosos provenientes principalmente da plataforma continental adjacente, através das correntes de maré.

Palavras-chave: Morfodinâmica. Transporte Sedimentar. Praias de Macromaré. Nordeste do Pará/Brasil.

ABSTRACT

Understanding the processes responsible for the morphodynamics of the coastal environments and sediment transport is necessary considering that such processes play an important role in the formation and stabilization of the beach. The coastal zone is a complex, dynamic and unstable range in which is subject to continuous changes generated by coastal morphodynamic processes such as winds, waves, tides and tidal currents. This Master thesis shown the morphodynamics and transport measurement of sediment in macrotidal on the Princesa and Fortalezinha beaches (Pará coast). These beaches are part of the sandy plains, around the Algodual/ Maiandeuá island (Maracanã city), being inserted in the Salgado Atlantic Coast of Pará. Two data collection campaigns were conducted: (i) in the dry season (15 - 19/10/2012) and; (ii) in the rainy season (13 - 16/03/2013). To analyze the morphological variation of these beaches and its erosive trends and / or accretion, were executed 8 topographic profiles (4 in each beach). At the same time the survey of profiles, sediment samples and measurements of hydrodynamic parameters (waves and currents) were performed. To quantify the coastal sediment transport were used two methods: (1) “traps” for aeolian sediment transport in each profile, and (2) “portable traps” for longitudinal transport in the surf zone, over three different sectors of the beaches. These beaches are composed predominantly of fine and well selected sand. The beaches exhibited low slope ($<2^\circ$) for the two periods. In the dry period was observed on the Princesa beach one well developed *bar-rip* in the middle intertidal zone, characteristic of dissipative beaches, while in the rainy season occurred loss of sediment in this area, allowing the exposure of a muddy terrace (paleomangrove) in the central sector. In general, the Princesa and Fortalezinha beaches are subject to a semidiurnal macrotidal regime. The active winds have preferred direction of E in less rain season and NE in the rainy season period, with sliding dominant waves of low period and NE direction. The coastal currents have preferred NW direction, with variations during the tidal cycle. The active winds have preferred direction E in less rainy period and NE in the rainy season. During the dry season the beaches have intermediate characteristics beaches, with Ω between 4.322 to 4.579 on the Princesa beach and 4.074 to 4.668 in the Fortalezinha beach. During the rainy season were characterized as dissipative, with Ω ranging from 5,088 to 6,763 values on the Princesa beach and 5.790 to 6.174 on the Fortalezinha beach, with only the NE sector of the Princesa beach with intermediate characteristics.

The Princesa beach evolved from ultradissipative beach state ($7 < RTR < 15:02 < \Omega < 5$) (dry season) to the dissipative state without bars ($3 < RTR < 7$ and $\Omega > 5$) (rainy period). However, the Fortalezinha beach had its status as an intermediary with low-water channel-bar system ($3 < RTR < 7:02 < \Omega < 5$) in the dry season, and dissipative and no bars ($3 < RTR < 7$ and $\Omega > 5$), in the rainy season. On the beaches is bidirectional longitudinal transport however in the rainy season the beach was characterized as dissipative and no bars ($3 < RTR < 7$ and $\Omega > 5$). On the beaches is bidirectional longitudinal transport, with resulting NW. The direction of the longitudinal current and longshore drift is influenced, respectively, by the direction and intensity of the trade winds from the NE (dry season) and tidal currents (rainy season). The aeolian transport is a function of the intensity and duration of winds and rains mainly, however, in the dry season this is high due to strong winds, and the lack of rain makes the sediments of less cohesive swash zone and easier to be transported. The coastal dynamics on the beaches is influenced by the adjacent drainages (rivers and tidal channels) especially during the ebb tide. During the rainy season, the Marapanim and Maracanã rivers flow is high, due to increased rainfall in the headwaters of rivers, increasing the export of continental sediments (silt and clay) for the coastal region, and are incorporated into coastal drift and deposited in beaches during times of low energy, along with sandy sediments mainly from adjacent continental shelf by tidal currents.

Keywords: Morphodynamics. Sediment Transport. Macrotidal beaches. Northeastern of Pará/Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Zonação morfológica para a ilha de Algodual-Maiandeuá.....	8
Figura 2 - Zonação hidrodinâmica de um perfil praiá.....	8
Figura 3 - Diferentes tipos de arrebentação das ondas.....	11
Figura 4 - Relação entre a distribuição granulométrica (Xs) entre dois depósitos sucessivos (D1 e D2).....	16
Figura 5 - Seis estados morfodinâmicos.....	19
Figura 6 - Variação do perfil praiá durante eventos de alta energia.....	22
Figura 7 - Transporte sedimentar longitudinal por deriva litorânea na face praiá e por correntes longitudinais na zona de arrebentação.....	23
Figura 8 - Mapa de localização da área de estudo. Brasil e litoral NE do Pará (A), ilha de Algodual/Maiandeuá (B) e praias da Princesa e de Fortalezinha (C).....	25
Figura 9 - Coluna estratigráfica do NE do Pará.....	31
Figura 10 - Distribuição espacial de solos na Ilha de Algodual.....	31
Figura 11- Desenho amostral dos perfis praiáis, armadilhas portáteis e eólicas, na Ilha de Algodual/Maiandeuá.....	33
Figura 12- Mapa de localização dos perfis topográficos na área de estudo.....	35
Figura 13- Fixação do trapeador portátil (a), fixação do aparelho (b) e sedimentos coletados (c).....	36
Figura 14- (a) Esquema do fluxo que passa pela armadilha portátil e (b) Dimensões da boca do trapeador.....	37
Figura 15- Mapa de localização das coletas de sedimentos na zona de surfe.....	38
Figura 16- Modelo de armadilha eólica acumulativa.....	39
Figura 17- Mapa de Localização das armadilhas eólicas.....	39
Figura 18- Correntômetro Infinity-EM.....	41
Figura 19- Fluxograma do tratamento das amostras de sedimentos para análise granulométrica e textural.....	43
Figura 20- Equipamentos para análise granulométrica. (a) Centrífuga. (b) Estufa e (c) Agitador de peneiras.....	44
Figura 21- Quadro de classificação granulométrica de Wentworth.....	44
Figura 22- Intensidade e direção dos ventos, nas praias da Princesa e Fortalezinha. (a) período seco e (b) período chuvoso.....	46

Figura 23- Ângulo de incidência das ondas nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	47
Figura 24- Média da altura das ondas nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	48
Figura 25- Mapa de direção das correntes costeiras na ilha de Algodual-Maiandeuá, nas praias da Princesa e Fortalezinha.	49
Figura 26- (a) Dunas escarpadas e (b) Paleomangue exposto na praia da Princesa no Setor central. Fonte- Autor (15/03/2013).	51
Figura 27- Sobreposição dos perfis topográficos na Praia da Princesa, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	52
Figura 28- Variação do volume sedimentar sazonal na praia da Princesa, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	52
Figura 29- Granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais da praia da Princesa, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	52
Figura 30- Sobreposição dos perfis topográficos da praia de Fortalezinha nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	54
Figura 31- Variação do volume sedimentar sazonal na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	54
Figura 32- Granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais da praia de Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	55
Figura 33- Parâmetros estatísticos granulométricos da praia da Princesa (Algodual-Pa).	57
Figura 34- Parâmetros estatísticos granulométricos da praia de Fortalezinha (Algodual-Pa).	59
Figura 35- Estados morfodinâmicos das praias da Princesa (losango) e Fortalezinha (círculo), utilizando o modelo conceitual de praia, onde o estado da praia é função da relação entre o parâmetro Ω e o RTR.	62
Figura 36- Relação entre a carga sedimentar na condução eólica e a intensidade dos ventos para cada ponto de coleta, nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	63
Figura 37- Campo de dunas no setor NW da praia da Princesa.	63
Figura 38- Carga sedimentar (em gramas) por seção, referente ao período seco.	66
Figura 39- Carga sedimentar (em gramas) por seção, referente ao período chuvoso.	66
Figura 40- Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal nas praias da Princesa e Fortalezinha no período seco (outubro/12).	68

Figura 41- Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal nas praias da Princesa e Fortalezinha no período chuvoso (março/13).....	68
--	----

TABELAS

Tabela 1 - Altura das ondas (em metros) nas praias da Princesa (A,B e C) e Fortalezinha (D, E e F), nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).....	48
Tabela 2 - Período (em segundos) das ondas nas praias da Princesa (A,B e C) e Fortalezinha (D,E e F), nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).	48
Tabela 3 - Velocidade média (cm/s) das correntes nas fases de enchente e vazante, nas praias da Princesa e Fortalezinha (ilha de Algodual/Maiandeu), nos períodos chuvoso (março/13) e seco (outubro/12).....	49
Tabela 4 - Estados morfodinâmicos das praias da Princesa e Fortalezinha.	60
Tabela 5 - Parâmetros morfométricos das praias da Princesa e Fortalezinha. (β) é declividade da praia, (Yb) Largura da praia e (CVYb) Coeficiente de variação da linha de costa.	60
Tabela 6 - Valores do parâmetro reativo da maré para as praias da Princesa e Fortalezinha, nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).....	61
Tabela 7 - Carga total (g) retida nas armadilhas portáteis, nos períodos chuvoso e seco.	64
Tabela 8 - Fluxo sedimentar total (g/h/m ³), nas praias da Princesa e Fortalezinha.....	67

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	vi
AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xiii
FIGURAS.....	xiii
TABELAS.....	xv
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	1
1.1. QUESTIONAMENTOS	4
1.2. OBJETIVOS.....	6
1.2.1. Objetivo Geral	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1. AMBIENTE PRAIAL	7
2.1.1. Definição	7
2.1.2. Zonação Morfológica.....	7
2.1.3. Zonação Hidrodinâmica	8
2.2. PROCESSOS FÍSICOS COSTEIROS	9
2.2.1. Ventos	9
2.2.2. Ondas	10
2.2.3. Marés	12
2.2.4. Correntes costeiras	13
2.3. SEDIMENTOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA	14
2.4. MORFODINÂMICA PRAIAL	16
2.5. TRANSPORTE SEDIMENTAR.....	20
3. ÁREA DE ESTUDO.....	25
3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	25
3.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	26
3.2.1. Climatologia	26
3.2.2. Forçantes Meteorológicas e Oceanográficas	26
3.2.2.1. Ventos.....	26
3.2.2.2. Ondas.....	27

3.2.2.3. Maré.....	27
3.2.2.4. Correntes de maré.....	28
3.2.3. Hidrologia local.....	28
3.2.3.1. Rio Maracanã.....	28
3.2.3.2. Rio Marapanim.....	29
3.2.4. Geologia e Geomorfologia.....	29
3.2.5. Solos.....	31
3.2.6. Cobertura Vegetal.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1. AQUISIÇÃO DE DADOS.....	33
4.2. PERFIL PRAIAL.....	34
4.3. MÉTODO DE ARMADILHAS DE SEDIMENTOS NA ZONA DE SURF.....	35
4.4. MÉTODOS DAS ARMADILHAS EÓLICAS (PÓS – PRAIA).....	38
4.5. VENTOS LOCAIS.....	40
4.5 HIDRODINÂMICA.....	40
4.5.1. Ondas.....	40
4.5.2. Correntes de maré.....	41
4.6. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	42
4.7. GABINETE.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS.....	46
5.1.1. Climatologia.....	46
5.1.2. Ondas.....	47
5.1.3. Circulação Costeira.....	48
5.2. MORFOLOGIA E GRANULOMETRIA.....	49
5.2.1. Praia da Princesa.....	50
5.2.2. Praia de Fortalezinha.....	53
5.3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS.....	55
5.3.1. Praia da Princesa.....	55
5.3.2. Praia de Fortalezinha.....	57
5.4. ESTADOS MORFODINÂMICOS.....	60
5.5. TRANSPORTE EÓLICO DE SEDIMENTOS.....	62
5.6. TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS.....	64

6. CONCLUSÕES.....	69
6.1. MORFODINÂMICA E PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	69
6.2. QUANTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR COSTEIRO	71
REFERÊNCIAS	73
ANEXO A - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS	84
Período Seco (mês de Outubro/2012)	84
Período Chuvoso (mês de Março/2013)	86
ANEXO B - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	88
Período seco (Outubro/2012)	88
Período Chuvoso (Março/2013).....	89

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

As praias de Fortalezinha e Princesa são praias de macromaré (> 4,0 m de amplitude média) que fazem parte da planície arenosa da ilha de Algodual-Maiandeuá (Município de Maracanã), enquadrando-se no setor da zona costeira (ZC) da Costa Atlântica do Salgado Paraense (Ministério do Meio Ambiente, 2000). A ZC constitui uma zona de fronteira sujeita às contínuas alterações morfodinâmicas, modeladas por processos continental e marinha (Silva et al. 2004), muitos dos quais controlados por fatores climáticos e meteorológicos.

A ZC está entre os mais complexos e variáveis sistemas, porque sua dinâmica está sujeita a efeitos derivados de uma geometria complexa, onde os fundos próximos desempenham um papel crucial na propagação de ondas. Ainda, a ampla gama de processos hidro-morfodinâmicos que afeta a ZC, tais como ondas, correntes e marés, entre outros, interage em diferentes escalas espaciais e temporais, tornando a ZC altamente variável (Alvarez-Ellacuria *et al.* 2010).

As praias oceânicas são ambientes formados por sedimentos inconsolidados, depositados e constantemente mobilizados pela ação predominante das ondas e correntes resultantes, conjugada em maior ou menor grau à presença de correntes de maré (Abreu, 2011).

Os processos morfossedimentares nas praias têm sido estudados desde a primeira metade do século XX, sendo referência para esse período o trabalho clássico de Johnson (1919). A partir da década de 50 as pesquisas na área se intensificaram, não somente do ponto de vista geomorfológico, como em função da engenharia costeira. Inúmeras contribuições como os trabalhos de King (1959), Sonu (1973), Komar (1976), Davis (1978), Horikawa (1988), Carter (1988) e as pesquisas desenvolvidas pela “escola australiana de geomorfologia costeira”, sintetizadas na obra de Short (1999).

O termo morfodinâmica foi introduzido por Wright & Thom (1977), e traduz o mútuo ajuste entre a topografia e a dinâmica dos fluidos que envolvem o transporte sedimentar costeiro. Define a relação íntima entre forma e processo, com o ajuste da morfologia do perfil praiar em resposta às forçantes hidrodinâmicas, representadas principalmente pela ação das ondas e correntes de marés e, por sua vez, o condicionamento das características desses processos hidrodinâmicos pela configuração morfológica da praia.

O enfoque morfodinâmico adotado pela escola australiana de geomorfologia, através do monitoramento das condições morfológicas e hidrodinâmicas do perfil praiar, trouxe uma

melhor compreensão sobre o comportamento morfológico das praias arenosas. A partir de dados obtidos para a costa NW da Austrália e com base no parâmetro adimensional de Dean (1973), Wright & Short (1984) propuseram um modelo que descreve o comportamento morfológico do ambiente praiial, o qual é baseado nos processos dinâmicos transversais à linha de costa, que traduzem a interação entre a energia das ondas na arrebentação e as características granulométricas da praia.

O modelo proposto foi elaborado para praias de micromarés da costa australiana, que permitiu a classificação do comportamento morfodinâmico praiial em seis estados morfológicos, delimitados pelos extremos dissipativo e reflectivo, e quatro estados intermediários, bem como a análise evolutiva, em escala temporal e espacial, dos estados morfodinâmicos identificados.

O modelo de Wright & Short (1984) tem sido amplamente empregado nas duas últimas décadas. Apesar da grande aceitação quanto à sua aplicabilidade em praias submetidas a um regime de micromarés, alguns problemas de adequação do estado morfodinâmico previsto pelo modelo e observado têm sido relatados por diferentes autores (ANFUSO *et. al.*, 2003; JACKSON *et. al.*, 2005, Masselink & Pattiaratch, 2001).

No Brasil, Abreu de Castilhos (1995), Muehe (1998), Klein & Menezes (2001) e Calliari *et al.* (2003), têm relatos problemas quanto ao estado morfodinâmico previsto e o observado em campo. Komar (1998) relaciona a possibilidade de inadequações do modelo proposto por Wright & Short (1984) a particularidades locais.

Esta defasagem entre estado morfodinâmico previsto e observado tem sido relacionada principalmente às variações no grau de exposição dos sistemas praiiais e suas consequências na distribuição de energia das ondas na ZC, bem como às características granulométricas iniciais do estoque sedimentar praiial, associadas à fonte de sedimentos. Masselink & Pattiaratch (2001) atentaram para o problema decorrente da inversão de vetores de transporte sedimentar longitudinal, ocasionada por oscilações sazonais no regime de ondas. Tais resultados levantam a questão sobre o papel do transporte longitudinal de sedimentos no comportamento morfodinâmico do perfil praiial.

Levando em consideração o fato de que grande parte dos estudos sobre a morfodinâmica costeira ser feitos em ambientes de micromaré, Masselink & Short (1993) e Masselink & Turner (1999) utilizando como base as idéias de Wright & Short (1984) e Short (1991) atribuíram os efeitos relativos das ondas e marés na morfologia das praias. Combinando assim, os modelos preexistentes com o conceito de Davis & Hayes (1984) sobre a variação relativa das marés. O resultado foi a criação do modelo empírico RTR (Parâmetro

Relativo da Maré), que utiliza a equação ($RTR=TR/Hb$), que é aplicável a ambientes de meso e macromarés.

A análise morfodinâmica do litoral, isto é, o estudo temporal e espacial das variações morfológicas das praias em associação com as diferentes condições de ondas e tipos de sedimentos, vem tomando uma dimensão muito grande no que concerne à caracterização da estabilidade e mobilidade das praias. Este tipo de análise objetiva dar subsídios para o desenvolvimento urbano, implantação de estruturas de engenharia e até mesmo qualidade de banho das praias.

Estimativas das quantidades de sedimentos transportados na ZC são importantes subsídios para o processo de gerenciamento costeiro e para o desenvolvimento de obras de engenharia. Entretanto, na opinião de muitos autores, pouco tem sido feito na condução de experimentos bem instrumentados, seja em ambiente natural seja em laboratório, principalmente quando comparado com a grande quantidade de estudos realizados sobre o transporte na região fora da zona de arrebentação. São necessários maiores investimentos que permitam um aumento significativo de dados na ZC paraense, ainda pouca conhecida, a exemplo dos entornos da ilha de Algodóal (Mascarenhas, 2004).

As direções do transporte de sedimentos são estudadas através das estruturas sedimentares direcionais entre as quais certas formas de leito e laminações oblíquas possuem relação direta com as direções e os tipos de fluxo atuantes. Os parâmetros granulométricos (média, seleção e assimetria) são utilizados para identificar a tendência do transporte de sedimento. Essa metodologia de estudo foi idealizada no início dos anos 80 por McLaren (1981) e McLaren & Bowles (1985), e vem sendo sucessivamente desenvolvida por outros autores (Gao & Collins, 1991; 1992; Le Roux, 1994).

Alguns trabalhos sobre a dinâmica do transporte de sedimentos e morfodinâmica em praias de meso e macromarés do NE do Pará foram realizados: Alves (2001), Braga (2007), Barbosa *et al.* (2007), Monteiro *et al.* (2009) e Pagliarini & Cordovil (2010) na Praia de Ajuruteua, em Bragança; e os de Gregório *et al.* (2005), Busman (2004) e Guerreiro (2010) nas Praias do Atalaia, Farol Velho e Marieta, respectivamente e Ranieri (2011) em Salinópolis e na Praia da Romana.

Segundo Ranieri (2011), os trabalhos sobre a dinâmica praial, no NE do Pará, tem as suas metodologias voltadas para técnicas pós-deposicionais, com resultados dedutivos sobre esta deposição ocorrente, especialmente, na parte subaérea, ou emersa da praia. Entretanto, na parte submersa da praia, as aplicações de métodos e técnicas são mais escassas.

Em vista disso, este trabalho tem como objetivo analisar a morfodinâmica sazonal e quantificar o transporte sedimentar das praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá. Este trabalho visa entender as mudanças que ocorrem nas praias adotando a sazonalidade amazônica, uma vez que, esta área é influenciada por uma grande variação pluviométrica (média de 2.800 mm/ano) e dominada por macromaré semidiurna (altura média de 4 a 6 m). Este estudo visa ampliar o conhecimento sobre os processos longitudinais e transversais de transporte sedimentar que atuam na ZC, e suas implicações para o comportamento dinâmico e evolutivo do ambiente praial.

O entendimento dos processos costeiros é de grande valia para o planejamento e uso sustentável da ZC, que é considerada patrimônio natural e econômico, que abriga grande parte da população mundial, sendo o palco de diversas atividades socioeconômicas. Dentre essas, se destacam as atividades portuárias e a ocupação urbana, com grande potencial de impacto sobre a dinâmica sedimentar na ZC.

1.1. QUESTIONAMENTOS

Na área estudada decidiu-se utilizar técnicas de medições *in situ* realizadas em todo mundo, que na literatura oferecem resultados razoáveis e que já foram aplicados em praias no NE do Pará, como no caso da Romana em Curuçá por Ranieri (2011): método de armadilhas de sedimentos oriundos do transporte eólico e transporte longitudinal na zona de surfe.

Durante a idealização deste trabalho surgiram alguns questionamentos: O método de utilização das armadilhas na zona de surfe será bem aplicável nas praias de Fortalezinha e Princesa, assim como foram em Curuçá? Este método seria suficiente para demonstrar a variação sazonal no transporte sedimentar costeiro? Qual a maior forçante desta variação no transporte e distribuição dos sedimentos: vento, maré ou onda? Com que intensidade e em que direção preferencial estes são transportados? Qual a influencia dos corpos d'água adjacentes sobre a dinâmica sedimentar das praias? Como se comporta a morfologia da praia e o transporte de sedimentos durante a variação sazonal? Qual a resposta das duas praias à sazonalidade amazônica? Similares ou diferentes?

Alguns autores têm atentado para erros de utilização do parâmetro Ω proposto por Wright & Short (1984) para classificação morfodinâmica de praias arenosas, visto que essa classificação não leva em consideração a variação da maré. No entanto, esta classificação seria suficiente para caracterizar a área de estudo? A utilização do Parâmetro Relativo de Maré (RTR), que utiliza a altura de maré de sizígia pode auxiliar nesta correção? Quais serão as respostas do que foi observado em campo e do resultado obtido nestes modelos? Similares ou distintos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a influência da sazonalidade amazônica na configuração morfodinâmica das praias de Fortalezinha e Princesa, localizadas na ilha de Algodal/Maiandeuá, município de Maracanã (Estado do Pará).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar as alterações morfodinâmicas sazonais ocorrentes nestas praias;
- Quantificar o transporte sedimentar longitudinal;
- Quantificar o transporte sedimentar eólico;
- Definir os estágios morfodinâmicos das praias;
- Entender a dinâmica sedimentar entre as duas praias, e atribuir a influência dos estuários adjacentes na dinâmica e na exportação de sedimentos para a área.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. AMBIENTE PRAIAL

2.1.1. Definição

As praias são ambientes muito dinâmicos e sensíveis, que expressam múltiplas funções, entre elas, proteção costeira para ecossistemas adjacentes e as atividades urbanas, recreação, turismo e habitat para várias espécies animais e vegetais (Souza *et al.* 2005). Há várias definições para o ambiente praial. Komar (1976) definiu a praia como uma acumulação de sedimentos inconsolidados que se estende do limite médio de maré baixa até alguma mudança fisiográfica como um rochedo, campo de dunas e/ou uma vegetação permanente.

Segundo King (1973), a praia é um ambiente sedimentar costeiro, de composição variada, formada mais comumente por areia e condicionada pela interação dos sistemas de ondas incidentes sobre a costa. Muehe (2001) acrescentou os efeitos das marés ao condicionamento da praia. Segundo este, as praias são depósitos de sedimentos, mais comumente arenosos, acumulados por ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de ondas e maré.

Hoefel (1998) conceituou as praias arenosas oceânicas como sendo sistemas transicionais altamente dinâmicos, que constantemente ajustam-se às flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidrodinâmicos. Sendo assim as praias tem como sua principal função ambiental, servir de tampão que protegem a costa da ação direta de ondas e marés.

As praias ocorrem em todas as latitudes, climas, amplitudes de marés e tipos de costas (Short, 1999). Este autor enriquece o conceito de praia quando define que a extensão e características das praias são dependentes da variação de maré, altura de onda, período de onda, tamanho do grão e forma da praia. Sendo assim, estes fatores podem ser potencializados pelas condições climáticas e meteorológicas.

2.1.2. Zonação Morfológica

Para a zonação morfológica das praias em estudo, foi utilizada a divisão sugerida por Souza Filho *et al.* (2003) para praias de macromarés (Figura 1), que divide a praia em *zonas de supramaré, intermaré e inframaré*.

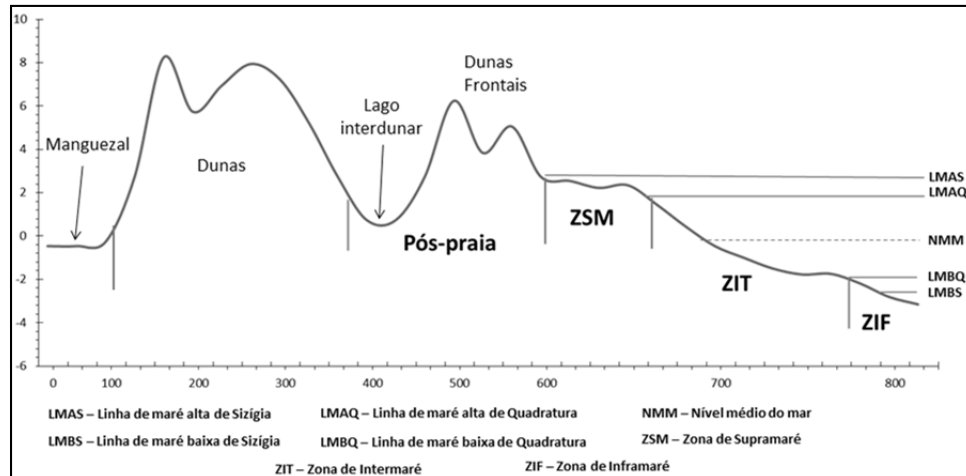


Figura 1: Zonação morfológica para a ilha de Algodóal-Maiandeuá.

A zona de supramaré ou pós-praia é compreendida pela parte superior do espraiamento da onda até o limite topográfico da praia em direção ao continente até o limite de dunas frontais e vegetação fixada.

Zona de Interamaré é a face praial, que ocorre desde o nível de maré alta de sizígia até o nível de maré baixa de sizígia, subdividindo-se em zonas de: interamaré superior - limitada pelas linhas de maré alta de sizígia e de maré alta de quadratura; interamaré média - limitada pelas linhas de maré alta de quadratura e linha de maré baixa de quadratura; e interamaré inferior - limitada entre as linhas de maré baixa de quadratura e maré alta de sizígia.

A zona de inframaré ocorre após a linha de maré baixa de sizígia, estendendo-se costa a fora, até o limite inferior do perfil praial.

2.1.3. Zonação Hidrodinâmica

Quanto à zonação hidrodinâmica, será utilizada a terminologia proposta por Davis (1985), em que a praia se subdivide em três zonas distintas: de arrebatção, de surfe e espraiamento (Figura 2).

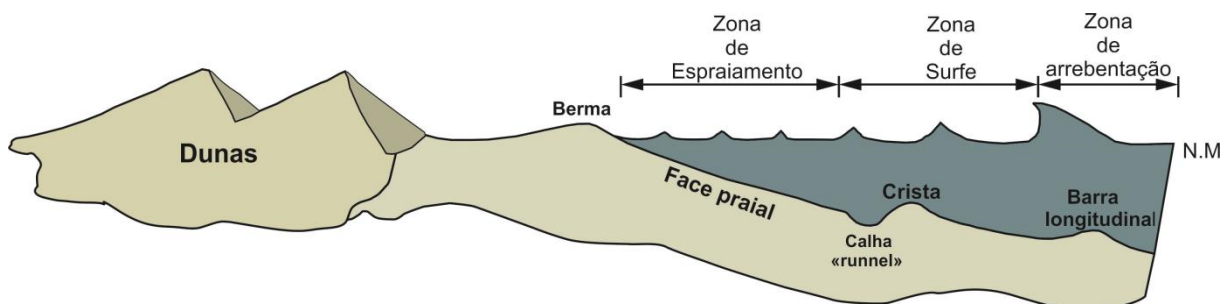


Figura 2: Zonação hidrodinâmica de um perfil praial. Modificado de Albino (1999).

A zona de arrebentação ou “*breaking zone*” é a zona do perfil praial onde ocorre o processo de quebra das ondas incidentes. Este processo acontece quando as ondas aproximam-se de águas rasas, onde sofrem o processo de empinamento e quebram dissipando sua energia;

A zona de Surfe ou “*surf zone*” é a faixa onde as ondas incidentes dissipam sua energia, e parte desta energia é transferida para geração de correntes longitudinais e transversais a praia. As características desta zona dependem do modo em que ocorre esta dissipação de energia. Em praias de baixa declividade, as ondas que inicialmente quebraram reformam-se como ondulações, espreado-se ao longo da zona de surfe em decaimento exponencial de altura, até atingir a linha de praia. Durante este percurso, grande parte da energia é transferida para a geração de correntes longitudinais e transversais à praia.

A zona de espraçamento ou “*swash zone*” pode ser identificada como a região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão das ondulações sobre a face praial, ou seja, é a zona onde se observa o fluxo e refluxo das ondas e na qual pode apresentar algumas feições longitudinais à costa, como cúspides e mega-cúspides.

2.2. PROCESSOS FÍSICOS COSTEIROS

Este tópico lista os principais processos físicos atuantes na ZC, sendo estes de natureza meteorológica e hidro-oceanográfica, como ventos, ondas, maré e correntes.

2.2.1. Ventos

O vento consiste no deslocamento de massas de ar, sendo que esse fenômeno é consequência do movimento do ar de um ponto no qual a pressão atmosférica é mais alta em direção a um ponto onde ela é mais baixa.

Parte considerável da energia transferida da atmosfera para o oceano é transportada na forma de ondas é liberada muito rapidamente e influencia de forma direta a hidrodinâmica local, o transporte de sedimentos e a morfologia da costa (Paes-Leme *et al.* 2008). Ainda, os ventos participam do transporte transversal de sedimentos, sendo responsável pela mobilização das areias da face praial para as dunas (Silva *et al.* 2004). Esse transporte acontece principalmente durante a maré vazante, onde a energia solar seca e desagrega os sedimentos, fazendo com que estes sejam mais facilmente removidos pela energia dos ventos e assim depositados nas dunas adjacentes.

Segundo Giannini *et al.* (2005), o regime de ventos depende da dinâmica das massas de ar e pode ser quantificado por meio da deriva eólica potencial (DEP). Da interação da DEP com o suprimento de areia, resulta na deriva eólica efetiva (DEE), transporte de areia para o interior do sistema eólico. A DEE depende da existência de areia não coesa em granulometria compatível com a competência do vento.

Em sistemas eólicos costeiros, quanto mais retos (próximo de 90°) o ângulo α entre o vento e a linha de costa, menor a distância que o sedimento eólico percorre antes de ser freado ou desviado pela vegetação, e mais próximo do mar começa a ocorrer deposição (Giannini *et al.* 2005). No entanto, em praias dissipativas de macromarés, a zona de espraiamento é muito larga e a distância que o sedimento eólico percorre sobre esta zona é bem maior.

Segundo Cunha (2004), a ZC norte e nordeste do Brasil recebe os ventos alísios de NE, enquanto que a ZC leste, sudeste e sul é submetida à ação de ventos da tempestuosa zona subpolar do Atlântico Sul.

2.2.2. Ondas

As ondas que atuam na costa são geradas em oceano aberto através do cisalhamento entre os ventos e a superfície da água oceânica e dependem principalmente da intensidade e do tamanho da pista de vento (Souza *et al.*, 2005).

Além das ondas geradas por ventos em oceano aberto, existem ondas secundárias (*seas*) geradas próximo à linha de costa, essas ondas ocorrem devido aos ventos fortes provocados por alterações de energia das ondas gravitacionais na costa (Silva *et al.*, 2004).

Durante a propagação das ondas de águas profundas em direção à costa, o fundo influencia a altura da onda e seu comprimento que se torna $< 1/2$, com as transformações mais significativas ocorrendo quando essa relação atinge $1/4$ (Komar, 1976). Essas transformações das ondas em águas rasas incluem a difração, reflexão e a refração destas.

As ondas que chegam à costa sofrem difração, mudando seu sentido de propagação em águas rasas, tendendo a se acomodar segundo a topografia e alinhando-se a linha de costa. Suguiu (2003) atribui o alinhamento da zona de arrebentação com a linha de costa a este fenômeno.

A reflexão de ondas acontece quando estas encontram um obstáculo gerando em contraposição um novo trem de ondas que pode ser reintegrado ao oceano aberto ou ficar aprisionado junto à costa em forma de onda de ressonância. Este processo pode acarretar em aumento do potencial erosivo do refluxo das ondas durante episódios de alta energia.

O processo de refração acontece quando há mudança de direção de propagação de uma onda em águas rasas, resultando das variações na velocidade de propagação induzida pelo atrito da base da onda com o fundo. A parte da onda que avança sobre as zonas de menor profundidade tem velocidade de propagação menor do que aquela que se propaga em áreas mais profundas, de modo que as ondas incidentes na ZC tendem a se alinhar paralelamente às isóbatas, mudando a direção inicial de propagação.

Segundo Galvin (1968), as ondas ao encontrarem águas rasas, exprimem diferentes formas de arrebentação e de propagação, que dependem da forma de dissipação energética, da topografia submarina e da morfologia da ZC, o mesmo autor classifica a arrebentação das ondas em quatro tipos: Deslizante, Mergulhante, Frontal e Ascendente (Figura 3).

Arrebentação do tipo *deslizante* é caracterizada por uma dissipação gradativa da energia da onda, este tipo ocorre em praias com baixos declives, ou seja, praias com pequeno grau de inclinação. Este tipo de arrebentação gera ondas de elevada amplitude e período de onda, com ampla faixa de espuma na zona de surfe.

O tipo *mergulhante* ocorre onde a dissipação da energia das ondas acontece abruptamente, em pequenas distancias, e são características de praias com declives mais acentuados, ligadas a ondas de altos períodos que geram grandes tubos. Estas ondas são as mais apreciadas pelos surfistas de alto desempenho.

Arrebentações do tipo *frontal* ocorrem de forma semelhante a do tipo mergulhante, entretanto essa arrebentação não gera tubos e ocorre em praias com declives médios e ventos moderados.

As arrebentações do tipo ascendente ocorrem em praias de declividade tão alta que a onda não chega a quebrar, ascendendo sobre a face praial e interagindo com o refluxo das ondas anteriores.

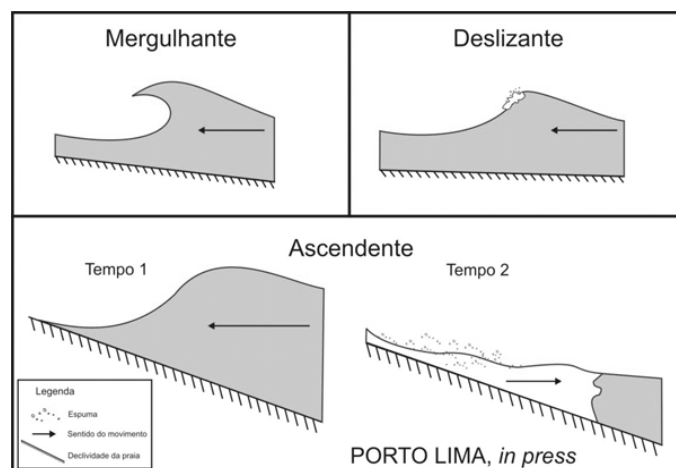


Figura 3: Diferentes tipos de arrebentação das ondas.

Fonte: UFPR

2.2.3. Marés

Marés são mudanças do nível da água, de pequeno espaço temporal, causam mudanças cíclicas nas praias, podendo atuar passivamente ou ativamente no transporte de sedimento (Davis 1985). São formadas pela ação conjunta de forças de atração gravitacional do sol e, principalmente, da lua, na qual exerce o dobro desta força em relação ao sol, sobre as águas oceânicas.

Durante um mês, as variações entre o alinhamento do sol e da lua geram as marés astronômicas de sizígia (luas nova e cheia) e de quadratura (quartos de lua). As marés de sizígia são cerca de 20 % mais altas (maré alta) e mais baixas (maré baixa) do que as marés de quadratura (Souza *et al.* 2005). Isto é devido o fato do sistema terra-lua-sol estarem em conjunção durante as marés de sizígia, enquanto que nas marés de quadratura estão em oposição.

Durante um intervalo de 24 horas e 50 minutos (um dia lunar), podem ser registrados comportamentos de maré semidiurna, com duas baixamares e duas preamares (2 ciclos de marés), marés diurnas, com uma preamar e uma baixamar (1 ciclo de maré) e marés mistas, que envolvem variações entre os dois extremos (Silva *et al.* 2004).

As marés que são observadas nas ZC's resultam do empilhamento e amplificação das marés oceânicas, à medida que estas se movem sobre a plataforma continental e para dentro de estuários e baías. Nestas áreas, movimentos horizontais da coluna d'água, na forma de correntes de maré causam mudanças do nível das águas, resultando na inundação periódica das planícies de marés e manguezais.

De acordo com Davies (1964), as costas são influenciadas por diferentes regimes de marés, em função da latitude geográfica. Estas podem ser classificadas em três tipos: micromarés, quando a amplitude de maré de sizígia é < 2 m; mesomarés, quando as amplitudes variam entre 2 e 4 m; ou macromarés, quando as amplitudes são > 4 .

No Brasil, as micromarés ocorrem nas ZC's sul e sudeste, as mesomarés atuam na ZC leste e em parte da nordeste, e as macromarés em parte da ZC nordeste e ZC norte (Souza *et al.* 2005).

2.2.4. Correntes costeiras

As correntes na ZC são geradas por ondas e marés. As correntes geradas por ondas são formadas devido à incidência das ondas obliquamente à linha de costa, gerando um sistema de circulação ou correntes costeiras.

As correntes longitudinais são associadas às ondas que atingem a praia obliquamente (Komar, 1976; Carter, 1988), estando confinadas entre a primeira linha de arrebentação das ondas e a linha de praia, sua formação e intensidade dependem principalmente do ângulo de incidência, período, altura das ondas na arrebentação e da declividade do perfil da praia (Komar, 1988).

De acordo com Wright (1985), as correntes longitudinais também podem ser resultantes da presença de gradiente longitudinal da altura das ondas na zona de arrebentação. Localmente, a atuação de ventos pode influenciar a formação desse tipo de correntes na ZC.

As correntes longitudinais podem apresentar uma ou duas direções, sendo classificadas como unidirecionais e bidirecionais, estas últimas acontecem quando duas direções opostas de ondulações atingem a costa obliquamente. A sua intensidade é proporcional ao ângulo de incidência da ondulação com a costa, sendo que as maiores intensidades de corrente ocorrem com ângulos próximos de 45° a 50° (Komar, 1976).

As correntes longitudinais são responsáveis pelo transporte de sedimentos paralelamente à linha de costa, entre a zona de arrebentação e a face praial, desempenhando um papel fundamental nos processos morfodinâmicos costeiros.

Da quebra oblíqua das ondas à linha de costa, gera-se um padrão de transporte de sedimentos em forma de “zig-zag”, devido ao fluxo das ondas (*swash*), ou espraiamento das ondas na face praial, seguindo a direção oblíqua de propagação, e do refluxo das ondas (*backwash*), movendo os sedimentos em sentido oposto, na direção do mergulho da face praial.

Segundo Taggart & Schwartz (1988), o fenômeno oriundo do fluxo e refluxo das ondas é conhecido como deriva praial, cuja trajetória apresenta o mesmo sentido da deriva litorânea, movimento resultante da atuação das correntes longitudinais e agitação das ondas no local. A deriva costeira representa a somatória das derivas litorânea e deriva praial (Suguo, 2003).

Outro tipo de corrente que condiciona o movimento das águas na ZC é a corrente de maré, especialmente das costas baixas sujeitas ao regime de macromaré, a exemplo do Nordeste do Pará.

A área de atuação da maré depende principalmente de sua amplitude, pois esta define a quantidade de energia presente em um sistema. A influência pode ser tamanha que, nos casos em que sua influência supera a das ondas, estabelecem-se "terraços de maré" e não praias propriamente ditas (Pedruzzi, 2005).

A importância das correntes de maré no transporte de sedimentos e, conseqüentemente, na modelagem da linha de costa faz com que a identificação das características da maré em uma determinada região seja de grande significado para o estudo dos ambientes de sedimentação costeira (Silva *et al.*, 2004).

2.3. SEDIMENTOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

A determinação das propriedades físicas dos sedimentos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica responsável pela formação de depósitos sedimentares. Sendo assim, a propriedade mais importante dos sedimentos é, provavelmente, a dimensão das partículas que os compõem e a quantificação por grandes classes dimensionais.

A análise granulométrica ou *Análise Textural* é considerada um parâmetro essencial para compreender o ambiente de sedimentação e o regime hidrodinâmico em que um ecossistema encontra-se submetido. O tamanho dos grãos desde as frações mais grossas (cascalho) as frações mais finas (*silte* e *argila*) oferecem informações quanto ao grau de seleção dos sedimentos e a competência do meio de transporte.

As principais fontes de sedimentos para a ZC são as drenagens adjacentes e os sedimentos provenientes da plataforma continental interna adjacente. A erosão de setores costeiros rochosos e de segmentos de planícies arenosas fornece igualmente material ao trânsito sedimentar costeiro e à alimentação de depósitos praias.

As características granulométricas e a magnitude do depósito sedimentar praias estão relacionadas à natureza e abundância da área fonte e à capacidade das ondas e correntes costeiras resultantes em deslocar, transversal e longitudinalmente à linha de costa, o material sedimentar disponível.

De acordo com Komar (1976), a granulometria dos sedimentos também reflete a intensidade da turbulência do fluxo e o grau de dissipação de energia pela praia, constituindo um fator de controle importante na morfologia do perfil praias. Desse modo, a análise das características da distribuição granulométrica dos sedimentos praias e das ondas incidentes, bem como de suas variações espaciais e temporais, permite compreender o comportamento morfodinâmico das praias. Sendo assim, as investigações no campo dos processos

morfossedimentares em praias buscam identificar as inter-relações entre as diferentes variáveis envolvidas na definição das características texturais dos depósitos praias.

Muitos estudos têm sido feitos para relacionar os parâmetros granulométricos de sedimentos praias aos processos costeiros atuantes no ambiente praias, dentre estes, estão aqueles, referentes ao atrito entre as partículas sedimentares e/ou ao transporte longitudinal por deriva litorânea, que explicariam a ocorrência de gradação lateral na granulometria dos sedimentos nas praias (Bryant, 1982; Bird, 1996).

A partir do pressuposto de que os parâmetros granulométricos traduzem os processos sedimentares, McLaren (1981) e McLaren & Bowles (1985) propuseram modelos de análise combinada da tendência do tamanho médio do grão, do desvio padrão e da assimetria de depósitos na direção provável do transporte (abordagem linear). Os modelos analíticos propostos pelos autores permitiriam elucidar o padrão direcional dos sedimentos e dos processos sedimentares predominantes.

De acordo com McLaren (1981), as características granulométricas de um depósito sedimentar não dependem somente da área fonte, mas também da deposição seletiva dos sedimentos durante o transporte e da deposição total da carga sedimentar.

Os mesmos autores ressaltam que a maior parte dos depósitos é caracterizada por uma distribuição granulométrica *log-normal* e os desvios são causados pelos processos de erosão, transporte e deposição sedimentar, resultando em distribuição assimétrica.

Com base na análise de tendências granulométricas de amostras sucessivas na direção provável do transporte sedimentar, foram definidos quatro contextos distintos (Figura 4): (i) *equilíbrio dinâmico*: acontece quando as amostras sucessivas mostram distribuição granulométrica similar, com os grãos tendo a mesma probabilidade de serem transportados ou depositados; (ii) *acresção*: ocorre quando a deposição de partículas mais finas ultrapassa a taxa de remoção, com uma redução da granulometria média do depósito e com grãos apresentando assimetria negativa; (iii) *erosão*: situação onde a remoção de partículas mais finas excede a deposição, provocando um aumento da granulometria média do depósito, tornando a distribuição positivamente assimétrica; (iv) *deposição total*: quando há aumento gradativo da proporção de partículas mais finas, resultando na redução do tamanho médio e em assimetria mais negativa.

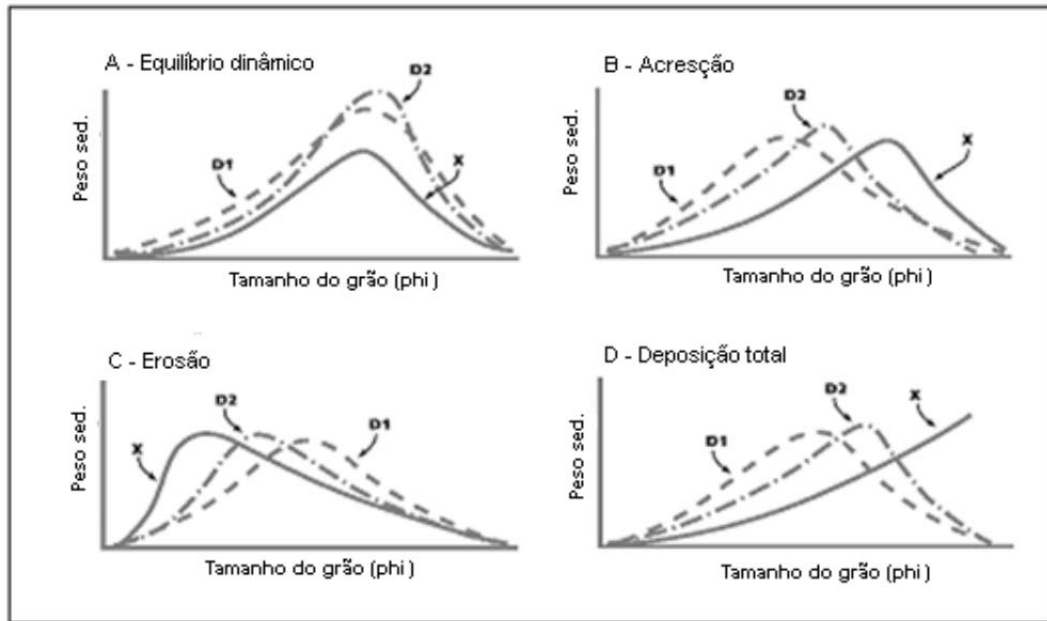


Figura 4: Relação entre a distribuição granulométrica (Xs) entre dois depósitos sucessivos (D1 e D2), adaptado de McLaren & Tuominen (1998).

O controle da morfologia de uma praia está limitada à sua granulometria, Bagnold (1940) e Bascom (1951) mostraram que há uma relação estreita entre o tamanho médio do grão e a declividade do perfil praiial, em sua maioria, esta relação tem sido atribuída principalmente à interação dos sedimentos com a energia das ondas incidentes (Komar, 1976).

Praias de areia fina tendem a ter baixa declividade da face praiial e maior grau de dissipação, e no contrário, praias com sedimentos grosseiros, tendem a ter maior declividade da face praiial e maior grau de dissipação de ondas, segundo Guza & Inman (1975), Bryant (1982), Wright & Short (1984).

Assim, o estudo das características das praias é de grande importância na identificação morfológica, morfodinâmica e de padrões de transporte sedimentar neste ambiente.

2.4. MORFODINÂMICA PRAIAL

A morfodinâmica praiial é o método de estudo que integra observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebentação (Calliari *et al.* 2003).

O conceito “morfodinâmica” se refere ao ajustamento da topografia do prisma praiial para acomodar-se aos movimentos produzidos por ondas, marés e correntes litorâneas e à própria topografia (Roso, 2003).

Em uma mesma praia, o tamanho do grão e a declividade aumentam conforme a exposição da praia, à medida que as praias sofrem erosão ou acréscimo, a declividade da face praial irá mudar (Bascom, 1951). Praias que sofrem erosão tendem a ficar mais planas, enquanto praias que recebem um acréscimo de sedimentos tendem a ficar mais íngreme. Os grãos maiores são encontrados em pontos de máxima turbulência e o tamanho dos grãos tende a decrescer com a diminuição da turbulência.

King (1959) aponta que a fonte do material e os processos de deposição afetam a distribuição do tamanho dos grãos em sedimentos praias, sendo que o material sedimentar grosseiro está associado com zonas de maior energia.

Contudo Komar (1976) levantou a hipótese de que independentemente do nível de energia de onda atuante, o tamanho de grão vai ser definido principalmente pela natureza da área fonte. O tamanho e a constituição dos grãos que formam as praias têm um importante papel no comportamento e na variação da declividade das praias arenosas. Os grãos finos tendem a gerar um perfil com a pendente suave, enquanto que progressivamente, grãos grossos geram perfis mais íngremes, mantendo-se as ideias anteriores em relação à topografia.

Wright & Short (1984) e Short (1999) estabeleceram uma relação inversa entre a altura de onda e o tamanho do grão, pois como se explicaria a presença de sedimentos finos em praias dissipativas, as quais possuem elevada altura de onda, e sedimentos grossos em praias refletivas, com baixa altura de onda (Braga, 2007).

As praias podem perder material arenoso para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés têm um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas que as da estação menos chuvosa, resultando na formação de barras arenosas localizadas a centenas de metros costa afora, orientadas paralelamente a linha de costa (Braga, 2007).

O contrário ocorre nos períodos menos chuvosos, quando a massa de água na zona de espraiamento, possui menor quantidade de energia turbulenta, sendo que as areias removidas para trás da zona de arrebenção tendem a migrar novamente, agora em direção à zona de espraiamento (Masselink & Short 1993).

Na década de 70, a *Escola Australiana de Geomorfologia Costeira* classificou as praias segundo seu estado morfodinâmico em estados dissipativo, refletivo e outros quatro intermediários (Wright & Short, 1984). Esta classificação morfodinâmica utiliza o parâmetro morfométrico Ω de Dean (1973), conhecido como velocidade de decantação adimensional (Souza *et al.* 2005) para determinar os estados morfodinâmicos de praias arenosas (Figura 5).

O estado *dissipativo* é caracterizado pela alta energia de onda, com larga zona de surf, composta por dois ou mais bancos. A praia com baixo gradiente topográfico ocorre sob condições de ondas de alta energia e na presença de areia fina, permite um alto potencial de transporte de sedimento eólico e, conseqüentemente, dunas frontais bem desenvolvidas (Short & Hesp 1982).

O estado *refletivo* é caracterizado por elevados gradientes de praia e fundo marinho adjacente, o que reduz sensivelmente a largura da zona de surf. Ocorre em praias fortemente compartimentadas, em zonas protegidas entre promontórios, na presença de areias grossas ou após longos períodos de acreção. A reserva de areia se encontra, principalmente, na parte subaérea da praia, com pouca areia depositada na parte submarina.

No estado *refletivo* o berma da praia é elevado devido à velocidade de espraiamento da onda que se dá sobre as areias grossas, limitando o transporte eólico e as dunas frontais são pequenas ou inexistentes (Muehe 2001).

Os estágios *intermediários* podem ocorrer tanto em condições de praia *dissipativa*, durante as tempestades, como de praia *refletiva*, durante os momentos de calmaria, mas representam a transição entre os dois (Oliveira 2009). Entre os quatro estados morfodinâmicos intermediários identificados, o estado de terraço de baixamar corresponde ao de menor mobilidade, com predomínio de ondas de baixa energia. Os demais estados intermediários apresentam mobilidade crescente, na medida em que aumenta o nível de energia ao qual são expostos.

No entanto, essa classificação sobre os estados morfodinâmicos foi elaborada para praias arenosas cuja dinâmica é dominada por ondas e sob influência de regime de micromaré. Para zonas onde a influência da maré é significativa, Masselink & Short (1993) utilizaram o conceito de Davis & Hayes (1999) sobre a variação relativa das marés (Relative Tidal Range, ou RTR) (Figura 7), que relaciona a altura das ondas na arrebentação (H_b) e a variação da Maré (MSR). $RTR=MSR/H_b$.

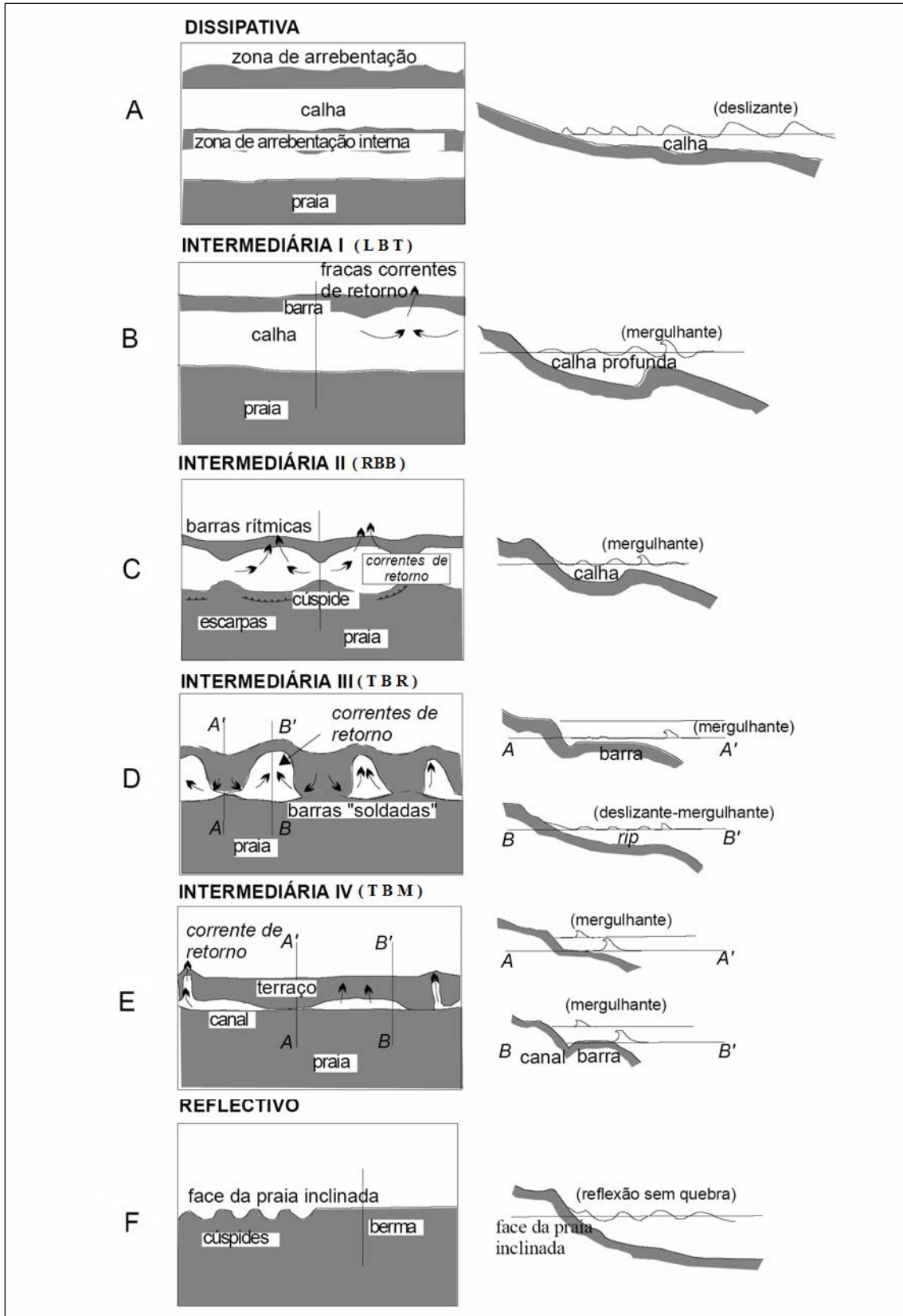


Figura 5: Seis estados morfodinâmicos. Fonte: Nascimento (2006).

De acordo com Masselink & Turner (1999), com o aumento do RTR (Figura 7), as praias reflectivas gradam para praias de terraço de baixamar com correntes de retorno e praias

de terraço de baixamar sem correntes de retorno; praias intermediárias com barreiras gradam para praias com morfologia de correntes de retorno/banco no nível de baixamar; praias dissipativas com barras submersas produzidas por RTR baixo gradam para praias dissipativas sem barras; e praias dissipativas sem barras e correntes de retorno gradam para praias ultradissipativas ($RTR > 7$). Quando o RTR é > 15 , a praia inicia transição para planície de maré, que se estabelece quando o $RTR > 15$.

De acordo com Komar (1998), possíveis inadequações na aplicação do modelo proposto por Wright & Short (1984) podem estar relacionadas a particularidades locais. Nesse sentido, nas praias brasileiras, os problemas de adequação do parâmetro relatados por Abreu de Castilhos (1995) e Klein & Menezes (2001) foram atribuídos a uma possível influência de variações no grau de exposição dos sistemas praias (Calliari *et al.*, 2003), ou às características granulométricas iniciais do estoque sedimentar, associadas à área fonte de sedimentos.

Os resultados insatisfatórios obtidos por Muehe (1998) em praias do Rio de Janeiro decorrem, segundo o autor, da modificação das características das ondas na zona de surfe, que age como um filtro, modulando a energia que atinge a zona de espraiamento. O grau de amortecimento de energia é função da morfologia do fundo, que traduz o comportamento morfodinâmico da praia.

2.5. TRANSPORTE SEDIMENTAR

As ondas e correntes costeiras, aliadas aos ventos e marés, modulam os processos de transporte sedimentar entre a arrebentação e a linha de costa. Para Bagnold (1956), o transporte sedimentar está relacionado ao fluxo de energia necessário para movimentar as partículas sobre a camada superficial de fundo, definindo um modelo energético para o processo. Após a mobilização pelo fluxo hidrodinâmico, duas modalidades de transporte podem caracterizar a movimentação das partículas sedimentares: o transporte por arrasto sobre o fundo ou o transporte em suspensão das partículas (Bagnold, 1956).

A intensidade do transporte costeiro de sedimentos é condicionada primariamente pela energia potencial das ondas e dos ventos e granulometria dos sedimentos, sendo influenciada pelo tipo de arrebentação e morfologia da zona de arrebentação e da face praial (Smith *et al.*, 2004).

Os processos de transporte litorâneo de sedimentos estão subdivididos em três partes principais: o transporte eólico de sedimentos, o transporte longitudinal e o transporte transversal de sedimentos.

O transporte eólico é responsável pelo retrabalhamento dos sedimentos depositados na face praial em função do transporte transversal. Villwock *et al.* (2005) mostram que depois que a areia é movimentada por ondas e correntes é depositada na praia, e exposta ao ar, seca e em seguida levada pelos ventos.

No litoral onde os ventos dominantes sopram do mar, extensos volumes de areia são levados da praia e acumulados em campos de dunas (Villwock, 1987). Desta forma, em muitas praias onde os ventos são fortes e onde há pista de vento extensa, é comum existirem dunas, especialmente embrionárias e frontais, próximas ao limite de maré alta, formadas pela acumulação de areias trazidas pelo vento (Guimarães, 2005).

As fontes mais prováveis dos sedimentos arenosos que chegam às regiões litorâneas são provenientes dos cursos fluviais adjacentes e da plataforma continental interna. Para tal destino são necessários mecanismos de transporte sólido na água, capazes de deslocar esse material até a praia, ou relocá-lo na plataforma continental (Machado 2007).

Estes mecanismos de transporte sólido na água são divididos por os que ocorrem fora da zona de arrebentação e os que ocorrem na arrebentação, de surf e na zona do espraiamento.

O transporte que ocorre na zona de arrebentação, de surf e na zona do espraiamento, corresponde ao transporte longitudinal e transversal de sedimentos.

Segundo Fontoura (2004), na região o transporte se divide em movimentos nas zonas de arrebentação e espraiamento. Quanto à direção o transporte é subdividido em transversal e longitudinal. O primeiro representa os movimentos no perfil praial ora no sentido continente-oceano (*onshore-offshore*) ora no sentido contrário, através dos quais a morfologia tende a se adaptar a hidrodinâmica reinante. O segundo consiste no encaminhamento longitudinal dos sedimentos costeiros por ventos, ondas e correntes longitudinais. Este tipo de transporte é conhecido, também, como deriva litorânea.

Cada uma dessas direções de transporte exerce papel distinto em termos de processos morfossedimentares costeiros, com a primeira respondendo pelos processos ortogonais e a segunda pela dinâmica processual ao longo da linha de costa. Embora muitas vezes analisados separadamente, os processos transversais e longitudinais podem interagir em diferentes escalas de tempo e espaço, conforme sugerido por De Vriend (1997), definindo as características morfossedimentares modais e evolutivas dos sistemas praias.

O transporte transversal de sedimentos à linha de costa ocorre ao longo do perfil praiial, afetando principalmente segmentos de praia dominados por ataque frontal das ondas. Este transporte é resultante do fluxo hidrodinâmico bidirecional perpendicular à linha de costa e de mecanismos de compensação do acúmulo das águas em direção à praia, associados ao processo de arrebentação das ondas.

Horikawa (1988) mostra que o transporte transversal à linha de costa responde pelas variações de curto prazo no estoque sedimentar praiial. As trocas sedimentares entre as partes emersa e submersa da praia, induzidas pelos processos transversais, podem atingir grande magnitude. Em condições de balanço sedimentar equilibrado, a resultante das trocas sedimentares transversais permanece praticamente nula ao longo do tempo, com a praia oscilando entre contextos extremos de erosão e de acresção, ajustando-se às condições energéticas do regime de ondas (Figura 6).

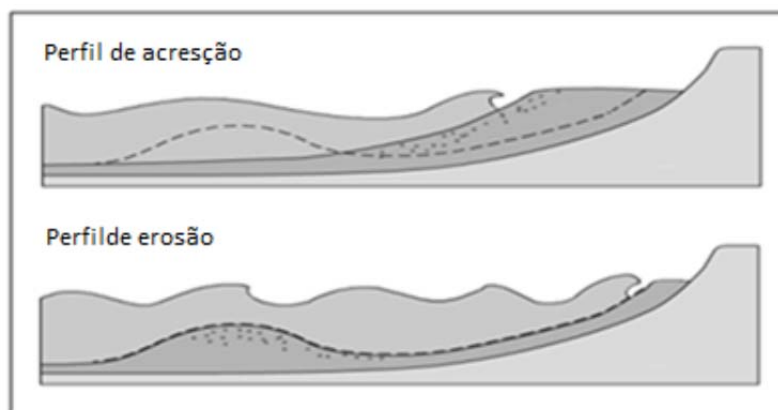


Figura 6: Variação do perfil praiial durante eventos de alta energia (adaptado de Patsch & Griggs, 2006).

O transporte de sedimentos nas praias é resultado da interação entre as correntes longitudinais e os sedimentos paralelamente à linha de costa, gerando correntes de deriva litorânea (Figura 7). A deriva litorânea é formada através da incidência oblíqua das ondas na costa, as correntes de deriva litorânea ocorrem entre a linha de arrebentação das ondas e a face praiial.

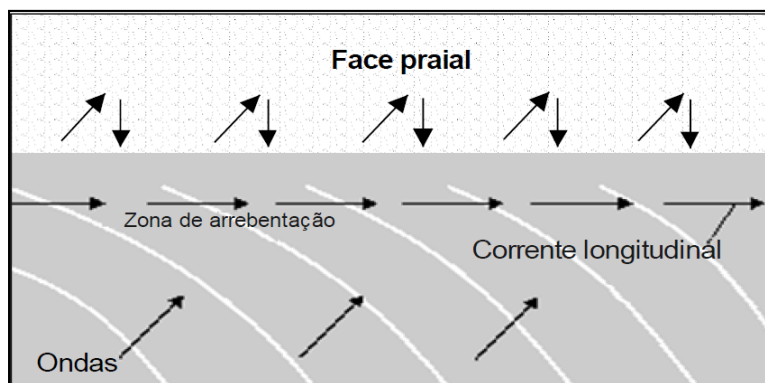


Figura 7: Transporte sedimentar longitudinal por deriva litorânea na face praial e por correntes longitudinais na zona de arrebentação (adaptado de Plummer & David, 1985).

Mecanismos como gradientes laterais de energia e ação dos ventos e das marés sobre a ZC podem influenciar localmente na formação e na intensidade das correntes de deriva litorânea (Komar, 1976, Carter, 1988, Bird, 2000).

As correntes de deriva litorânea desempenham papel fundamental nos processos deposicionais e erosivos na ZC. A deposição de sedimentos por deriva litorânea pode levar à formação de pontais arenosos e à progradação da linha de costa. Por outro lado, nos locais onde a presença de obstáculos na linha de costa induz à deposição total ou parcial da carga sedimentar transportada pela deriva litorânea, a recomposição da corrente longitudinal após o obstáculo favorece a ocorrência de processos erosivos.

A exposição da linha de costa a diferentes padrões de direções de ondas ou a atuação de ventos locais pode resultar em vetores bidirecionais de transporte sedimentar longitudinal, com o balanço entre os vetores configurando a ocorrência de deriva litorânea resultante, associada à ondulação de maior energia.

Quanto à posição da partícula em relação ao fundo, Komar (1978) ilustra que o transporte pode ser dividido em movimentos de arraste e suspensão. O transporte por arrasto de fundo é caracterizado pelo movimento das partículas junto ao fundo através de rolamento e/ou saltamento. Já no transporte por suspensão, os sedimentos colocados em suspensão pelo cisalhamento das correntes no fundo e ação mecânica e turbulência gerada pela quebra das ondas são transportados pela corrente longitudinal.

Segundo Komar (1978), o transporte por arrasto responde por 75 % do transporte longitudinal total. Os estudos realizados mostram um predomínio do transporte por suspensão na zona de arrebentação, principalmente durante episódios de alta energia, que resultam em grande turbulência vertical do fluxo. Já na zona de espraiamento ambas as modalidades de transporte estão presentes. Horn & Mason (1994) sugerem um regime misto de arrasto e

suspensão durante o fluxo gerado pelo espriamento das ondas sobre a face praial e o predomínio de transporte por arrasto durante o refluxo.

Komar (1977) propôs que o aumento do tamanho dos grãos de areia esteja relacionado à maior velocidade da corrente, que possibilita transporte de fundo. Quando a velocidade da corrente diminui, o transporte é feito por suspensão, atuando apenas sobre os sedimentos mais finos, de diâmetros menores, o que gera uma tendência à diminuição do diâmetro no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal.

A intensidade do transporte longitudinal ou deriva litorânea não depende apenas da energia potencial das ondas, mas também do ângulo de incidência das frentes de ondas em relação à linha de costa. O transporte de sedimentos apresenta valores máximos com ângulos próximos de 45° (Komar, 1976), sendo reduzido quando a incidência angular se aproxima de 0° .

Em larga escala temporal o transporte sedimentar longitudinal tem um papel fundamental na evolução da linha de costa. Em meso escala, pode determinar a distribuição lateral do estoque sedimentar praial e da granulometria dos sedimentos, influenciando os processos morfodinâmicos que caracterizam o ambiente praial.

Sendo assim, a quantificação dos processos de transporte sedimentar transversal e longitudinal, contribui para a análise da evolução das planícies costeiras, sendo de suma importância para avaliação da erosão, projetos de engenharia e gestão da ZC.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A ilha de Algodual ou Ilha de Maiandeua, com uma área de 19 km² está localizada no nordeste do Pará (município de Maracanã), entre as coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) de 9929500 a 9936225 de latitude sul e 211650 a 218200 de longitude oeste, na zona 23M (Figura 8). A ilha é limitada ao norte pelo Oceano Atlântico, a leste pela Baía de Maracanã, ao sul pelo furo de Mocoóca e a oeste a Baía de Marapanim, onde ocorrem vários ecossistemas (restingas, manguezais, dunas, lagos permanentes e temporários e terra firme).

O acesso à ilha é feito através das rodovias federal BR-316 e estadual PA-136, em direção ao município de Marudá, localizado a 168 Km de Belém. Em Marudá a travessia para a ilha de Algodual é realizada por barcos, e possui distância de cerca de 5,5 km e tem duração de 45 min.

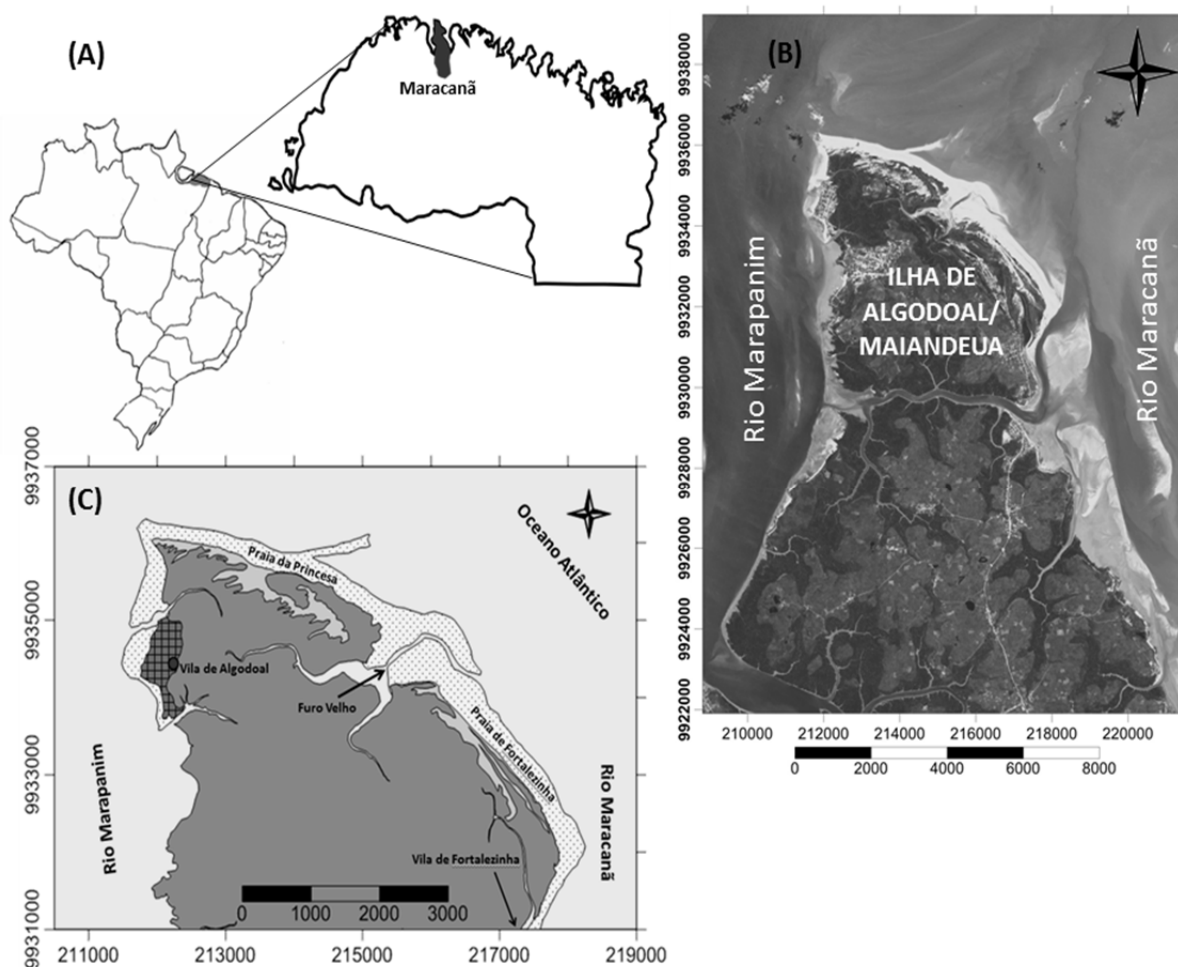


Figura 8: Mapa de localização da área de estudo. Brasil e litoral NE do Pará (A), ilha de Algodual/Maiandeua (B) e praias da Princesa e de Fortalezinha (C).

3.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

As praias da Princesa e Fortalezinha perfazem cerca de 7 km de extensão e são separadas por um canal de maré. Em toda esta extensão ocorrem dunas frontais, com ocupação humana na parte oeste da praia da Princesa. As praias são bordejadas por manguezais, que tem papel importante na dinâmica sedimentar da área.

Através do Decreto-lei nº 5.621, de 27 de novembro de 1990, ficou definido que a Ilha de Algodoal/Maiandeuá tornava-se uma área de proteção ambiental (APA) com uma área de 23 Km² (Mascarenhas, 2004).

3.2.1. Climatologia

A ilha de Algodoal/Maiandeuá está submetida a dois sistemas de perturbação atmosférica: o sistema de circulação de W (instabilidade tropical) e o sistema de circulação de N (convergência intertropical) ou Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo atuante de forma direta sobre a ilha, exercendo influência sobre o clima e conseqüentemente no regime pluviométrico anual. O clima na Ilha de Algodoal-Maiandeuá, bem como as demais localidades do Salgado Paraense, é governado pelo movimento da ZCIT (Silva, 2009).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo Am2 e é caracterizado por clima quente e úmido, com estação seca de junho a novembro, e um período chuvoso bem acentuado, com fortes chuvas nos demais períodos do ano (dezembro a maio). A pluviosidade média anual varia de 2.500 a 2.900 mm e a umidade relativa do ar entre 80 e 91 % (Martorano *et al.*, 1993).

3.2.2. Forçantes Meteorológicas e Oceanográficas

3.2.2.1. Ventos

Os ventos no NE do Pará tem intensidade média de aproximadamente, 7,6 m/s, chegando à máxima de 9,5 m/s (DHN, 2012a). Estes ventos sopram, periodicamente, no sentido de E a NE do anticiclone tropical semifixo do Atlântico Sul e do anticiclone tropical semifixo dos Açores. Devido à sua subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, essas massas de ar são acompanhadas de tempo estável, tendo maior frequência no verão (Nimer, 1989).

No NE do Pará predominam os ventos alísios de nordeste que sopram continuamente durante todo o ano, sendo responsáveis também pela orientação das dunas costeiras, que possuem deslocamento para sudoeste, a mesma orientação dos ventos que atingem a costa.

Durante o período mais chuvoso, os ventos da brisa marítima são menos fortes, devido ao aumento de precipitação na região diminuir o contraste térmico entre o continente e o oceano, pois neste período, o continente fica menos aquecido. Durante o período menos chuvoso ocorre o contrário, e com a diminuição de precipitação na região, o continente fica mais aquecido, implicando num diferencial de temperatura maior entre o continente e o oceano, aumentando assim, a velocidade do vento no NE do Pará (Mácola & El-Robrini 2004).

3.2.2.2. Ondas

O NE do Pará recebe ondas formadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção a oeste, gerando grupos de ondas incidentes, que associados à morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para noroeste (Geyer *et al.*, 1996).

As ondas tem maior energia na parte nordeste da Ilha de Maiandeuá do que nas partes mais abrigadas (Santos, 1996), pois se aproximam da costa com a mesma direção dos alísios de nordeste. Estas possuem maior altura e período durante a preamar do período mais chuvoso. No período menos chuvoso marcado pela quase ausência de chuvas na região, a altura de ondas são menores.

O regime de ondas é relativamente moderado em novembro, março e setembro, com altura máxima de 1 m. Condições de baixa energia de onda são registradas em julho, que coincidem com ventos de menor intensidade, soprando de diferentes direções e possuem menores “*fetchs*” (Pereira *et al.*, 2012).

3.2.2.3. Maré

No NE do Pará, as praias são dominadas por meso e macromarés semidiurnas que induzem a formação das correntes de marés e exerce um importante papel na circulação local, influenciando o transporte sedimentar litorâneo (Souza Filho & Paradella 2002; Souza Filho & Paradella 2003). Na ilha de Algodão, a maré é semidiurna, com altura média de 2,7 m. As

maiores alturas são registradas nos meses de março e setembro, tendo a máxima de 5,6 m. (DHN, 2012b, 2013).

3.2.2.4. Correntes de maré

No Salgado Paraense, incluindo a Ilha de Algodual/Maiandeuá, as correntes de maré são as principais e estão ligadas ao movimento vertical da maré, responsáveis pelo transporte dos sedimentos no litoral e formação de bancos arenosos perpendiculares a linha de costa (El-Robrini *et al.*, 1992). Durante o período chuvoso, as correntes de vazante são mais intensas, entretanto, as de enchente são menores, já no período seco, acontece o contrário, mais intenso na enchente e menos intenso na vazante (Silva, 1996).

3.2.3. Hidrologia local

A ilha de Algodual/Maiandeuá é recortada por canais de maré, que são utilizados como áreas de pesca e portos para a população. Em Algodual ocorrem lagoas interdunares (Lagoa da Princesa) e intermitentes (lagoa Nazaré localizada no tabuleiro) (Mascarenhas, 2004). Segundo o mesmo autor, as lagoas estão localizadas na zona interdunar e na calha de cordões arenosos, tendo um caráter intermitente. Lagoas como a da Princesa alcançam nível de mais de 5 m, em período chuvoso (julho e agosto). Entretanto, o nível da água fica muito baixo durante o período de estiagem (fevereiro a março). Ainda a ilha é margeada pelos estuários dos rios Maracanã e Marapanim, influenciando diretamente no comportamento hídrico e sedimentar da ilha.

3.2.3.1. Rio Maracanã

O rio Maracanã limita a ilha de Algodual-Maiandeuá à Leste (Figura 8) e possui características tipicamente meandrante de baixa declividade. Seu regime é condicionado à pluviosidade da região com aumento do nível d'água no período chuvoso (Soares, 1991). Na parte baixa a profundidade média está em torno de 4 m, com larguras entre 30 a 60 m no período chuvoso. Na parte média, a profundidade é de 6 m e a largura fica em torno de 200 m. Por fim, na parte externa ou estuarina, a profundidade alcança 17 m, na preamar e 600 m de

largura de canal. Nesta última zona, a vazão é de 60 e 70 m³/s, para os períodos seco e chuvoso, respectivamente (Costa; Lima, 2004).

3.2.3.2. Rio Marapanim

O estuário do rio Marapanim limita a ilha de Algodual-Maiandeuá à Oeste, este estuário tem canal de forma afunilada, com 60 km de comprimento e 8 km de largura estreitando-se à montante. O volume de descarga apesar de não determinado é estimado em 50 – 100 m³/s e 400 m³/s para descarga média e máxima, respectivamente (Silva, 2009).

A planície costeira caracterizada por um sistema de progradação arenosa é constituída por paleodunas, planície de crista praial, dunas recentes e praia de macromaré com esporão arenoso, dominada por ondas e marés.

A planície estuarina é formada por uma planície areno-lamosa ocupada por manguezal e por uma barra arenosa e, está submetida às correntes de maré. A planície aluvial apresenta planície de inundação e pântanos de água doce.

Segundo Silva (2009), a área de captação do rio é de 2.500 km², entretanto, a incursão da maré enchente alcança até 21 km rio acima e leva a variações de 5,2 m no nível médio do mesmo. Na parte estuarina do rio, a salinidade varia entre 1 e 27, respectivamente durante período de alta descarga fluvial (março) e de baixa descarga fluvial (novembro).

3.2.4. Geologia e Geomorfologia

As unidades litoestratigráficas aflorantes no NE do Pará incluem rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idade pré-cambrianas ao Recente (Carvalho 2007). As unidades predominantes são: (i) Formação Pirabas (Sequência A); (ii) Grupo Barreiras; (iii) Sedimentos Pós-Barreiras; e (iv) o Recente (Quaternário)(Figura 9).

Os sedimentos principais reconhecidos nesta região são representados pelo Grupo Barreiras (Mioceno/Pleistoceno), Pós-Barreiras (Pleistoceno) e recentes (Holoceno). A estruturação fisiográfica da região é sustentada pelos sedimentos do Grupo Barreiras.

Goés & Truckenbrodt (1980) dividem o Grupo Barreiras em três litofácies: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática. Já Rossetti *et al.* (1989) conseguiram identificar treze litofácies para os sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras do nordeste do Pará. Sobre as litofácies siliciclásticas do Grupo Barreiras repousam os depósitos sedimentares do Pós-Barreiras, sendo separados por uma discordância erosiva.

Segundo Rossetti *et al.* (1989), os sedimentos do Grupo Barreiras apresentam litofáceis siliciclásticas e os do Pós-Barreiras constituem-se por sedimentos areno-argilosos, mal selecionados, depositados a partir da atuação de movimentos gravitacionais. Costa *et al.* (1991) incluem os depósitos do Pós-Barreiras como pleistocênicos juntamente com o arenito pilões, cujas estruturas sugerem a presença de um paleolitoral com barras arenosas, planícies de maré e pântanos de supramaré.

Apesar de diversos autores atribuírem a idade pleistocênica para estes sedimentos, Rossetti *et al.* (1989), admitem uma idade holocênica.

O Pós-Barreiras é constituído por sedimentos areno-argilosos (Pleistoceno) e aluviões estuarinos e costeiros (Holoceno) (Mácola & El-Robrini 2004).

Santos (1996) utilizou critérios morfogenéticos para uma divisão geomorfológica, qualificando-a em planície costeira e planalto costeiro, esse último denominado por diversos autores como tabuleiro pré-litorâneo (Silva 1993; Meireles 2002).

O tabuleiro é sustentado pelos sedimentos do Grupo Barreiras e do Pós-Barreiras, diferente da planície costeira como relevo plano.

As unidades de relevo do tabuleiro pré-litorâneo foram classificadas em falésias e plataforma de abrasão, já a planície costeira teve como unidades de relevo o canal estuarino, cordões de praia-duna, planície de maré, praia, dunas, pântano salino e cheniers (Santos, 1996).

A planície costeira é recortada por baías e extensas áreas de planície de maré e manguezais (Franzinelli, 1992). Segundo Souza Filho (1995), os subambientes de manguezais, planícies arenosas, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de marés e praias-barreiras, pântanos e *cheniers* estão inseridos na planície costeira.

Para Silva Junior (1998), a planície costeira corresponde aos depósitos arenosos e argilosos pleistocênicos e holocênicos, e limitada ao sul pelo planalto costeiro e planície estuarina, e ao norte, pelo Oceano Atlântico.

Idade	Unidades Litostratigráficas	Seqüências Depositionais
Plioceno - Quaternário	Pós-Barreiras	C
MIOCENO	Paleossolo laterítico	Sb3
	Fm. Barreiras Médio/Superior	B
	Fm. Barreiras Inferior	Sb2
	Fm. Pirabas	A
Oligoceno Superior	Paleos. Laterítico Bauxítico	Sb1
Cretácio	Grupo Itapecuru	

Figura 9: Coluna estratigráfica do NE do Pará (modificado de Rossetti 2001).

3.2.5. Solos

Em Algodal ocorrem sete tipos de solo: (a) Argissolo Amarelo Distrófico típico + Neossolo Quartzarênico Órtico (PAD), (b) Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico arênico (ESg), (c) Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (RQo1), (d) Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico + Argissolo Amarelo Distrófico Típico (RQo2), (e) Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo3), (f) Neossolo Quartzarênico Órtico típico + Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico arênico (RQo4), Gleissolo Tiomórfico Órtico sódico + Gleissolo Sálico Sódico tiônico (GJo) (Valente *et al.* 1999) (figura 10).

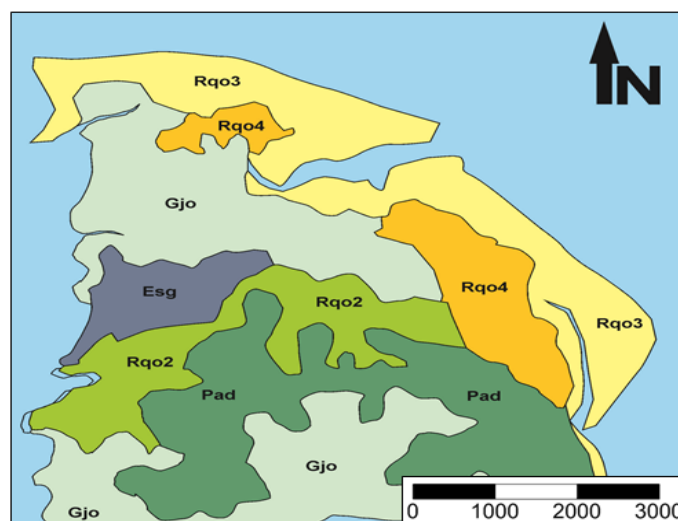


Figura 10: Distribuição espacial de solos na Ilha de Algodal. Modificado de Valente *et al.* (1999).

Dentre estes solos, se destaca o Gleissolo Tiomórfico Órtico sódico + Gleissolo Sáfico Sódico tiônico (GJo), que é conhecido como solo de mangue, sendo formado por sedimentos recentes não consolidados. Estes sedimentos são constituídos por material mineral muito fino misturado a materiais orgânicos provenientes da deposição de detritos vegetais (mangue) e animais (crustáceos) (Valente *et al.* 1999).

Nas praias de Fortalezinha e Princesa, ocorre o Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo3), composto por sedimentos arenosos e não consolidados (Holoceno), de origem marinha, sendo redistribuídos pelos ventos na faixa litorânea (praias e dunas) (Valente *et al.* 1999).

3.2.6. Cobertura Vegetal

Os ecossistemas do NE do Pará são caracterizados pela Floresta Ombrólia densa, florestas secundárias no planalto costeiro e formações pioneiras, compostas por manguezal, campos herbáceos e arbustivos extensivos na planície costeira (Mendes *et al.* 1997). A vegetação na Ilha de Algodual/Maiandeuá é formada por restingas e mangues (Basto, 1996; Sena & Sarmiento, 1996). Além destas, em Algodual tem-se a vegetação de campos naturais e de tabuleiro.

Na praia da Princesa, a vegetação de Restinga (espécies herbáceas) cresce nas areias da faixa de praia e nas dunas (Bastos, 1996), porém esta ocorre em grande parte da ilha, principalmente nas dunas da praia da Princesa e Fortalezinha.

Os manguezais bordejam as margens dos estuários e reentrâncias e tem presença marcante no estuário do rio Marapanim, bem desenvolvido e denso na foz. A *Rizophora mangle* e principalmente, *Avicennia* são as espécies mais encontradas na ilha, e fazem barreira aos processos erosivos existentes na área em estudo.

Na ilha a vegetação de campos naturais é do tipo halófito, herbácea, representada por gramíneas e ciperáceas, estando localizada em ambientes rebaixados. Devido essas características geomorfológicas, esta vegetação ocorre em áreas alagadas próximo ao tabuleiro. A vegetação de tabuleiro é arbórea, com altura superior a 5 m e constituída por espécies de porte elevado, identificadas como árvores com composição dossel, pelo menos, 40 % de cobertura vegetal, complementada por arvores, arbustos e subarbustos, cujo conjunto distribui-se em 2 a 4 estratos do espaço habitacional, além do estrato herbáceo (Fernandes, 1998).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Para o reconhecimento inicial da área de estudo, foi realizada uma campanha piloto, na qual foi definida a localização dos perfis topográficos e dos pontos de coleta de amostras de sedimentos, mediante o uso de um GPS. Ainda, informações sobre as atividades científicas foram repassadas aos moradores da ilha, tendo em vista que a área de trabalho é uma APA.

Foram determinadas a execução de quatro perfis praias em cada uma das duas praias, Fortalezinha e Princesa (Figura 11), cada perfil fica distante 850 m um do outro, perfazendo toda linha de costa das praias. As coletas com as armadilhas da zona de surf foram utilizadas em 3 pontos em cada praia, setor noroeste (NW), central e sudeste (SE). As armadilhas eólicas foram instaladas no pós-praia e as armadilhas portáteis na zona de surf (Figura 11).

Ao todo foram realizadas duas campanhas de coleta de dados: (i) no período menos chuvoso (15 a 19/10/2012), correspondente ao período de condições atmosféricas normais; (ii) em meio ao período mais chuvoso, em dia de maré equinocial (13 a 16/03/2013), cujas condições atmosféricas são mais expressivas. Todas as coletas ocorreram no período de maré de sizígia.

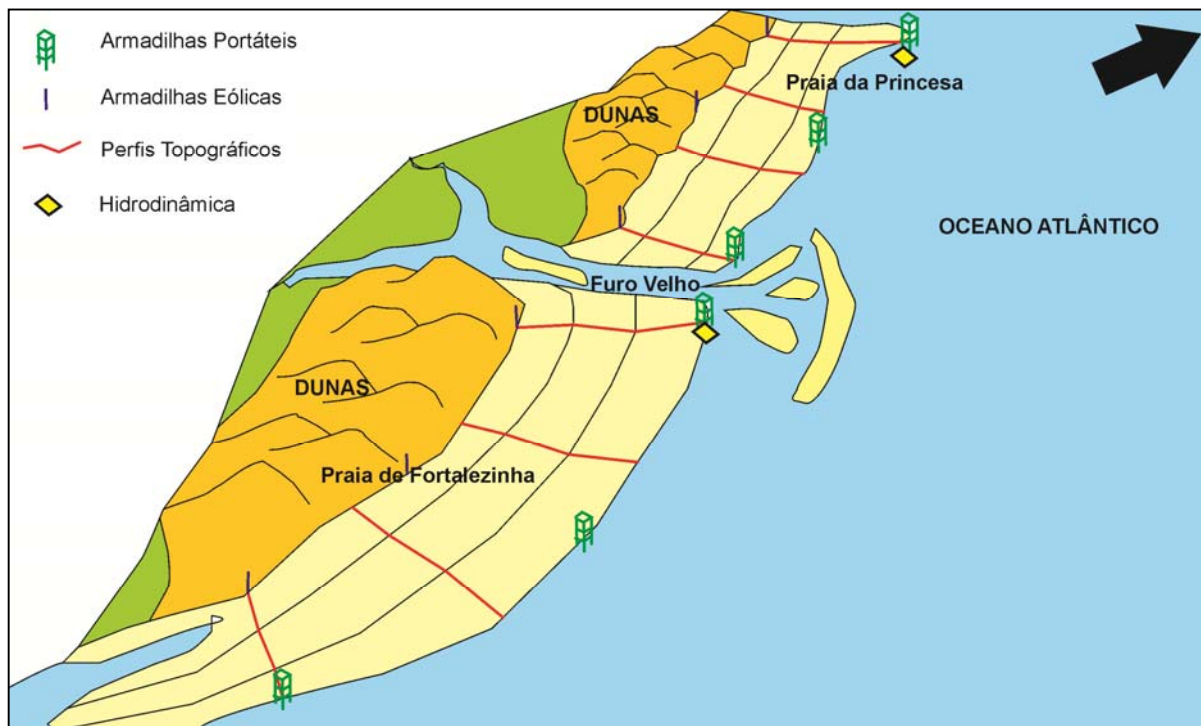


Figura 11: Desenho amostral dos perfis praias, armadilhas portáteis e eólicas, na Ilha de algodoal/Maiandeuá.

4.2. PERFIL PRAIAL

Para verificar a tendência erosiva ou progradacional na área de trabalho foi estabelecida a execução de perfis topográficos, que foram realizados com a finalidade em fornecer um arcabouço da morfologia da parte subaérea da praia para entender de que forma os sedimentos mobilizados interferem no comportamento morfológico da praia. O perfil praial teve como objetivo também, ilustrar feições sedimentares e ratificar os resultados obtidos das análises granulométricas e das medições realizadas.

As medições de cotas foram adquiridas mediante o uso de um nível topográfico NIKON e uma régua graduada para medição da variação topográfica e declividade da face praial, as leituras foram feitas de 20 em 20 m a fim de estabelecer as principais morfologias nas praias nos períodos chuvoso e seco. A metodologia seguiu o método proposto por Birkemier (1981), adaptado para ambientes praias, sendo realizadas no momento de maré baixa de sizígia, desde a base das dunas até a linha de maré baixa de cada perfil.

Foram executados ao todo 8 perfis topográficos por período de coleta, ou seja, 8 durante o período seco e 8 no período chuvoso. Em cada praia foi executado 4 perfis topográficos equidistantes entre si em 850 m em média que correspondem a toda linha de costa das praias (Figura 12).

Durante a execução dos perfis foram realizadas amostragem de sedimento superficial ao longo dos perfis, obedecendo a um espaçamento mínimo de 40 m, entretanto, algumas foram feitas em morfologias específicas (barras, calhas, bermas, etc.). A coleta foi realizada mediante o uso de um amostrador de sedimentos superficiais em PVC, os sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos de 1 kg, sendo identificados com caneta própria e fechados com braçadeira enumerada.

O monitoramento dos perfis transversais à linha de costa permitiu o levantamento de dados topográficos e sedimentológicos das praias oceânicas abordadas neste estudo. Dos perfis monitorados, quatro foram efetuados na praia da Princesa e quatro na praia de Fortalezinha, perfazendo um total de oito perfis monitorados. Foram coletadas 98 amostras de sedimentos superficiais nas duas praias, 53 na campanha de outubro de 2012 (período seco) e 45 amostras em março de 2013 (período chuvoso), que foram encaminhadas para análise granulométrica em laboratório.

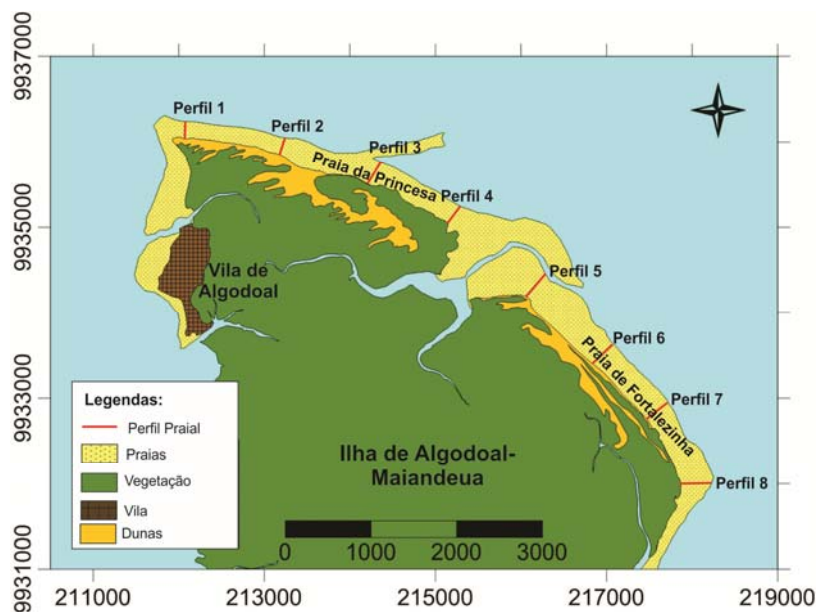


Figura 12: Mapa de localização dos perfis topográficos na área de estudo.

4.3. MÉTODO DE ARMADILHAS DE SEDIMENTOS NA ZONA DE SURF

Para coleta dos sedimentos na zona surf foram utilizadas armadilhas de sedimentos (armadilhas portáteis “traps”). Os traps são estruturas metálicas que suportam um conjunto variável de redes de mesma malha, porém com diferentes comprimentos nas quais ficam retidos os sedimentos (Figura 13a). Estas armadilhas (redes de captura) podem medir tanto a distribuição vertical, como a distribuição longitudinal da taxa de transporte de sedimentos na zona de surfe, gerando análise quantitativa e qualitativa dos mesmos.

Segundo Kraus (1987) e Fontoura (2004) as principais vantagens em utilizar o método das armadilhas são que este método pode fazer medições dos valores absolutos do transporte longitudinal através da pesagem dos sedimentos retidos nas armadilhas, podendo quantificar a distribuição vertical da taxa sedimentar transportada, distinguindo o transporte por arraste do de suspensão. Além disto, este método possui baixo custo de produção e manutenção e sua estrutura rígida permite ser utilizado em ambientes de alta energia. As armadilhas portáteis possuem certa facilidade de manuseio e instalação, o que permite um elevado número de medições por unidade de tempo. O modo de confecção e dados estruturais sobre a armadilha portátil e as redes de captura de sedimentos foram baseados em Ranieri (2011).

Segundo Kraus (1987), este método já foi utilizado durante muito tempo por geólogos para medição do transporte de fundo em rios, conhecido como “*Helley-Smith trap*”, de Helley & Smith (1971). No Brasil, o método foi usado em praias por Fontoura (2004) na região sul,

Soares (2005) na região sudeste, Albuquerque (2008) na região nordeste, e Ranieri (2011) na região norte, para medições da taxa de transporte de sedimentos litorâneos em praias arenosas.

O suporte das armadilhas (Figura 13a), originalmente idealizadas por Kraus & Dean (1987), consiste de uma torre vertical de 1,80 m de altura na qual são dispostas janelas (armadilhas) com abertura de 15 x 9 cm (Figura 14b) revestidas por um tecido de poliéster, que permite a passagem da água e retém os sedimentos.

Nestas janelas podem ser fixadas até 10 redes com malha de abertura de 63 micrômetros, coincidindo com o limite inferior do tamanho dos sedimentos não coesivos (areia muito fina).



Figura 13: Fixação do trapeador portátil (a), fixação do aparelho (b) e sedimentos coletados (c).

Antes de ser iniciada a coleta com os trapeadores, foi medida a altura média das ondas junto ao ponto de coleta, para auxiliar na quantidade de redes que devem ser fixadas no trapeadores. Medidas de mergulho da face praial, ângulo de incidência das ondas com a linha de costa e período das ondas foram feitas antes da utilização do trapeador portátil.

A estrutura foi posta na zona de surfe, na direção contrária à corrente longitudinal (Figura 13b), e os operadores do equipamento foram posicionados atrás da armadilha para que o mesmo não interfira na coleta.

Após a coleta, as redes foram retiradas da estrutura e identificadas com etiquetas de papel vegetal escritas em caneta nanquim (a prova d'água) feitas previamente e numeradas em ordem crescente. Estas foram colocadas dentro de cada rede, de baixo para cima.

O fluxo de sedimentos que passa pela armadilha é dado por um conjunto de equações (Wang *et al.* 1998) utilizadas para estimar o cálculo do transporte de sedimentos. O fluxo que passa entre duas redes é calculado pela equação (1). O fluxo total I que passa através de uma armadilha é calculado pela equação (2).

$$\Delta F_i = \frac{\left(\frac{F_{i+1}}{Z_{i+1}} + \frac{F_{i-1}}{Z_{i-1}} \right) \Delta Z_i}{2} \quad (1)$$

Onde ΔF_i é a quantidade de sedimentos que flui no espaço entre duas armadilhas adjacentes, F_{i+1} e F_{i-1} são as quantidades medidas pelas duas armadilhas em questão (superior e inferior), enquanto que Z_{i+1} e Z_{i-1} representam a dimensão vertical da boca da armadilha superior e inferior respectivamente (Fontoura 2004) (Figura 14a).

O fluxo sedimentar total que atravessa uma estação de medição é dado pela soma dos fluxos individuais (F_i) que passam por cada armadilha, somados aos fluxos nos espaços entre cada duas armadilhas adjacentes (ΔF_i) (Figura 14a). O fluxo total é calculado pela equação:

$$I = \sum_{i=1}^N (F_i) + \sum_{i=1}^{N-1} (\Delta F_i) \quad (\text{Kg/h/m}^2) \quad (2)$$

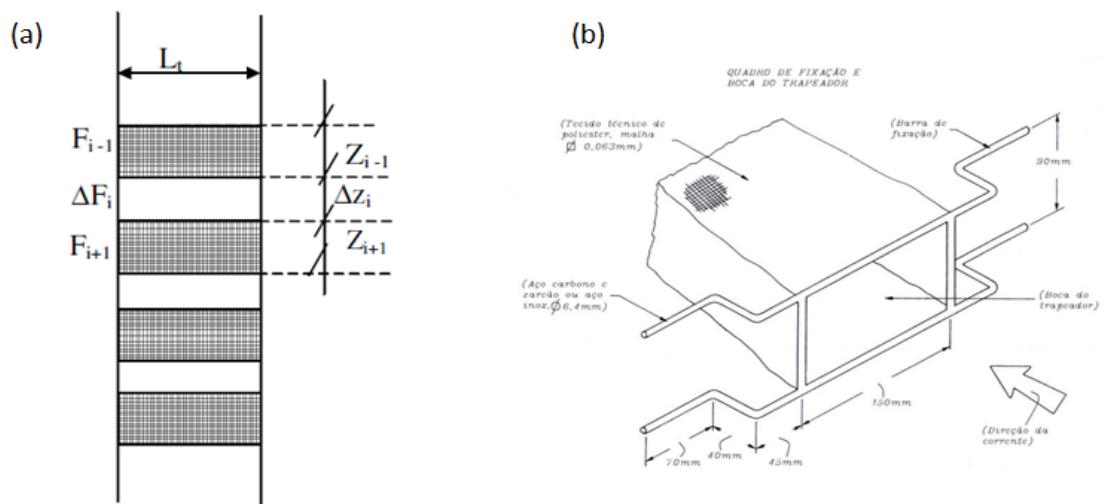


Figura 14: (a) Esquema do fluxo que passa pela armadilha portátil e (b) Dimensões da boca do trapeador. Fonte: Ranieri, 2011. Modificado de Albuquerque, 2008.

Os equipamentos foram construídos a partir de trabalhos específicos, assim como as metodologias para aquisição e tratamento dos dados. Contudo, devido ao material ser pesado, a escolha das espessuras do metal teve de ser criteriosamente analisada para que o produto

final fosse acessível de se carregar e resistente para suportar o peso das redes e o impacto da hidrodinâmica local. Ranieri (2011) mostrou que este equipamento é competente na coleta de sedimentos em praias de macromaré, do nordeste do Pará.

As coletas ocorreram em três setores distintos nas duas praias (Figura 15) nos períodos seco e chuvoso, onde foram realizadas duas coletas de 5 minutos, uma na maré vazante e outra na enchente. Este método foi aplicado na parte média da zona de surfe, ou seja, na distância média entre as zonas de arrebentação e de espraiamento.

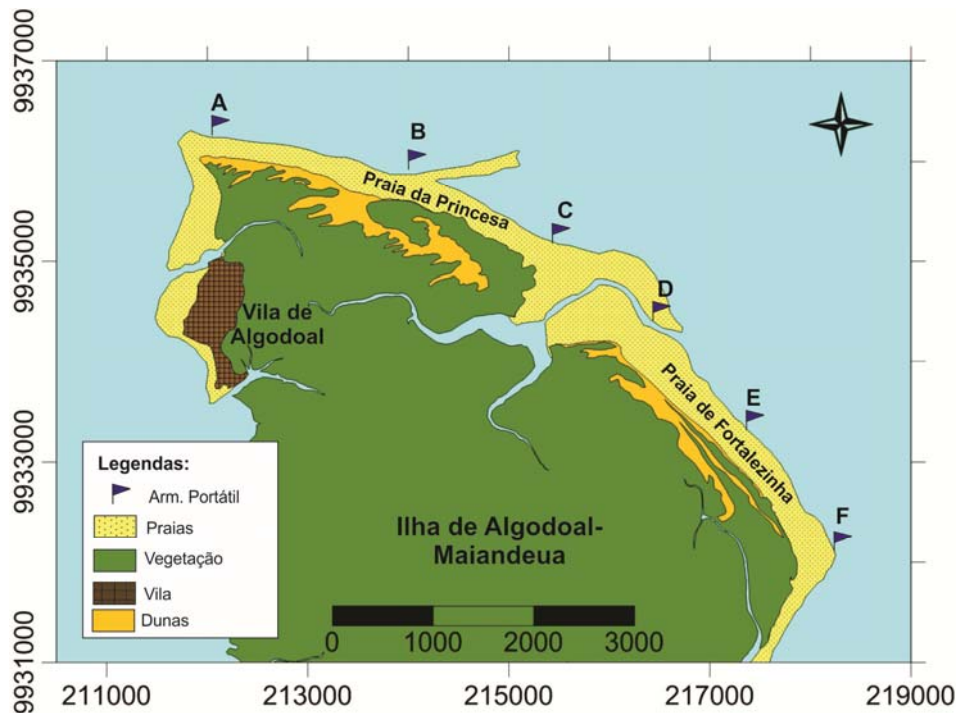


Figura 15: Mapa de localização das coletas de sedimentos na zona de surfe (trapeadores portáteis).

4.4. MÉTODOS DAS ARMADILHAS EÓLICAS (PÓS – PRAIA)

O estudo dos sedimentos eólicos no pós-praia foi realizado apenas com armadilhas de sedimentos do tipo acumulativa, que tem como função coletar sedimentos transportados pelo vento através de uma seção vertical. Esta armadilha é formada por um tubo de PVC com 1 m de comprimento e 4 cm de diâmetro, com duas aberturas verticais em lados opostos, a frontal possui 70 cm de comprimento por 1 cm de largura e a posterior 70 cm de comprimento por 2,5 cm de largura. A parte superior é recoberta por uma tela, com malha de 63 μm , para que apenas o ar passe por ela, capturando os sedimentos no interior da armadilha (Figura 16). O modo de confecção e dados estruturais sobre a armadilha eólica é encontrado no trabalho de Ranieri (2011).

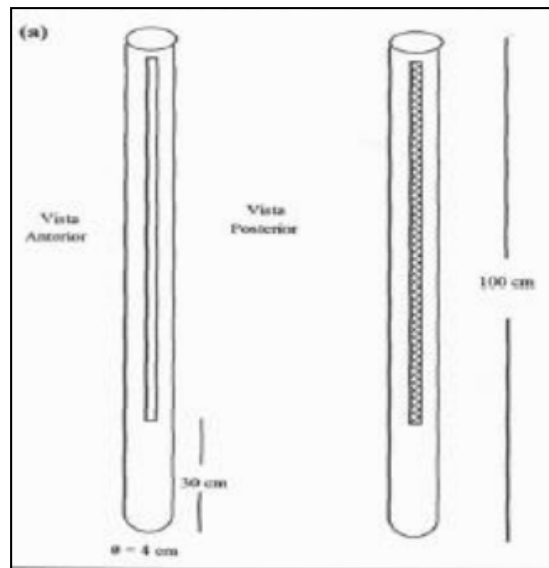


Figura 16: Modelo de armadilha eólica acumulativa. Fonte: Ranieri, 2011. Modificado de MAIA, 1998.

As armadilhas foram fixadas no início da maré vazante, onde foi feita a medição da direção do vento com auxílio de uma biruta, para identificar a direção preferencial do vento e assim escolher o ângulo certo (contra o vento) para a fixação das armadilhas. Estas foram retiradas durante a maré enchente e vedadas com papel e fita gomada, os sedimentos retidos nas armadilhas foram extraídos ainda em campo e postos em sacos plásticos para pesagem em laboratório.

Os pontos de instalação das armadilhas eólicas coincidem com o início dos perfis topográficos, sempre na crista das dunas frontais. Foram coletados sedimentos em oito estações, sendo quatro na praia da Princesa e quatro na praia de Fortalezinha (Figura 17).

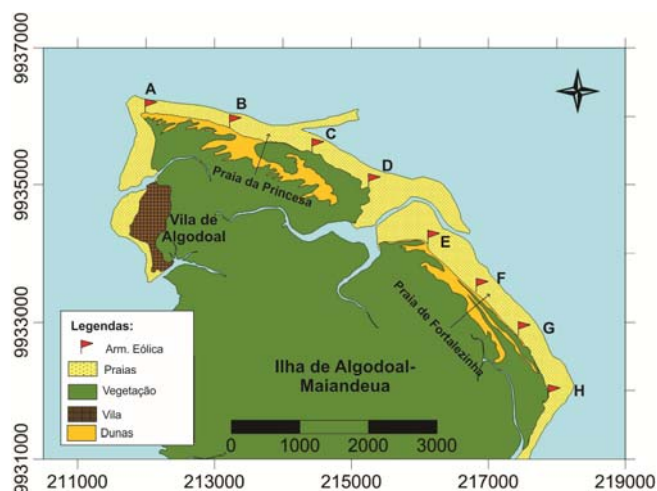


Figura 17: Mapa de Localização das armadilhas eólicas.

4.5. VENTOS LOCAIS

As medições de ventos correspondem aos parâmetros: direção e velocidade do vento. Estas medições foram feitas com o auxílio de bússola e anemômetro, para um ponto fixo (local de fixação das armadilhas eólicas) onde foi instalada uma biruta para medir a direção do vento. A direção foi medida em relação ao norte magnético, observando-se a direção da biruta com este, posteriormente foi subtraída a declinação magnética da região de Maracanã sobre os valores encontrados. Esta medição ocorreu no intervalo de 5 min, num tempo total de 20 min, constando ao todo cinco medições.

A velocidade foi medida num tempo de 10 segundos, anotando-se o maior valor a cada 5 minutos, e a partir destes valores, foi obtida a média de cinco medições. As medições dos ventos foram feitas em cada estação de coleta de sedimentos eólicos, que ocorreram no início dos perfis praias e durante as fases da maré, enchente e vazante (Figura 17).

4.6 HIDRODINÂMICA

Os parâmetros hidrodinâmicos foram coletados *in situ*, essas foram: ângulo de chegada das frentes-de-onda, altura e período das ondas.

4.6.1. Ondas

A avaliação da altura, período e direção de incidência das ondas sobre a linha de costa é fundamental para o cálculo do transporte de sedimentos e para caracterização geomorfológica da praia (Muehe, 2002). Levando em consideração tal importância, utilizou-se a metodologia proposta por Muehe (1996, 2002) e Muehe (2002) em cada ponto onde foram utilizadas as armadilhas portáteis para captura de sedimentos na zona de surf (Figura 15).

Para o ângulo de incidência de ondas (α), que as ondas geram após a arrebentação, uma bússola foi utilizada para verificar a direção da inclinação da praia (direção do ângulo de mergulho da face praial). Posteriormente, foi medido o ângulo de aproximação das ondas na altura da arrebentação. O resultado da diferença entre as duas direções medidas forneceu o ângulo de incidência de ondas.

A altura de onda (H) e o período (T) foram medidos entre a zona de arrebentação e a face praial antes da aplicação do método de armadilhas portáteis (Figura 15), ou seja, medida 6 vezes (nos três setores de cada praia nas marés vazante e enchente), assim como a direção das frentes-de-onda.

A altura das ondas foi medida utilizando um método observacional. Com o auxílio de uma régua graduada de 5 m (mira), foi verificada a medida da interseção de onda sobre a mira, um segundo observador próximo ao operador da régua foi responsável por informar a medida à pessoa próxima que estava anotando a altura de cada crista e cava que passava por ela. Esta pessoa também foi responsável por cronometrar o tempo da passagem de 11 cristas de ondas sucessivas, as 11 cristas com alturas medidas.

O período de ondas (T) foi o resultado deste intervalo de tempo. Foi medido em segundos, representando a passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um ponto fixo, já que o resultado do tempo da passagem das 11 cristas foi dividido por 10 (determinação do período médio).

4.6.2. Correntes de maré

Para intensidade e direção das correntes de maré (longitudinal) foram utilizadas duas metodologias distintas: (1) para caracterização geral da corrente nas duas praias, foi utilizado o correntômetro de modelo *Infinity-EM* (Figura 18), que foi instalado em um ponto específico nas duas praias durante um período completo de maré (Figura 11). Este equipamento mede a direção e intensidade de maré, num intervalo amostral de 0,1 a 600 segundos. O sensor foi acoplado em um tubo PVC medindo 1 m de comprimento e instalado até que este estivesse totalmente submerso na coluna d'água, a medição foi de 1 min durante 13 horas.



Figura 18: Correntômetro Infinity-EM.

Para medir a corrente local em cada ponto de coleta das armadilhas portáteis foi utilizada a metodologia através de bóia de deriva (balão cheio com água) entre o ponto de quebra de onda e a linha de praia como sugerido por Fontoura (2004). Para isso, foi marcado

o ponto de liberação do derivador e acionado um tempo de 2 minutos para a retirada da bóia, que foi acompanhada por um observador. Este ponto final foi também marcado e então, a distância deste ao ponto de liberação foi medida em metros com auxílio de uma trena.

4.7. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As amostras de sedimentos coletadas no perfil praiial e nos trapeadores portáteis, foram submetidas a tratamentos em laboratório (Figura 19). Esta etapa consistiu em: (1) lavagem das amostras, para eliminação de sais solúveis e decantação das mesmas, (2) secagem em estufa a 60 °C e (3) separação posterior das frações granulométricas.

A eliminação da matéria orgânica foi efetuada pelo método de ataque químico por peróxido de hidrogênio (H_2O_2), este processo é necessário já que as partículas orgânicas podem interferir no resultado da granulometria. Para isso foi adicionado 50 ml do reagente em cada amostra de sedimento, caso necessário, será despejado mais reagente até que a reação cessasse. Após a eliminação do constituinte orgânico, as amostras foram submetidas a novas lavagens para que esta ficasse livre do reagente.

Foi realizada ainda a eliminação dos constituintes carbonáticos (fragmentos de conchas e espículas de animais marinhos) que compõem o sedimento. Estes fragmentos interferem na análise granulométrica, assim como a matéria orgânica. Para a eliminação do carbonato de cálcio, foi utilizado uma solução de ácido clorídrico (HCl) à 40 %, sendo despejado na amostra cerca de 50 ml, e, se necessário mais reagente, foi adicionado à amostra até o final da reação. Após este procedimento, a amostra foi lavada e seca em estufa, afim de que estivesse em condições ideais para o início da análise granulométrica.

Para a análise granulométrica das amostras, foram aplicados dois métodos distintos: peneiramento das amostras arenosas e separação por centrifugação das amostras de silte e argila.

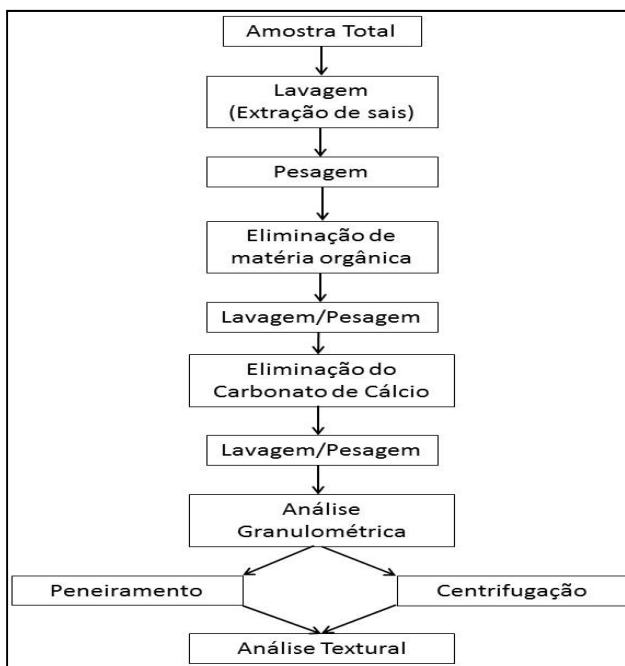


Figura 19: Fluxograma do tratamento das amostras de sedimentos para análise granulométrica e textural.

As amostras de granulometria fina (*lama*) foram submetidas a peneiramento úmido. Primeiramente as amostras foram homogeneizadas em um *becker* de 600 ml com água destilada e agitadas com o auxílio de um bastão de vidro dentro de um banho de *ultrassom* por 5 min para facilitar o processo de homogeneização. Depois de homogeneizadas, as amostras foram despejadas em uma peneira de 0,062 mm para separar a fração areia das frações *silte/argila*. A fração areia que ficou retida na peneira foi levada a estufa para secar a 60 °C, para ser novamente pesada e levada para peneiramento a seco.

Para a separação do *silte* e *argila*, as amostras foram submetidas ao método de centrifugação. Nesse processo, as amostras foram novamente homogeneizadas e a elas fora adicionado pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) para evitar a floculação da *argila*. Após essa etapa, o conteúdo da amostra foi despejado igualmente em tubos de 100 mL, pesados em uma balança de equilíbrio e levadas para a centrífuga (Figura 20a) a 1000 rpm durante 2 min, tempo necessário para que o *silte* decantasse, deixando a *argila* em suspensão. A fração *argila* foi descartada e o *silte* foi levado à estufa para secar (Figura 20b).

Para as amostras com granulometria maior (*areia*), as frações que ficaram retidas na peneira de 0,062 mm, foram submetidas a peneiramento a seco, com auxílio de um peneirador automático *Rotap* (Figura 20c), que imprime ao conjunto de peneiras, movimentos de alta intensidade que ajudam no peneiramento dos grãos.

Cerca de 50 a 100 gramas de cada amostra foi colocada no peneirador, sobre uma sequência de 9 peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura (intervalo de $0,5 \Phi$), que seguiu a seguinte disposição: 1 mm; 0,710 mm; 0,500 mm; 0,350 mm; 0,250 mm; 0,177 mm; 0,125 mm; 0,088 mm; e 0,062 mm, de acordo com a proposta de Wentworth (1922) e Suguio (1973). Cada amostra foi submetida a uma agitação 4 no *Rotap*, durante um período de 10 min, em seguida foram separadas em sacos e levadas para pesagem, afim de analisar a quantidade de material retido em cada peneira.

Após o peneiramento as amostras foram classificadas de acordo com os limites dimensionais e designações da classificação granulométrica (Wentworth, 1922)(Figura 21).

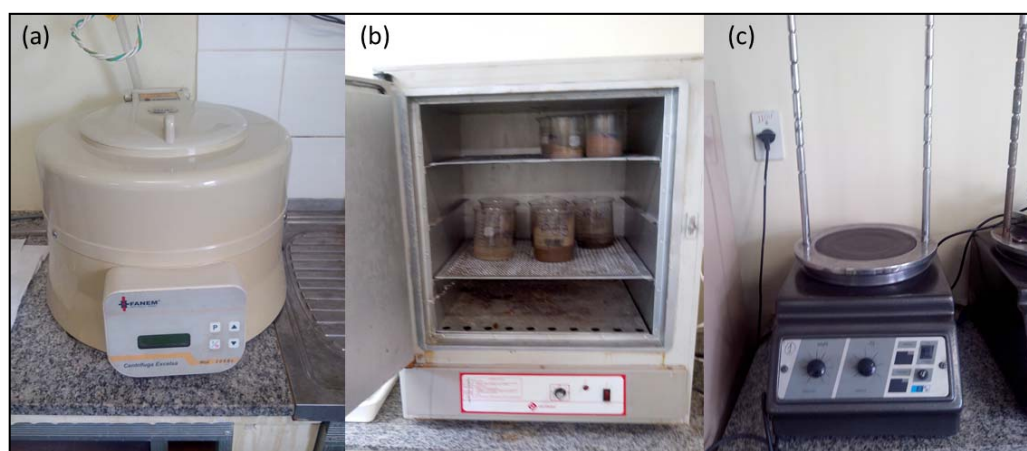


Figura 20: Equipamentos para análise granulométrica. (a) Centrífuga. (b) Estufa e (c) Agitador de peneiras.

Classificação	PHI (Φ)	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 grosso	< 4 a 5	< 0,0625 a 0,03125
Silte médio	< 5 a 6	< 0,03125 a 0,0156
Silte fino	< 6 a 7	< 0,0156 a 0,0078
Silte muito fino	< 7 a 8	< 0,0078 a 0,0039
Argila	< 8	< 0,0039

Figura 21: Quadro de classificação granulométrica de Wentworth (1922). Fonte: Ranieri (2011).

4.8. GABINETE

A confecção dos perfis praias foi realizada com auxílio dos softwares *Grapher* e *Microsoft Office Excel*. Os dados da análise granulométrica dos sedimentos superficiais foram gerados a partir do software *SYSGRAN 3.0*, para determinação dos parâmetros estatísticos (desvio padrão, assimetria, mediana, moda e curtose) pelo método de Folk & Ward (1957). Para fazer a representação em mapas dos resultados obtidos foram utilizados os softwares *Surfer 9 da Golden Software* e *Arcgis*.

Os dados de corrente foram tratados no programa *Alec Infinity Data Processing Software*, onde foram geradas as planilhas utilizadas para confeccionar os mapas de direção e intensidade da corrente longitudinal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS

5.1.1. Climatologia

Durante o período seco os ventos são mais intensos, com velocidade média de 6,4 m/s e máxima de 8,3 m/s na praia da Princesa e média de 7,3 m/s na praia de Fortalezinha, com máxima de 8,7 m/s (Figura 22). Foram predominantes os ventos de E, e NE nas duas praias no início da maré vazante.

No período chuvoso predominaram ventos de NE, com velocidade média de 4,6 m/s, e máxima de 6,8 m/s. Na praia de Fortalezinha os ventos sopraram a uma velocidade média de 5,2 m/s e máxima de 6,9 m/s (Figura 22).

Os ventos tiveram uma redução da intensidade do período seco para o chuvoso, com mudança na direção do vento. Durante a maré enchente os ventos foram NE, entretanto, durante a vazante sua direção passou a ser SE. Dentre as praias, Fortalezinha foi influenciada por ventos mais intensos. Apesar dos ventos de março apresentarem menor velocidade, este foi o mês mais chuvoso de 2013, com precipitação > 500 mm em comparação com outubro, que foi o mês mais seco de 2012, com precipitação total < 50 mm.

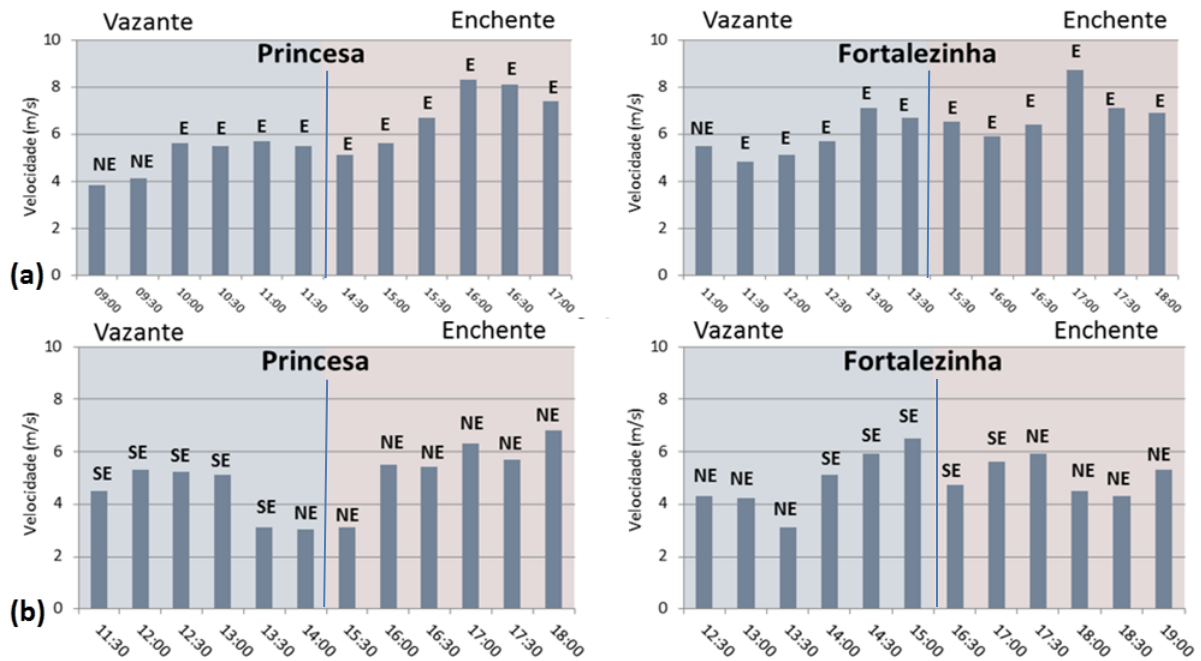


Figura 22: Intensidade e direção dos ventos, nas praias da Princesa e Fortalezinha. (a) período seco e (b) período chuvoso.

5.1.2. Ondas

As ondas nas praias variaram sazonalmente em altura e ângulo de incidência, entretanto, todas apresentaram direção NE. No período seco na praia da Princesa, o ângulo de incidência das ondas variou de $4,1^\circ$ a $7,2^\circ$, diminuindo do setor NW para o SE da praia. Na praia de Fortalezinha os ângulos de incidência obtidos ficaram em torno de $4,9^\circ$ a $7,6^\circ$, tendo o setor SE como o setor com maior ângulo de incidência de ondas no período seco (Figura 24).

No período chuvoso houve diminuição do ângulo de incidência, exceto no setor NW da praia de Fortalezinha, com aumento de $0,3^\circ$ no ângulo. Na praia da Princesa os ângulos variaram entre $4,2^\circ$ e $6,5^\circ$, com maior no setor oeste da praia. Em Fortalezinha as ondas variaram entre $5,1^\circ$ e $7,4^\circ$, com maior ângulo no setor SE da praia. Neste período, a média da altura das ondas nas praias foi maior, com média de $0,84$ m no setor NW da praia de Fortalezinha (Figura 24). No período seco as ondas maiores ($0,67$ e $0,71$ m) ocorreram na praia de Fortalezinha, já na praia da Princesa as ondas alcançaram altura entre $0,66$ a $0,68$ m (Figura 24). Durante um ciclo de maré (preamar e baixamar), as maiores ondas ocorrem na enchente nos dois períodos estudados (Tabela 1).

Durante a estação seca o período das ondas foi maior, sendo ainda maior na vazante ($7,19$ segundos). Na estação chuvosa os maiores períodos de onda ocorreram também na vazante, com período de onda de até $6,32$ segundos (Tabela 2).

Nas duas estações seca e chuvosa, os menores períodos de ondas ocorreram na enchente, este mesmo comportamento sazonal foi identificado nas praias de Curuçá (Ranieri, 2011).

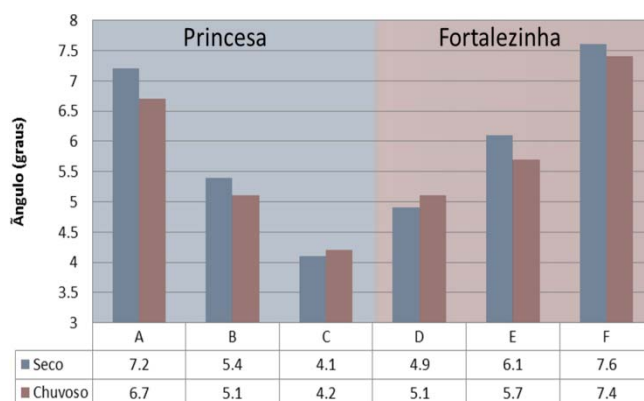


Figura 23: Ângulo de incidência das ondas nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

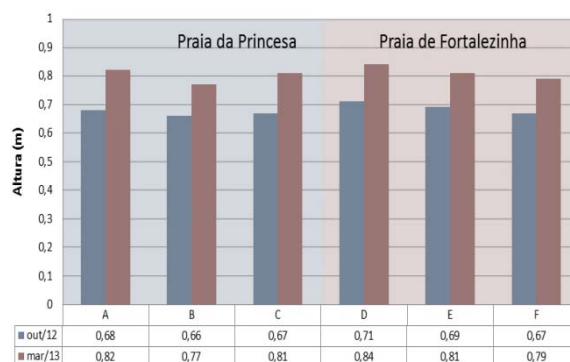


Figura 24: Média da altura das ondas nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

Tabela 1: Altura das ondas (em metros) nas praias da Princesa (A,B e C) e Fortalezinha (D, E e F), nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).

Altura das ondas (m)	OUTUBRO		MARÇO	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
A	0.65	0.71	0.76	0.87
B	0.64	0.68	0.69	0.85
C	0.65	0.69	0.79	0.83
D	0.69	0.73	0.78	0.89
E	0.67	0.71	0.75	0.86
F	0.83	0.87	0.74	0.83

Tabela 2: Período (em segundos) das ondas nas praias da Princesa (A,B e C) e Fortalezinha (D,E e F), nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).

PERÍODO (s)	OUTUBRO		MARÇO	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
A	6,21	5,23	5,74	4,93
B	6,33	5,81	5,86	5,07
C	6,82	5,87	6,32	5,22
D	6,26	4,79	5,11	3,91
E	7,19	5,67	5,09	5,67
F	5,84	6,05	3,97	4,93

5.1.3. Circulação Costeira

As correntes de maré na zona de surfe das praias da Princesa e Fortalezinha tiveram sentido preferencial NW nos períodos seco e chuvoso. Em um ciclo de maré, a corrente teve sentido SE-NW durante a maré enchente e NW-SE durante a vazante, para os dois períodos estudados. Os resultados apresentados na tabela 3 representam as médias de cada período de maré (enchente e vazante) dos dados de correntometria, realizados pontualmente em cada praia (Figura 11).

A corrente costeira é bidirecional na área, com sentido SE-NW durante a maré enchente e NW-SE durante a vazante (Figura 25) nos dois períodos estudados. As correntes

mais intensas ocorrem durante a enchente, atingindo intensidade média de 71,4 cm/s e 63 cm/s nas praias da Princesa e Fortalezinha, respectivamente, podendo estar ligada à atuação predominante dos ventos alísios de NE. Situação similar foi descrita por Pereira *et al.* (2012), que atribuíram altas velocidades das correntes durante a maré enchente em outubro (período seco), e diminuição da descarga fluvial no final do período seco. As correntes costeiras tiveram maior intensidade durante o período chuvoso (Tabela 3), e quando as ondas são maiores, geram uma corrente longitudinal mais intensa.

Tabela 3: Velocidade média (cm/s) das correntes nas fases de enchente e vazante, nas praias da Princesa e Fortalezinha (ilha de Algodão/Maiandeuá), nos períodos seco (outubro/12) e chuvoso (março/13).

	Período Seco		Período Chuvoso	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
Princesa	42,1	53,7	49,4	71,4
Fortalezinha	57,1	59,6	43,8	63,2

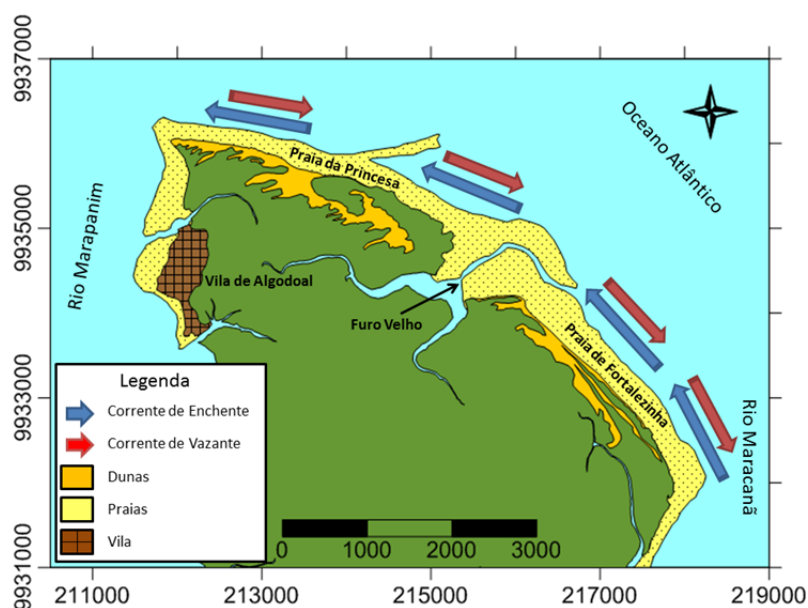


Figura 25: Mapa de direção das correntes costeiras na ilha de Algodão-Maiandeuá, nas praias da Princesa e Fortalezinha.

5.2. MORFOLOGIA E GRANULOMETRIA

As praias da Princesa e Fortalezinha são insulares voltadas para o oceano Atlântico, bordejadas por dois grandes estuários, e separadas por um canal de maré. Entretanto suas orientações são diferentes, o que lhe proporcionam diferentes padrões de sedimentação, regidas pela ação diferenciada das ondas e de correntes litorâneas sobre a face praial.

As praias estudadas se encaixam nas definições *Barrier-beach ridges*, descritas por Souza-Filho & El-Robrini (2000) para praia de macromaré, onde é subdividida em (i) pós-praia ou supramaré, zona constituída pela presença de dunas vegetadas e berma praial e localiza-se fora de alcance das ondas e marés normais (ii) zona de intermaré, que está subdividida de acordo com a variação da maré e (iii) inframaré, zona mais baixa dentre as citadas.

5.2.1. Praia da Princesa

A praia da Princesa com orientação NE-SW, tem uma extensão de 3,8 Km, largura de 200-420 m na baixamar de sizígia e inclinação suave em direção ao oceano entre 0,73-1,28°. No período seco, predominou um sistema calha-barra no estirâncio (zona de intermarés), em toda sua extensão, característico de praias *dissipativas*, segundo Short (1982, 1991, 1999). No período chuvoso este sistema calha-barra se tornou mais sutil, com duas calhas e duas barras na zona de intermaré do setor central, apresentando uma migração em direção à linha de maré baixa de sizígia (Figura 27), resultante dos processos de alta energia durante este período.

Braga (2007) no estudo sobre a praia de Ajuruteua, também no nordeste do Pará associou estas mudanças morfológicas a eventos de alta energia, principalmente à macromarés associadas à ação de ondas na face praial, encontradas durante o período chuvoso na região amazônica.

No período chuvoso a praia se estendeu da linha de maré baixa de sizígia até as dunas frontais, com uma média de 270 m de largura, e coeficiente de variação de linha de costa (CVYb) no setor NW de 6,15% a 7,44% e no setor SE de 25,51% a 35,36%, apontando este último, onde ocorreu a maior variação na linha de costa nesta praia. As dunas frontais tornaram-se escarpadas (Figura 26a) e a zona de intermaré foi a que teve mais perda de sedimentos, tornando-se mais íngreme, expondo um terraço lamoso (paleomangue) durante o período chuvoso (Figura 26b) no setor central da praia. Durante este período os sedimentos removidos da face praial são depositados em direção à área submersa da praia, formando barras longitudinais e canais paralelos à linha de costa. Segundo Ranieri (2011), ao passar do período chuvoso, os sedimentos são novamente trazidos em direção à praia emersa.

No setor NW da praia da Princesa, houve diminuição do volume sedimentar de 387 m³/m do período seco para o chuvoso, caracterizando um balanço sedimentar negativo (Figura 28), acarretando um aumento na declividade e largura da praia. Já o setor NW teve um balanço sedimentar negativo, com perda de 229,6 m³/m do volume linear, que

corroborado com os dados de declividade e largura da praia, indica erosão entre os períodos estudados.

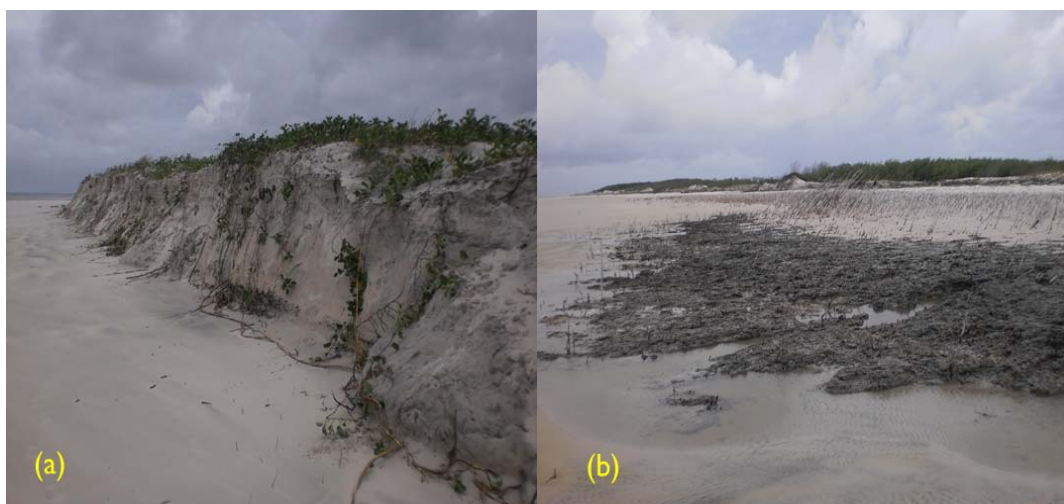


Figura 26: (a) Dunas escarpadas e (b) Paleomangue exposto na praia da Princesa no Setor central.
Fonte: Autor (15/03/2013).

No setor SE o balanço sedimentar foi positivo, com ganho de $287,6 \text{ m}^3/\text{m}$ (Figura 28), favorecendo a acresção sedimentar, sendo o canal de maré (Furo Velho) o principal exportador de sedimentos para este setor durante o período chuvoso. Neste período, quando o aporte de água continental é maior, o canal serve como uma “barreira hidrodinâmica”, aprisionando os sedimentos neste setor, que acaba por sofrer acresção sedimentar.

A granulometria dos sedimentos da praia teve modificações do período seco para o chuvoso, com aumento do tamanho médio dos grãos na zona de supramaré, indicando uma leve erosão, enquanto que nas zonas de intermaré e inframaré, houve uma diminuição do tamanho médio dos grãos (Figura 29). Na porção SE da praia, adjacente ao Furo Velho, houve aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) principalmente nas zonas de intermaré e inframaré, corroborando com a idéia de que a acresção sofrida esteja ligada ao aporte de sedimentos finos provenientes deste canal de maré.

O aumento de sedimentos finos na zona de intermarés, que é a zona de constante mobilização sedimentar, pode estar relacionada à erosão das dunas frontais, esses sedimentos (*Areia muito fina*), são remobilizados para zona de intermarés pela ação erosiva das ondas. Segundo Pedreros et al. (1996), durante o período de menor energia, como no período seco, ocorre migração transversal à praia (“*offshore/onshore*”) dos sedimentos, com formação de crista e calha (“*ridge e runnel*”). Durante o evento de maior energia (período chuvoso) aumenta a migração transversal dos sedimentos, proporcionando um preenchimento da calha e um aplainamento da zona de intermaré.

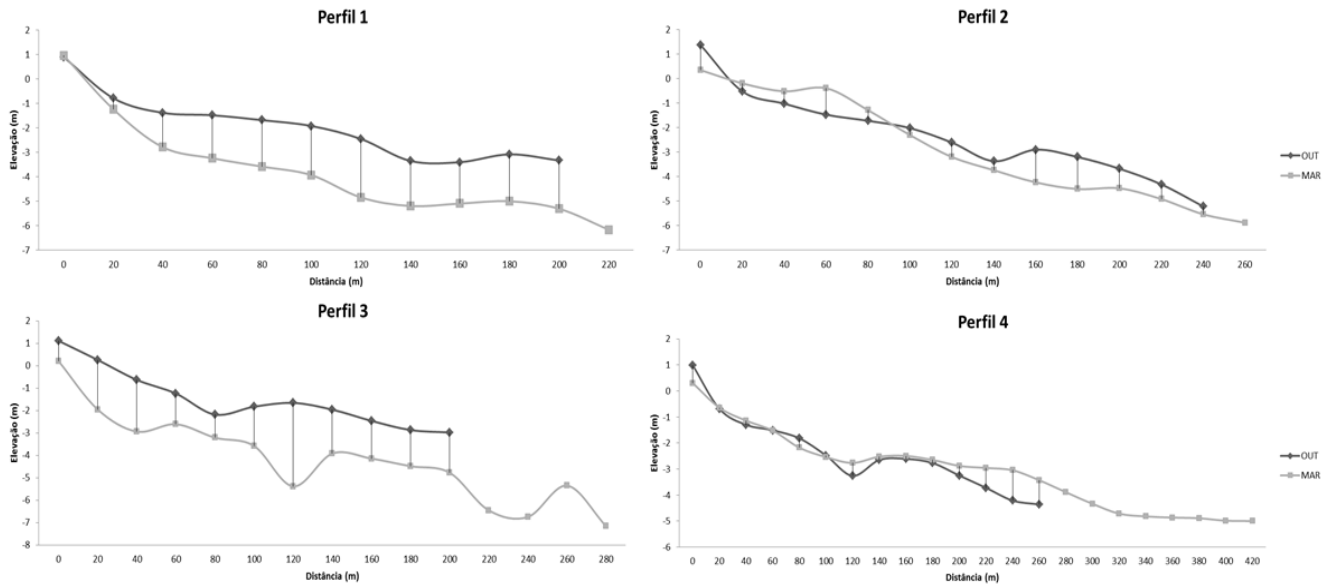


Figura 27: Sobreposição dos perfis topográficos na Praia da Princesa, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

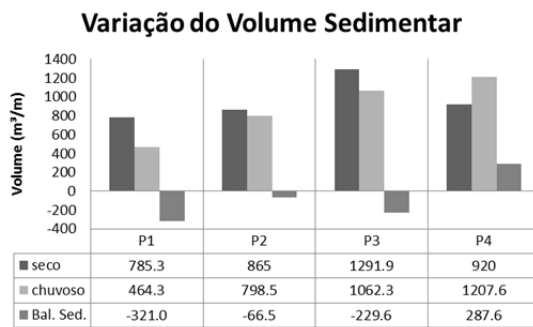


Figura 28: Variação do volume sedimentar sazonal na praia da Princesa, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

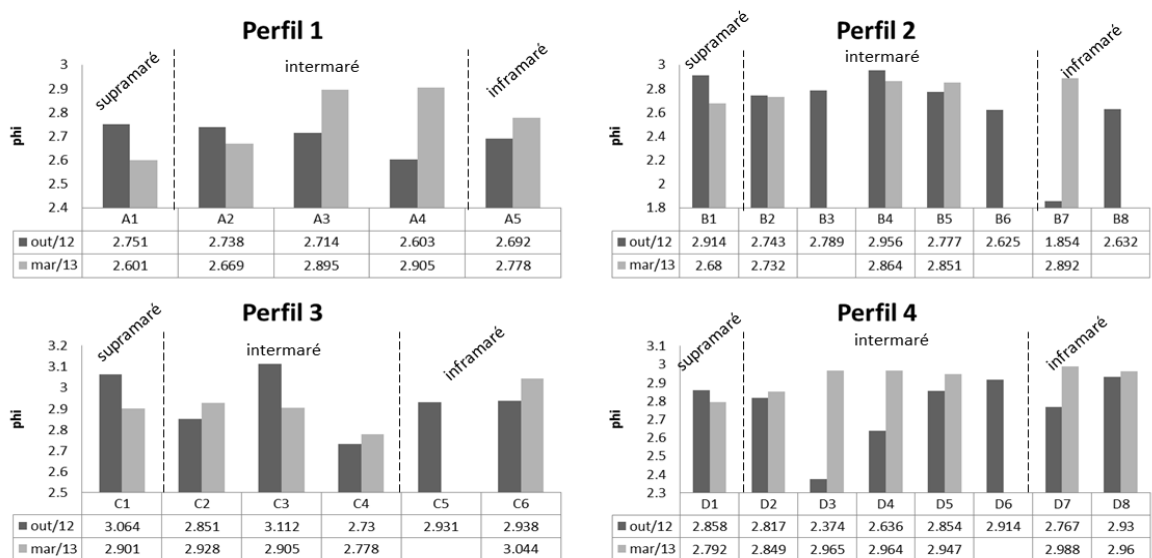


Figura 29: Granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais da praia da Princesa, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

5.2.2. Praia de Fortalezinha

A praia de Fortalezinha com 3,7 km de extensão e orientação NW-SE, está limitada a oeste por um canal de maré (Furo Velho) e a leste pelo estuário do rio Maracanã. A largura desta praia varia de 140-200 m (período seco) a 200-300 m (período chuvoso), com um declive suave em direção ao mar entre 0,51-1,38°, típicos de praias dissipativas. O Coeficiente de variação de linha de costa (CVYb) variou entre 7,44% e 67,64 %, o setor SE da praia apresentou a maior variação entre as praias estudadas (14,14 % e 67,64%) entre os períodos seco e chuvoso, devido ao “engordamento” sofrido no período chuvoso, em que a ponta da Fortalezinha (Setor SE – Perfil 8) teve um aumento de 220 m na largura da praia (Figura 30).

Durante o período de estiagem, o setor NW da praia o sistema calha-barra não foi bem evidente (Figura 30), conferindo a este setor, características erosivas e típicas de praias intermediárias. Um sistema de calha-barra bem desenvolvido foi evidente apenas na linha de intermaré inferior do setor SE da praia.

Durante o período chuvoso, as calhas e barras foram ausentes no setor NW, demonstrando o caráter erosivo. Já no setor SE esse sistema foi bem desenvolvido, onde foi identificado ainda um berma praial bem evidente, conferindo a este setor características de praia dissipativa.

Esta praia experimentou balanço sedimentar positivo de 1.074,7 m³/m entre os períodos seco e chuvoso (Figura 31), entretanto, no setor SE da praia ocorreu erosão das dunas frontais e do estirâncio, que ocasionou perda de volume de 91,9 m³/m de sedimentos.

O engordamento da praia de Fortalezinha no período chuvoso apresenta um padrão bastante atípico para o litoral paraense. El-Robrini (2001), França (2003) e Mácola & El-Robrini (2004) em estudos na ilha de Mosqueiro, Curuçá (NE do Pará) e na Ilha do Marajó respectivamente, apontam que as praias do litoral paraense sofrem acresção durante o período seco e erosão no chuvoso. Este padrão diferenciado do setor SE da praia, leva a acreditar que o aumento do volume de sedimentos e conseqüentemente da largura da praia está ligada com a ação da maré e com o maior aporte continental de sedimentos no período chuvoso, que são trazidos ao litoral através das drenagens adjacentes.

A praia de Fortalezinha é recoberta por sedimentos predominantemente compostos por *areia fina* durante os dois períodos (Figura 32), com variações sutis principalmente na linha de maré alta e na zona de intermaré, onde houve aumento de sedimentos mais finos (*areia fina*). Esta configuração está relacionada com a diminuição na energia da praia, que favorece

a deposição de sedimentos mais finos (silte e argila) no estirâncio (zona de intermarés), possibilitando o transporte de sedimentos desta zona para as dunas frontais pelo vento durante a baixamar. Esse processo é bem mais acentuado no período seco devido às zonas de intermarés e supramaré serem expostas por um período maior à radiação solar, que facilita o processo de transporte dos sedimentos pelos ventos em direção ao pós-praia.

O aumento de sedimentos finos no período chuvoso pode estar ligado também com um maior aporte de sedimentos continentais. Para o setor SE da praia, o aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) pode estar relacionado com a maior carga sedimentar do estuário do rio Maracanã neste período, o que acabaria por exportar maior quantidade de partículas finas para a praia.

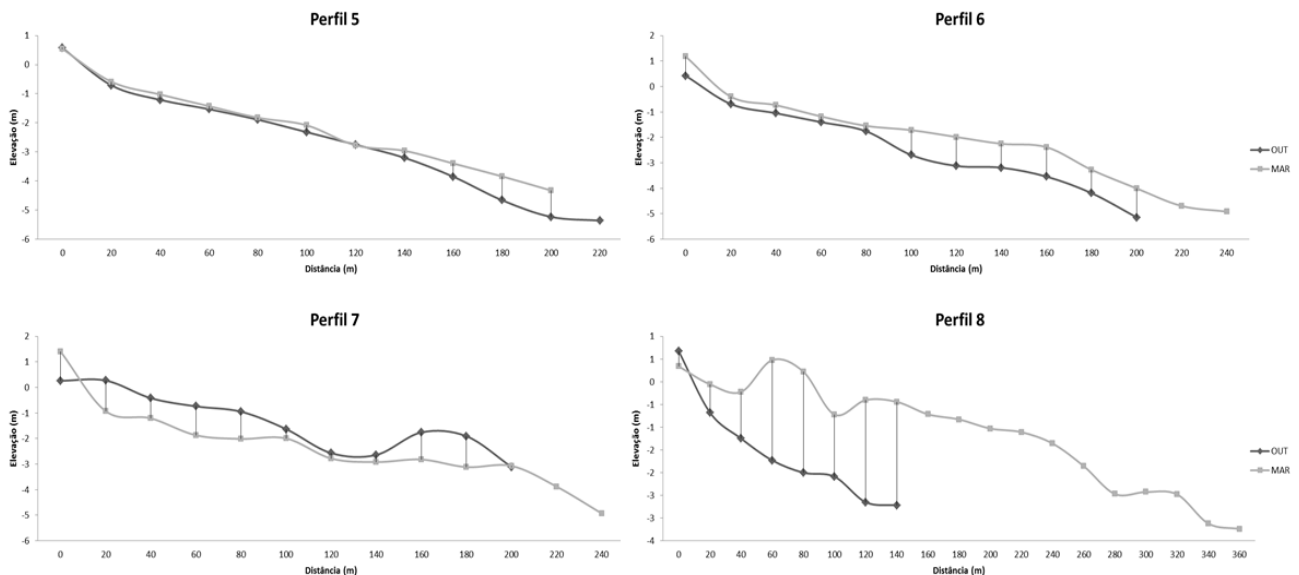


Figura 30: Sobreposição dos perfis topográficos da praia de Fortalezinha nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

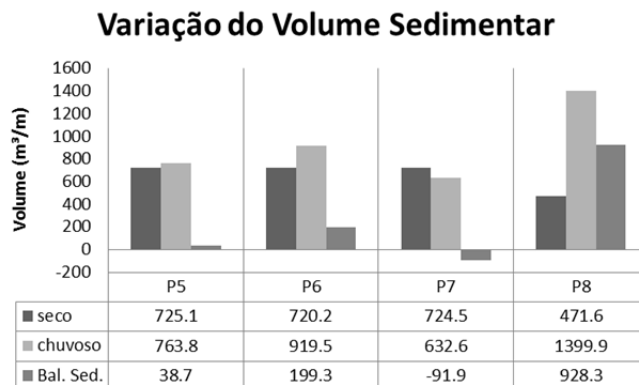


Figura 31: Variação do volume sedimentar sazonal na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

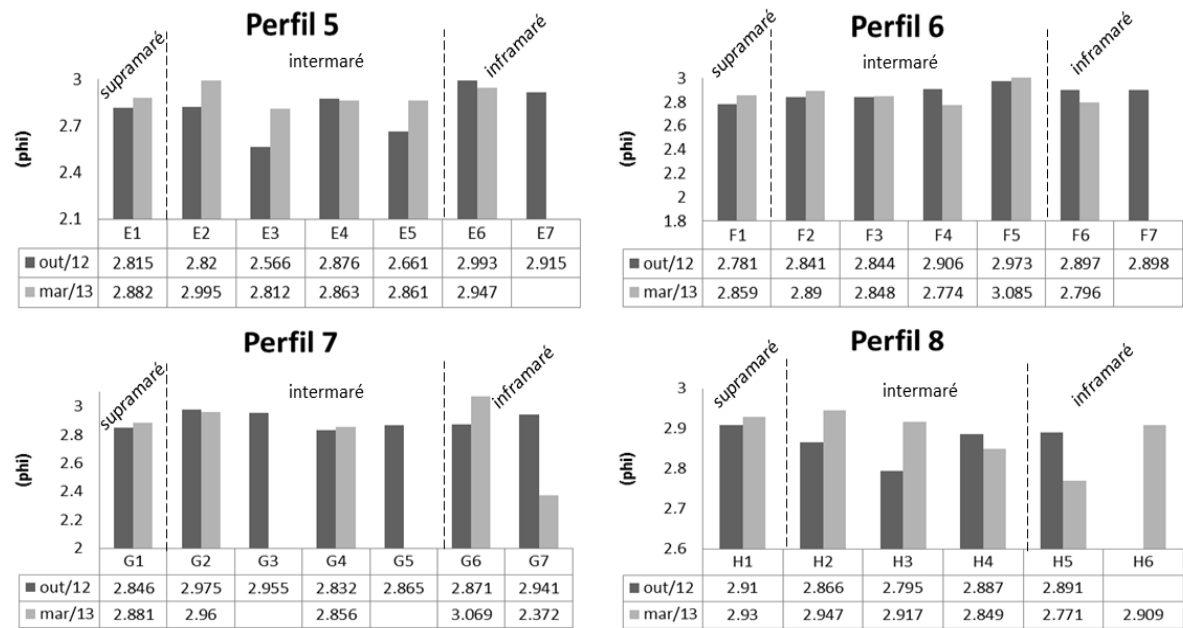


Figura 32: Granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais da praia de Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

5.3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS

5.3.1. Praia da Princesa

O estudo dos parâmetros estatísticos na praia da Princesa apresentou variações sazonais ao longo da praia. Os principais fatores que influenciaram nesta mudança foram a variação energética da praia, a injeção de sedimentos continentais maiores no período chuvoso (março/2014) e a mudança nos padrões de ventos e ondas.

A média granulométrica indica a tendência central do tamanho médio dos grãos de um dado sedimento, fornecendo dados sobre a energia cinética média do agente de deposição (Folk & Ward 1957). Os menores valores correspondem a trechos mais vulneráveis à erosão das dunas na zona de supramaré.

O comportamento da média variou ao longo da praia nos dois períodos estudados, como apresentado na figura 33, a média diminuiu do setor NW para o SE nos dois períodos de coleta, com média variando de 1,854 ϕ (*areia média*) no setor NW e 2,374 ϕ (*areia fina*) no setor SE. Sazonalmente houve um aumento no diâmetro médio, onde as menores médias foram obtidas no período chuvoso, podendo caracterizar esse período como erosivo.

Observou-se um aumento da média granulométrica no pós-praia e na zona de supramaré e uma diminuição nas zonas de intermaré e inframaré, onde, apenas em alguns

casos em que houve aumento da média nestas zonas, devido a presença de canais longitudinais localizados principalmente na zona de intermaré.

O grau de seleção ou desvio padrão (σ) está relacionado ao selecionamento da amostra, em relação ao transporte e deposição (Folk & Ward, 1957). O selecionamento refere-se à seleção durante o transporte das partículas de acordo com seus tamanhos, gravidades específicas e forma. Depósitos que contém pequenas variações de tamanho de partículas são referidos como bem selecionados.

O grau de seleção na praia da Princesa variou de 0,25 (*moderadamente selecionado*) à 0,84 (*muito bem selecionado*) no período seco e de 0,30 (*bem selecionado*) à 0,51 (*muito bem selecionado*) no chuvoso, no período seco os sedimentos *bem selecionados* foram mais abundantes, totalizando 55,5 % e no chuvoso predominaram sedimentos muito bem selecionados, com 54,5 % do total.

Sedimentos com grau de seleção maior estão localizados em dunas (0,28 – 0,55), nos primeiros metros da zona de supramaré (0,33 – 0,42) e nas últimas amostras de inframaré. Grãos *moderadamente selecionados* predominaram na parte central da praia, principalmente na zona de inframaré (Figura 33).

O parâmetro assimetria (S_{ki}) apresentou sedimentos variando de -0,3 (*assimetria negativa*) a 0,64 (*muito positiva*) no período seco e de -0,2 (*assimetria negativa*) à 0,25 (*positiva*) no chuvoso. Este parâmetro variou espacialmente na praia (Figura 33), sedimentos com assimetria negativa são encontrados principalmente nas zonas de inframaré e intermaré no período seco, indicando remoção de sedimentos.

A assimetria traduz a posição da mediana em relação à média aritmética (Folk & Ward, 1957). Um valor positivo para assimetria indica um excesso de partículas finas e em contraste, uma assimetria negativa significa um excesso de partículas mais grossas. Sendo assim, a assimetria no período chuvoso mostrou valores negativos no pós-praia e na zona de supramaré para o setor NW, e no setor SE, estes valores foram encontrados na zona de inframaré, demonstrando remoção sedimentar. A parte central da praia neste período têm-se os maiores valores de assimetria (*positiva*), onde ocorre deposição sedimentar.

A curtose é relacionada com sucesso ao nível de energia das ondas ou ao nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais. A curtose foi heterogênea longitudinalmente nos dois períodos estudados, maiores valores deste parâmetro são encontrados na parte oeste da praia (Figura 33).

No período seco a praia apresentou sedimentos que vão desde *platicúrtica* (0,689) a *muito leptocúrtica* (1,754) e no chuvoso os sedimentos também variaram de *platicúrtica*

(0,746) a *muito leptocúrtica* (1,859), sendo este último valor encontrado apenas na Supramaré (amostra A2). Nos dois períodos analisados, a parte SE da praia teve os menores valores de curtose, indicando que nesta parte da praia a energia da praia é maior.

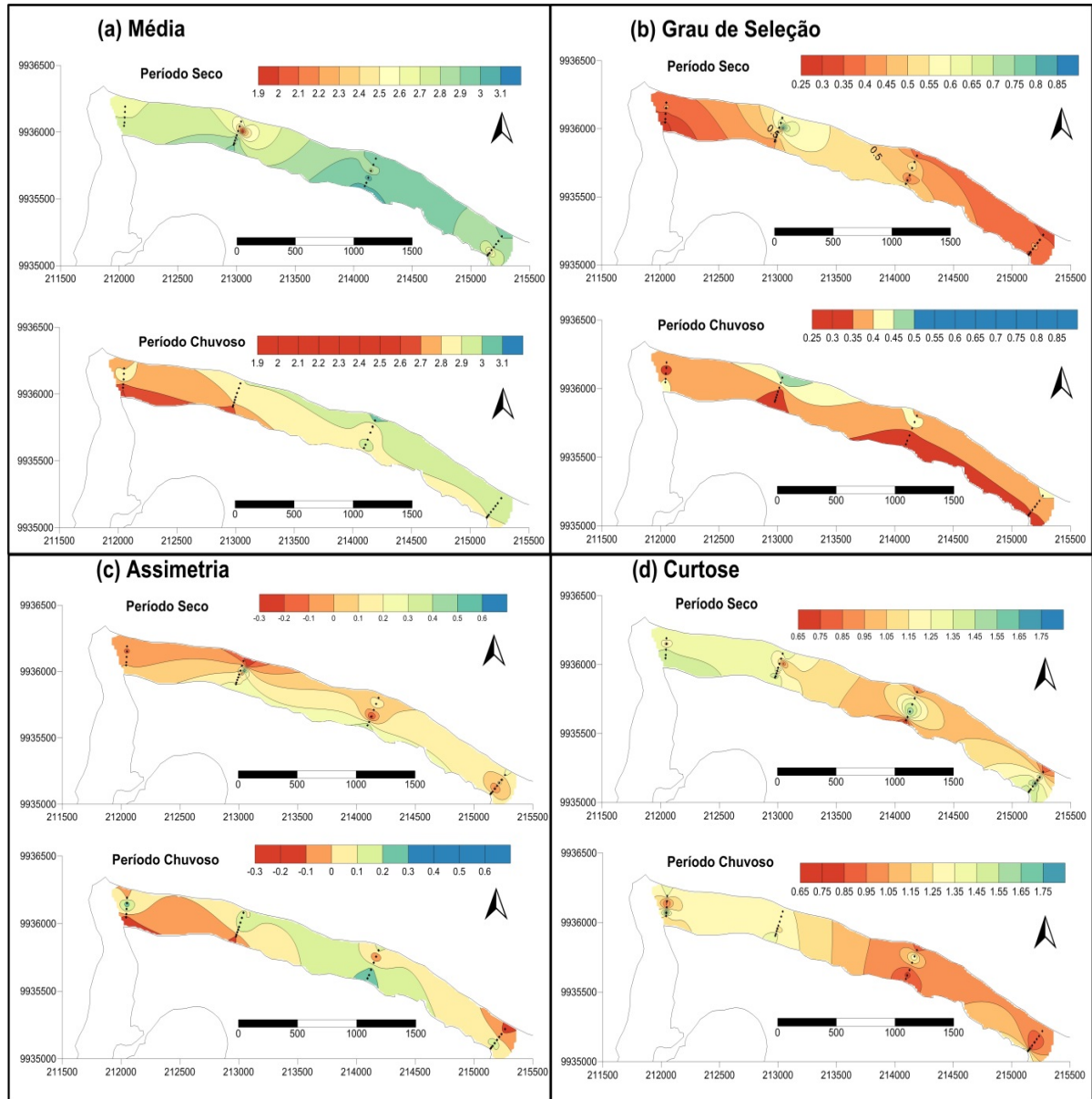


Figura 33: Parâmetros estatísticos granulométricos da praia da Princesa (Algodal-Pa).

5.3.2. Praia de Fortalezinha

Os sedimentos da praia de Fortalezinha apresentaram média granulométrica variando entre 2,75 ϕ (areia fina) e 3,09 ϕ (areia muito fina), sendo a *areia fina* predominante em toda extensão da praia e nos dois períodos estudados (Figura 34). Sedimentos compostos de *areia muito fina* ocorreram nas zonas de supramaré e inframaré superior na parte SE da praia no período chuvoso, assim como na zona de intermaré e inframaré no setor NW.

Sazonalmente os valores de média granulométrica diminuíram do período seco para o chuvoso no setor NW da praia, principalmente nas zonas de supramaré e intermaré, onde houve uma diminuição gradativa da média nesta zona, que caracteriza um momento de deposição sedimentar.

No setor SE houve um aumento da média granulométrica, com média de 2,88 ϕ em outubro e 2,83 ϕ em março. No período chuvoso houve um aumento gradativo na média dos grãos que apresentou grãos maiores na zona de inframaré (perfil 7), a presença de grãos maiores nesta área denota um caráter erosivo nesta zona.

O grau de seleção (desvio padrão) nos sedimentos da praia de Fortalezinha variou de 0,28 (*bem selecionados*) para 0,50 (*muito bem selecionados*) no período seco e de 0,29 (*moderadamente selecionados*) para 0,54 (*muito bem selecionados*) no chuvoso. A seleção dos sedimentos aumentou entre os períodos seco e chuvoso, com maior mudança nas zonas de intermaré e inframaré (Figura 34).

No período seco houve maior heterogeneidade do desvio padrão: sedimentos *muito bem selecionados* são encontrados principalmente nas zonas de supramaré e intermaré em toda praia (setor SE) e no pós-praia (dunas) em toda extensão da praia, indicando uma tendência crescente da seleção em direção ao pós-praia. De maneira geral, a seleção dos sedimentos teve aumento do setor SE para o NW, gradativo em direção a NW neste período, e pode ser associado com a direção de transporte na face praial. No período chuvoso foi mais homogêneo, entretanto, com similar configuração ao período seco, com maior grau de seleção na zona de supramaré e no pós-praia.

Os valores de assimetria na praia variaram entre -0,295 (assimetria negativa) a 0,410 (assimetria muito positiva) ao longo do período estudado. No período seco este parâmetro mostrou uma variação ao longo da extensão da praia, sedimentos com *assimetria negativa* (-0,3 a -0,1) se concentraram na parte NW e sedimentos com *assimetria positiva* (0,10 a 0,30) na parte SE da praia. Sendo assim, para este parâmetro, o setor NW está ocorrendo perda de sedimentos, ou seja, está sob processo de erosão.

No período chuvoso, a assimetria apresentou algumas mudanças em relação ao período seco, sedimentos com *assimetria negativa* estão concentrados principalmente na zona de inframaré (Figura 34). Na parte central da praia, houve aumento de sedimentos com *assimetria positiva*, indicando que neste período esta parte teve um ganho sedimentar, com incremento de grãos mais finos, o inverso pode ser aos sedimentos de *assimetria negativa*.

Para a curtose, os sedimentos apresentaram características variando de *platicúrtica* (0,67 a 0,90) a *muito leptocúrtica* (1,5 a 3,0) (Figura 34). Valores *leptocúrticos* foram

encontrados principalmente no setor oeste da praia, enquanto valores *mesocúrticos* e *platicúrticos* obtiveram maior concentração no setor oeste (período menos chuvoso). No período chuvoso valores platicúrticos foram bem mais acentuados nas zonas de supramaré e intermaré do setor leste e na zona de inframaré (Figura 34).

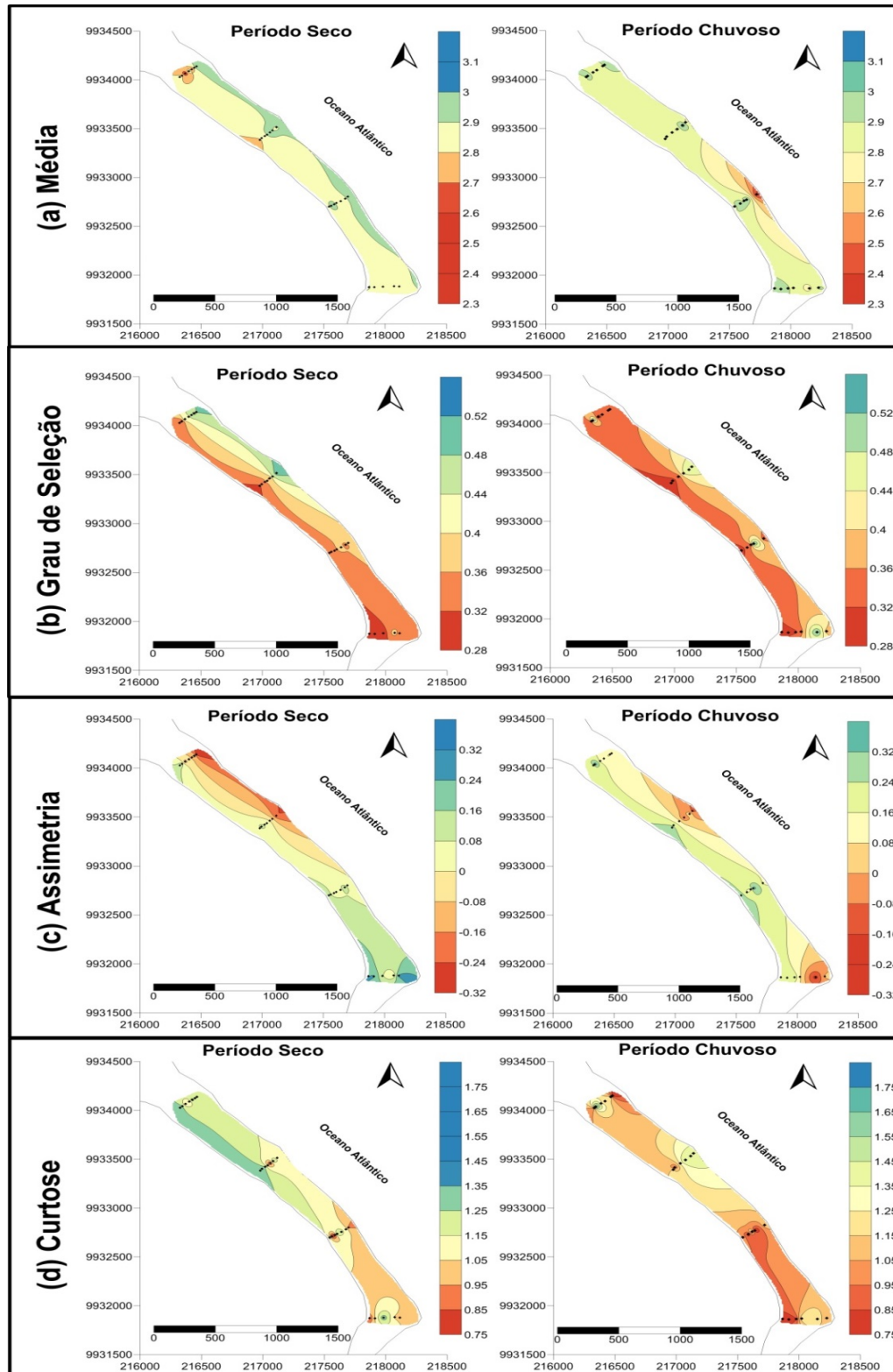


Figura 34: Parâmetros estatísticos granulométricos da praia de Fortaleza (Algoal-Pa).

5.4. ESTADOS MORFODINÂMICOS

Segundo o modelo de Wright & Short (1984), que utiliza o parâmetro empírico adimensional Ω , as praias estudadas apresentaram dois estados morfodinâmicos distintos, de acordo com a energia de onda. Durante o período seco as praias tiveram características de praias *intermediárias*, com Ω entre 4,322 a 4,579 na praia da Princesa e de 4,074 a 4,668 na praia de Fortalezinha (Tabela 4).

Apesar de o parâmetro Ω caracterizar as praias como *intermediárias*, os parâmetros morfométricos (declividade, variação da largura da praia e coeficiente de variação de linha de costa) sugeridos por Short & Hesp (1982), foram característicos de praia dissipativa (Tabela 5).

As praias da Princesa e Fortalezinha, respectivamente com valores de Ω variando de 5,088 a 6,763 e 5,790 a 6,174, foram caracterizadas como *dissipativas* no período chuvoso, apenas o setor NE da Princesa teve características *intermediárias* (Tabela 4), devido à ausência de sistema calha-barra a zona de arrebenção localizou-se próximo à linha de praia.

Esse padrão dissipativo das praias do NE do Pará, foi descrito também por Ranieri & El-Robrini (2012), na praia da Romana em Curuçá e por Alves & El-Robrini (2004), Monteiro *et al.* (2009) e Braga (2007), ambos na Praia de Ajuruteua, durante o período chuvoso.

Short (2003) caracteriza as praias dissipativas como sendo compostas predominantemente por areias finas, ondas deslizantes de curto período. Estas características foram observadas nos períodos chuvoso e seco nas duas praias.

Tabela 4: Estados morfodinâmicos (Parâmetro Ω) da praia da Princesa e Fortalezinha.

Ω	PRINCESA			FORTALEZINHA		
	Setor NW	Central	Setor SE	Setor NW	Central	Setor SE
Seco	4,579	4,437	4,322	4,668	4,603	4,073
Chuvoso	5,088	5,702	5,763	6,174	5,79	5,886

Tabela 5: Parâmetros morfométricos da praia da Princesa e Fortalezinha. (β) é declividade da praia, (Yb) Largura da praia e (CVYb) Coeficiente de variação da linha de costa.

PRINCESA	Período	P1			P2			P3			P4		
		β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb
PRINCESA	Seco	0,73	190	7,44%	1,12	230	6,15%	0,93	220	25,71%	0,81	320	35,36%
	Chuvoso	1,28			1,25			1,06			0,59		
FORTALEZINHA	Período	P5			P6			P7			P8		
		β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb
FORTALEZINHA	Seco	1,21	190	7,44%	1,27	200	14,14%	0,97	200	14,14%	1,38	230	67,64%
	Chuvoso	1,07			1,07			0,95			0,51		

Outro modelo utilizado para aferir o estado morfodinâmico de praias é o RTR, utilizado para praias com grandes amplitudes de maré (Masselink & Short, 1994), a exemplo da área de estudo. Os valores médios de RTR na praia da Princesa tiveram média de 7,1 a 6,4 nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, caracterizando a praia como dominada pela interação de ondas e maré. A praia de Fortalezinha também está submetida à interação de ondas e marés, com RTR de 6,8 no período seco e 6,2 no chuvoso (Tabela 6).

Tabela 6: Valores do Parâmetro Relativo da Maré para as praias da Princesa e Fortalezinha, nos períodos seco (outubro) e chuvoso (março).

<i>RTR</i>	PRINCESA			FORTALEZINHA		
	Setor NW	Central	Setor SE	Setor NW	Central	Setor SE
Seco	7,05	7,27	7,16	6,61	6,81	7,01
Chuvoso	6,34	6,75	6,41	6,07	6,3	6,46

Para uma melhor abordagem sobre o estado morfodinâmico foi utilizado o modelo conceitual proposto por Masselink (1994), que integra o parâmetro RTR com o Ω de (DEAN, 1973), para caracterizar o estado morfodinâmico em que as praias se encontram. Segundo este modelo, a praia da Princesa está submetida a um estado de praia *ultradissipativa* ($7 < RTR < 15$ e $2 < \Omega < 5$) durante o período seco e passa para o estado *dissipativo* sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) (Figura 35). Segundo o mesmo autor as praias *ultradissipativas* possuem baixa declividade com longa zona de surf e ondas deslizantes, podendo ou não conter barras durante o período com menos pluviosidade, características que estão presentes na praia da Princesa no período seco. A praia de Fortalezinha teve estado morfodinâmico característico de praia *intermediária* com sistema de calha-barras de baixa-mar ($3 < RTR < 7$ e $2 < \Omega < 5$) no mesmo período. No período chuvoso a praia foi caracterizada como *dissipativa* e sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) (Figura 35).

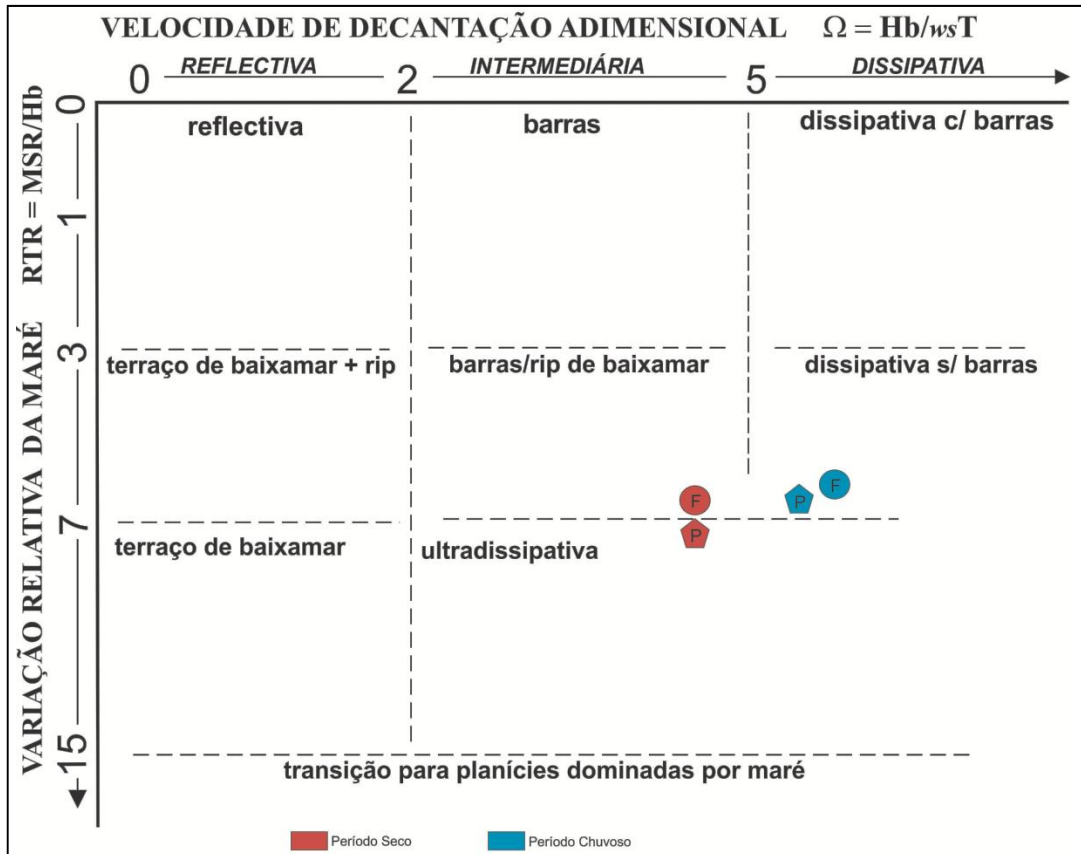


Figura 35: Estados morfodinâmicos das praias da Princesa (losango) e Fortalezinha (círculo), utilizando o modelo conceitual de praia, onde o estado da praia é função da relação entre o parâmetro Ω e o RTR. Fonte: Masselink & Short, 1993.

5.5. TRANSPORTE EÓLICO DE SEDIMENTOS

A maior carga sedimentar retida nas armadilhas ocorreu no período seco, com 0,12-0,68 gramas na praia da Princesa e 0,17 a 0,76 gramas na praia de Fortalezinha. No período chuvoso, a carga sedimentar foi menor, entre 0,081-0,15 gramas na praia da Princesa e de 0,084-0,21 gramas na praia de Fortalezinha (Figura 36). A maior taxa de transporte eólico no período seco está ligada não somente com a maior intensidade dos ventos, mas também com a menor pluviosidade. Com ausência de chuvas, os sedimentos são mais facilmente desagregados e transportados para áreas adjacentes à praia, onde são depositadas principalmente em dunas.

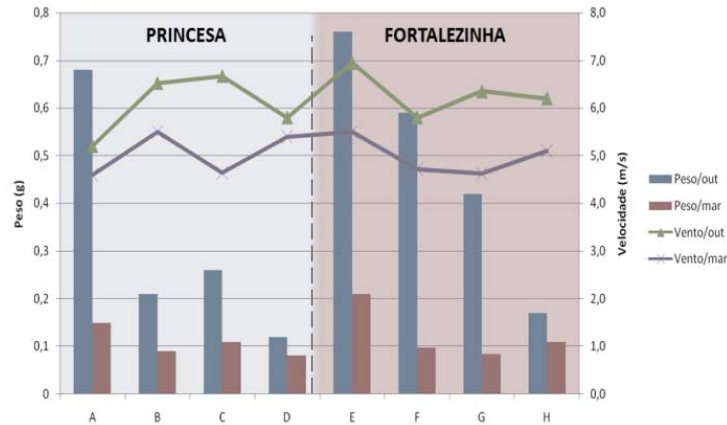


Figura 36: Relação entre a carga sedimentar na condução eólica e a intensidade dos ventos para cada ponto de coleta, nas praias da Princesa e Fortalezinha, no período seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

Na praia da Princesa a maior carga sedimentar de transporte foi calculada no setor NW, seguidos pelos setores central e SE. Apesar de o setor NW não apresentar as maiores intensidades de ventos dentre os demais, sua larga pista de vento (*fetch*) e largura da praia (média de 240 m) propiciam um maior transporte eólico, devido a maior disponibilidade de sedimentos neste setor, armazenados na forma de dunas de grande porte (Figura 37).

O mesmo aconteceu na praia de Fortalezinha, no setor NW, onde ocorreu a maior carga sedimentar retida, com pista de ventos e largura da praia, maiores, propiciando um maior transporte eólico de sedimentos.

Partindo do pressuposto de que quanto maior for a intensidade do vento o transporte eólico é maior, este estudo mostrou certa discrepância para esta associação (Figura 36), a taxa de sedimentos transportados não acompanhou a intensidade dos ventos. Este fato pode estar ligado à mudança na direção dos ventos durante o ciclo de maré (Figura 22).



Figura 37: Campo de dunas no setor NW da praia da Princesa.

5.6. TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

No período seco a carga sedimentar (g) retida nas armadilhas, foi maior durante a maré vazante na praia da Princesa, já no período chuvoso a carga sedimentar foi maior durante a enchente da maré. Em Fortalezinha, nos dois períodos, a maior carga transportada ocorre durante a maré enchente (Tabela 7). Assim, a carga sedimentar no período seco é maior na praia da Princesa, com total de 1.690,04 g, já na praia de Fortalezinha a carga é maior no período chuvoso, com total de 1.307,31 g.

O processo de condução de sedimentos na praia da Princesa foi maior durante a estação seca, entretanto, na praia de Fortalezinha, foi durante a estação chuvosa (Tabela 7). Este padrão pode estar relacionado com a presença do Furo Velho que separa as praias (Figura 8), que durante o período seco, serve como uma barreira hidrodinâmica durante a maré vazante, desviando os sedimentos transportados da praia da Princesa em direção ao oceano, fazendo com que a carga sedimentar da deriva litorânea não chegue a sua totalidade à praia de Fortalezinha.

Tabela 7: Carga total (g) retida nas armadilhas portáteis, nos períodos chuvoso e seco.

CARGA (g)		OUTUBRO		MARÇO	
		Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
Princesa	NW	334,58	35,18	8,08	680,35
	Central	42,27	640,23	17,37	5,83
	SE	631,06	6,72	6,89	9,76
Fortalez	NW	5,7	118,57	18,32	451,52
	Central	70,2	289,83	3,22	821,65
	SE	95,2	284,77	3,16	9,44
TOTAL		1179,01	1375,3	57,04	1978,55

O setor central da praia da Princesa mostrou comportamento contrário em relação aos demais setores (Tabela 7), enquanto nos setores NW e SE a maior carga sedimentar foi durante a vazante no período chuvoso (334,58 g e 631,06 g, respectivamente) e no setor central foi durante a maré enchente (640,23 g). Este comportamento diferenciado acontece devido à presença da barra arenosa, no setor central (Figura 8), que durante a maré enchente serve de barreira física, podendo estar reduzindo a energia da corrente longitudinal, e consequentemente, causando uma diminuição na capacidade do transporte de sedimentos no local.

No período chuvoso a quantidade de sedimentos transportada foi pequena na praia da Princesa, exceto no setor NW da praia, onde a carga sedimentar foi bem maior, cerca de

500 % a mais que no restante da praia (Tabela 7). Os sedimentos transportados neste setor são provenientes da erosão da barra arenosa que acontece principalmente durante o período chuvoso.

Na praia de Fortalezinha, o trânsito de sedimentos acontece quase uniforme, onde a carga sedimentar aumenta em direção SE durante a vazante, e o contrário durante a enchente, com aumento da carga na direção NW. O fluxo reduzido durante a vazante nesta praia é devido ao canal de maré adjacente (Figura 12), à parte NW da praia, que intercepta a deriva litorânea, ocasionando uma redução na corrente neste local, diminuindo a quantidade de sedimentos em suspensão e, do mesmo modo a granulometria da carga sedimentar. Um dos indícios é o aumento de sedimentos lamosos na parte NW da praia, que está ligado a sedimentos continentais, trazidos do interior da ilha e de manguezais adjacentes pelo canal de maré.

Em geral, a maior carga de sedimentos ocorre próximo ao fundo (transporte por arrasto) (Figuras 38 e 39). Esse mesmo padrão foi encontrado por Fontoura (2004) na Barra do rio Grande (Rio Grande do Sul) e por Ranieri (2011) na praia da Romana no NE do Pará. Segundo Fontoura (2004), os maiores transportes ocorreram quase sempre, próximos ao fundo, diminuindo gradativamente em direção à superfície, onde 50-80 % do transporte foi realizado na camada entre o fundo.

Apesar da carga de sedimentos ser maior próximo ao fundo, a relação entre o transporte de fundo e o de superfície não tiveram tanta discrepância, decrescendo em direção à superfície (Figuras 38 e 39), que pode estar relacionado com a alta turbulência da zona de surfe em praia de macromaré, assim como no caso da praia da Romana (Ranieri, 2011). Outro fator responsável por certa homogeneização dos sedimentos entre as camadas pode estar relacionado à baixa profundidade da zona de surfe, que favorece a mistura das camadas próximas ao fundo com as demais, devido à forte turbulência nesta zona.

No transporte longitudinal, a fração *areia fina e muito fina* ($3,0 - 4,0 \phi$) foi predominante. Durante a maré vazante a quantidade de sedimentos lamosos (silte e argila) foi maior, comparado com a enchente. A maior concentração de sedimentos lamosos está relacionada ao aporte estuarino, através da lixiviação dos solos e encostas dos rios, que foram exportados para as praias.

Os sedimentos lamosos se concentraram na superfície, sendo clara a influencia estuarina que tem como principais exportadores, os manguezais que bordejam a ilha de Algodal.

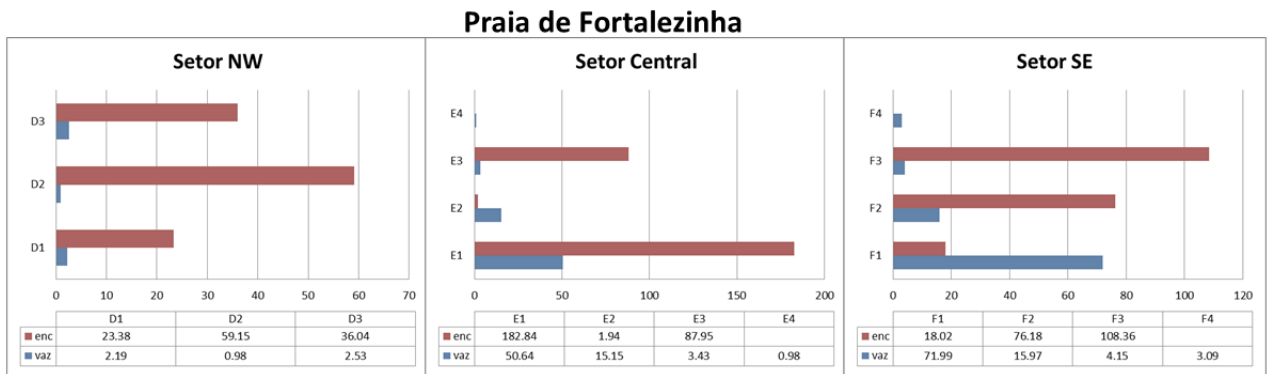
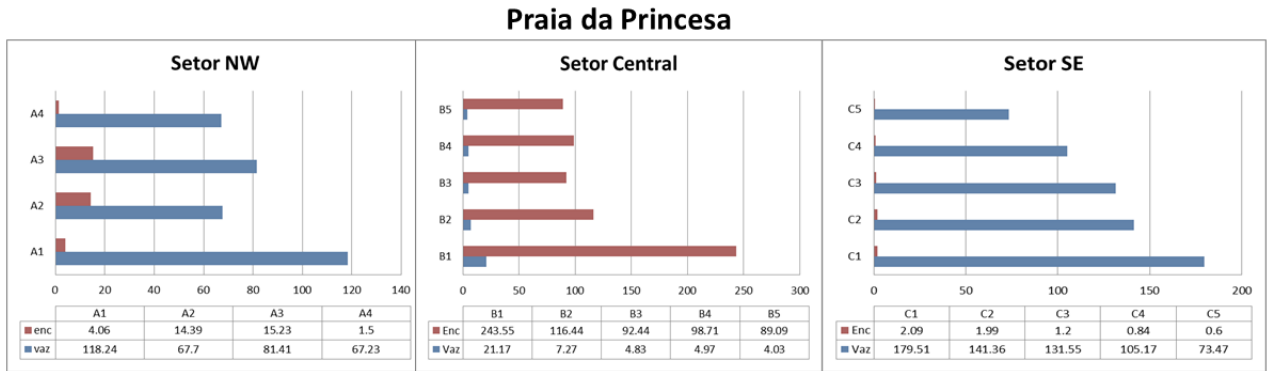


Figura 38: Carga sedimentar (em gramas) por seção, referente ao período seco. Barras azul (vazante) e vermelha (enchente).

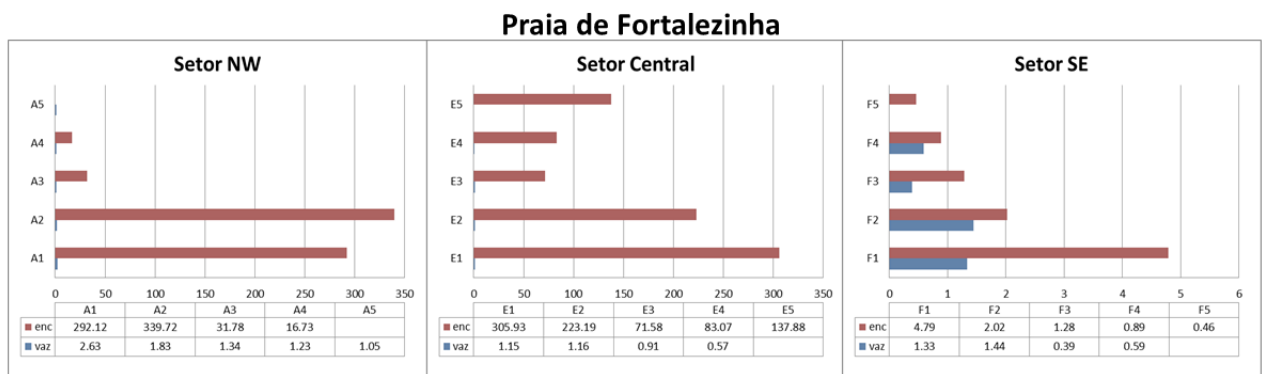
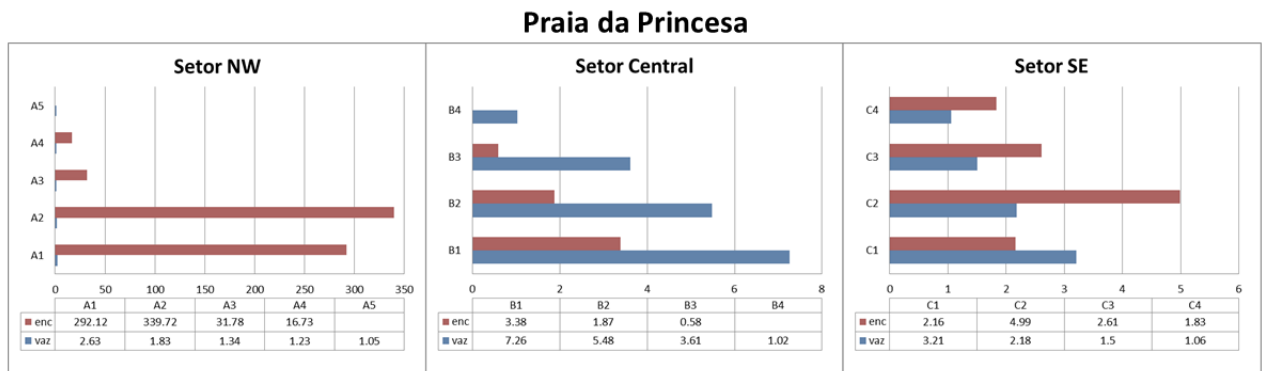


Figura 39: Carga sedimentar (em gramas) por seção, referente ao período chuvoso. Barra azul (vazante) e vermelha (enchente).

Ao analisar o fluxo sedimentar que passa pelas armadilhas portáteis (Tabela 8), segundo modelo proposto por Wang *et al.* (2008), os resultados foram semelhantes aos da carga sedimentar retida nas armadilhas (Tabela 7).

Tabela 8: Fluxo sedimentar total (g/h/m^3), nas praias da Princesa e Fortalezinha.

	Fluxo	P.SECO		P.CHUVOSO	
		Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
Princesa	Setor NW	334,9	35,2	7,2	684,2
	Setor Central	42,7	624,2	17,6	6,84
	Setor SE	631,6	6,9	8,1	11,7
Fortalezinha	Setor NW	7,05	136,7	18,6	452,6
	Setor Central	71,3	324,7	3,9	685,4
	Setor SE	96,7	268,3	3,9	47,1

Na praia da Princesa, o fluxo de sedimento foi maior no período seco, durante a maré vazante, onde a direção do fluxo partiu do setor NW ($334,9 \text{ g/h/m}^3$) para o SE ($631,6 \text{ g/h/m}^3$). O setor central teve o maior fluxo ($624,2 \text{ g/h/m}^3$) durante a maré enchente, que ocorre pela influencia de uma barra arenosa presente neste setor (Figura 40), que possivelmente é erodida durante a enchente, transferindo maior quantidade de sedimentos para a área. No período chuvoso o fluxo sedimentar foi mais intenso na maré enchente, com transporte aumentando do setor SE ($11,7 \text{ g/h/m}^3$) para o NW ($684,2 \text{ g/h/m}^3$) (Figura 41).

Na praia de Fortalezinha, o fluxo foi maior no período chuvoso, com maior transporte sedimentar na maré enchente (Tabela 9), seguindo do setor SE para o NW (Figura 41) com maior fluxo no setor central ($685,4 \text{ g/h/m}^3$), seguido do setor NW ($452,6 \text{ g/h/m}^3$). No período seco, o transporte seguiu o mesmo padrão SE-NW, com fluxo sedimentar para NW, com $268,3 \text{ g/h/m}$ no setor SE, $324,7 \text{ g/h/m}$ no central e $136,7 \text{ g/h/m}$ no NW (Figura 40).

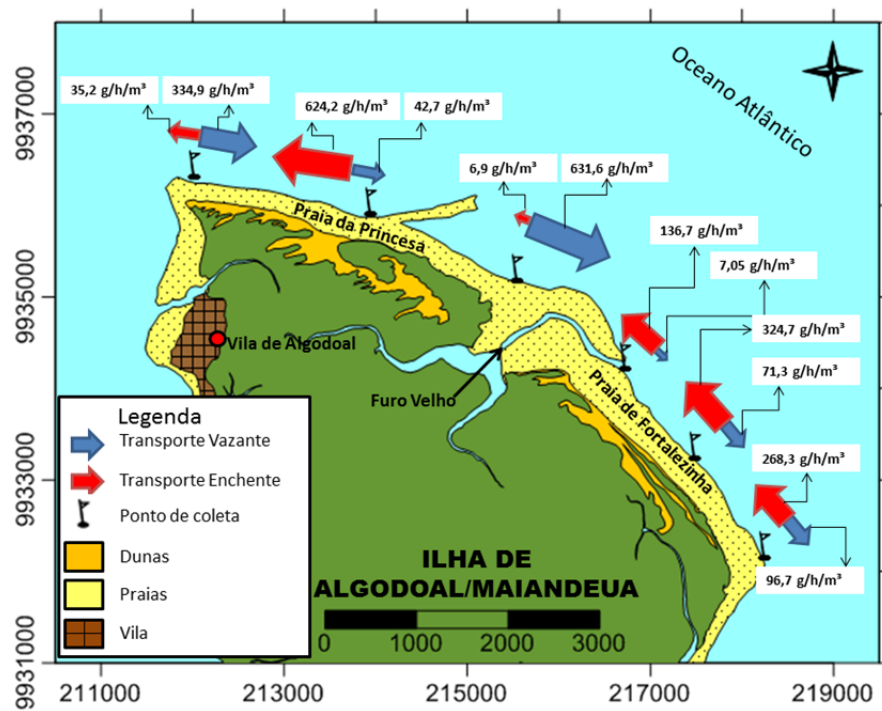


Figura 40: Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal nas praias da Princesa e Fortalezinha no período seco (outubro/12).

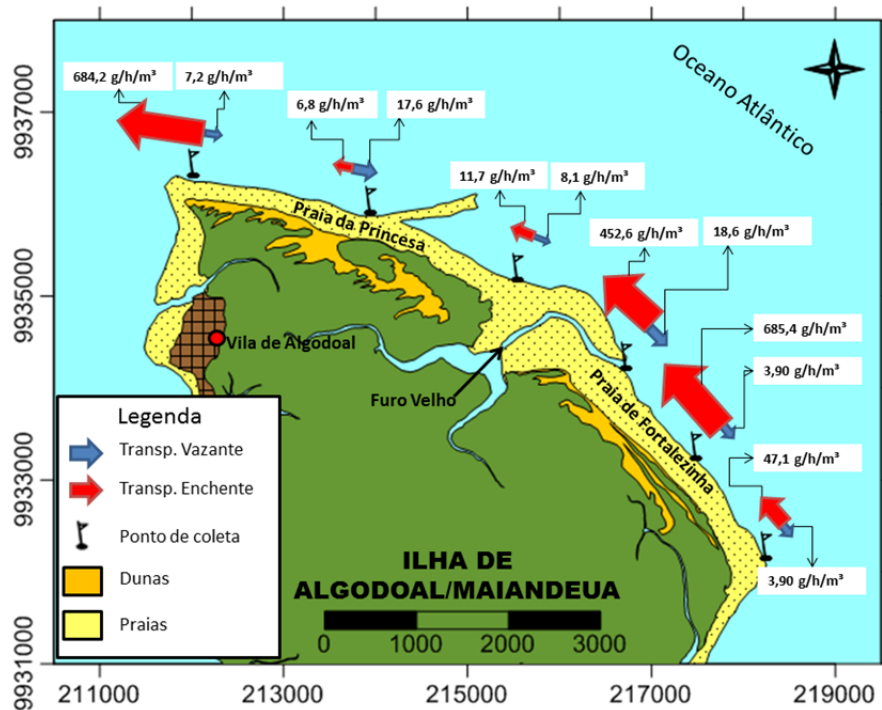


Figura 41: Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal nas praias da Princesa e Fortalezinha no período chuvoso (março/13).

6. CONCLUSÕES

6.1. MORFODINÂMICA E PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

A mudança sazonal da dinâmica costeira influencia diretamente na configuração da morfologia praial, que leva a uma gama de variações morfológicas nas praias que depende principalmente da pluviosidade regional (sazonalidade amazônica) e do regime de macromarés.

As praias são de baixa declividade ($< 2^\circ$) nos dois períodos, a praia da Princesa possuiu maior declividade no período chuvoso e Fortalezinha no seco. No período seco um sistema calha-barra na zona de intermaré média se formou em toda a praia da Princesa, e foi ausente durante o período chuvoso. O sistema calha-barra foi evidente apenas no setor central da praia de Fortalezinha no período seco, e no setor SE no período chuvoso, com formação de um berma praial e dois canais, tanto na zona de intermaré superior como na zona de inframaré.

As praias da Princesa e Fortalezinha estão submetidas a um regime de macromaré semi-diurna. Os ventos atuam na direção preferencial de E no período seco e NE no chuvoso. As ondas dominantes são do tipo deslizante de baixo período e provenientes de NE, com maior altura na estação chuvosa. O sentido preferencial da corrente longitudinal foi NW, com variações durante o ciclo de maré, SE-NW na enchente e NW-SE na vazante, tendo maior intensidade durante a enchente da maré, sendo maior durante o período chuvoso.

As praias são compostas predominantemente por *areia fina e bem selecionadas*, havendo um aumento gradativo da granulometria do pós-praia até a zona de inframaré. Os sedimentos com maior granulometria foram encontrados nos canais (*runnels*) principalmente durante o período seco, dado à maior energia presente nestes canais, que acabam por transportar os sedimentos mais “finos”. Houve aumento de grãos finos no período chuvoso, principalmente no estirâncio (zona de intermarés), que pode estar ligado com o aporte de partículas finas trazidos pelas drenagens, sendo depositadas no estofô de enchente (diminuição da energia).

O balanço sedimentar foi diferente comparando as duas praias, sendo negativo na praia da princesa e positivo na praia de Fortalezinha. Este comportamento diferenciado pode estar ligado a diferentes ambientes de energia em que as praias estão submetidas. A praia da Princesa é mais exposta à energia das ondas e à corrente longitudinal NW, que contribui para que esta praia seja mais susceptível à erosão. Já a praia de Fortalezinha é mais abrigada, onde

as ondas sofrem refração antes de chegar à praia e a corrente costeira de NW é interceptada pelas águas do estuário do rio Maracanã, resultando na redução de energia da corrente e favorecendo a deposição dos sedimentos.

Segundo o parâmetro Ω , as praias têm comportamentos morfodinâmicos *intermediários* dominadas por ondas no período seco e *dissipativas* dominadas por ondas e marés no chuvoso. Entretanto, este método não pode ser aplicado em sua totalidade para as praias em questão, tendo em vista que a localidade possui grande variação em amplitude de maré (máxima de 5,2 m durante a sizígia) e este modelo leva em consideração apenas a energia de ondas para caracterizar o estado morfodinâmico em que a praia está submetida.

Quando ao parâmetro relativo de maré (RTR), as praias se encontram submetidas a processos oriundos da interação entre ondas e marés tanto no período seco como no chuvoso.

Ao utilizar o modelo conceitual de praias proposto por Masselink & Short (1993), onde o estado morfodinâmico praias é função do parâmetro Ω e o RTR, a praia da Princesa foi classificada como *ultradissipativa* com canais longitudinais nos períodos seco, já no chuvoso, esta praia foi classificada como *dissipativa* sem barras no setor NW e com barras no setor SE. A praia de Fortalezinha passou de praia *intermediária* com sistema de calha-barras de baixa-mar para praia *dissipativa* sem barras durante este período.

Recomenda-se para atribuição dos estados morfodinâmicos em praias de macromaré, a utilização do parâmetro RTR concomitante ao parâmetro Ω , pois apenas o último não é capaz de descrever com integridade as condições morfodinâmicas na qual estas praias estão submetidas. Além disto, a interpretação dos parâmetros morfométricos é de grande auxílio para classificação de ambientes de macromaré, assim como as observações em campo, para melhor elucidar os processos envolvidos na morfodinâmica das praias.

6.2. QUANTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR COSTEIRO

O transporte longitudinal nas praias da Princesa e Fortalezinha (ilha Algodal/Maiandeuá) é bidirecional e indica uma resultante para NW. Durante o período seco a direção da corrente longitudinal e deriva litorânea é influenciada pela direção e intensidade dos ventos alísios de NE e durante o chuvoso, principalmente pelas correntes de maré.

O transporte eólico é fortemente influenciado pelo regime de ventos e principalmente pelo regime pluviométrico. No período seco o transporte eólico é mais intenso, devido às fortes velocidades dos ventos associados à ausência de chuvas, que deixa os sedimentos da zona de espraiamento menos coesos e assim, mais fáceis de serem conduzidos pelos ventos.

As praias apesar de se localizarem uma ao lado da outra apresentaram padrões de sedimentação e transporte distintos. Essa diferença entre estes fatores se dá em função da presença do canal de maré que as separa, que hora serve como barreira hidrodinâmica entre as praias, outra como fonte de sedimentos.

A carga sedimentar transportada pela deriva litorânea é maior na praia da Princesa durante o período seco, onde no setor central o transporte é diferenciado dos demais, devido a uma barra arenosa (Figura 12), que freia a movimentação dos sedimentos durante a vazante, e na enchente serve de fonte sedimentar para o setor NW da praia.

Os sedimentos envolvidos estão ligados principalmente à erosão da linha de costa, no período seco, onde a ação das ondas e dos ventos é maior e a erosão acontece na face praial e na zona de intermaré. Entretanto, parte deste sedimento é incorporada à deriva litorânea e outra parte é transportada para as dunas frontais e áreas adjacentes.

Durante o período chuvoso o aumento da intensidade da hidrodinâmica (ondas e correntes mais intensas) e do nível da água na zona de surfe, provoca erosão, mais próximo à zona de pós-praia, onde ocorrem as dunas frontais e bermas praiais, sendo estes, estoques potenciais de sedimentos. A erosão dessas unidades incorpora grande quantidade de sedimentos nos processos de transporte costeiro.

Os estuários dos rios Marapanim e Maracanã e o Furo velho influenciam na circulação costeira e no transporte de sedimentos nestas praias, sobretudo no decorrer da maré vazante, servindo como exportadores de sedimentos estuarinos para os entornos da ilha de Algodal-Maiandeuá. Esta dinâmica do movimento dos sedimentos é influenciada pela maré, o que ocasiona a bidirecionalidade no transporte costeiro na ilha.

A utilização da quantificação do transporte costeiro, com base no método das armadilhas na zona de surfe é satisfatória para praias de macromarés, mesmo em condições

extremas de marés equinociais. Este método é de suma importância na quantificação do transporte longitudinal costeiro, já que os dados sobre os sedimentos retidos nas armadilhas são condizentes com a energia da corrente longitudinal observada em campo.

Quanto à quantificação do transporte transversal pelo método das armadilhas eólicas, sugere-se que a coleta seja estendida à um tempo maior que um ciclo de maré, pois assim como Ranieri (2012), a quantidade de sedimentos retidos foi baixa, dificultando a análise textural destes sedimentos e a associação entre os processos de transporte costeiro.

Ainda, a mudança na direção do vento durante um ciclo de maré, dificulta a captura de sedimentos, já que ao fixar o equipamento em uma direção inicial, após a mudança de direção do vento, o equipamento perde sua competência em capturar os sedimentos transportados pelo vento.

REFERÊNCIAS

- Abreu de Castilhos J. 1995. **Estudo evolutivo e sedimentológico da planície costeira da praia da Armação – ilha de Santa Catarina, SC.** MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 138p.
- Albino, J. 1999. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação-ES.** PhD Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 182p.
- Albuquerque, M.G., 2008. **Morfodinâmica da praia do Futuro, Fortaleza-CE.** 147p. MS Dissertation - Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica.
- Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Olabarrieta, M., Medina, R., Vizoso, G., Tintoré, J. 2010. A Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. **Journal of Coastal Research** **263**: 503–509.
- Alves, M.A.M.S. 2001. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua - NE do Pará.** 104p. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências.
- Alves, M.A.M.S., El-Robrini, M. 2004. Morphodynamics of a Macrotidal Beach: Ajuruteua, Bragança North Brazil. **Journal of Coastal Research** n 39, 949–951.
- Anfuso, G., Pozo, J.A.M. del, Gracia, F.J., López-Aguayo, F. 2003. Long-shore distribution of morphodynamic beach states along an apparently homogeneous coast in SW Spain. **Journal of Coastal Conservation.** v 9, 49–56.
- Bagnold, R.A., 1940. Beach formation by waves: some model experiments in a wave tank. **Journal of the ICE.** v 15, 27–52.
- Bagnold, R.A. 1956. The Flow of Cohesionless Grains in Fluids. **Philosophical Transactions A.** v 249, 235–297.
- Barbosa, V.M., Gregório, A.M. da S., Busman, D.V., Costa, R.A.A.M. da, Filho, P.W.M.S. e, Pereira, L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA-Brasil). **Boletim Paranaense de Geociências.** n 60-61, 31–43.
- Bascom, W.N., 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. **Transactions, American Geophysical Union** v 32, 866-874.
- Bastos, M.N.C., 1996. **Caracterização das formações vegetais da Restinga da Princesa, Ilha de Algodão, Pará.** PhD Thesis. Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 251p.
- Bird, E.C.F., 2000. **Coastal geomorphology: an introduction.** Local, John Wiley, 322p.
- Bird, E.C.F., 1996. Lateral Grading of Beach Sediments: A Commentary. **Journal of Coastal Research** n 12, 774–785.

- Birkemeier, W.A. 1981. Fast Accurate Two-person Beach Surveys. U.S. Army, Corps of Engineers, **Coastal Engineering Research Center**, Vicksburg, Mississippi. 22p.
- Braga, F.P.S. 2007. **Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo**. 116f. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Belém. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências.
- Bryant, E. 1982. Behavior of grain size characteristics on reflective and dissipative foreshores, Broken Bay, Australia. **Journal of Sedimentary Research**, v. 52, n. 2, p.431- 450.
- Busman, D.V. 2004. **Valoração de danos de erosão na praia do Farol Velho (Salinópolis), NE do Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 55f.
- Calliari, L.J., Klein, A.H. da F. 1993. Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas** n.20 v.1, 48–56p.
- Calliari, L.J., Muehe, D., Hoefel, F.G., Toldo Jr, E. 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**. n. 51, 63–78.
- Carter, R.W.G. 1988. Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. **London: Academic Press**, 617p.
- Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D. 1997. Coastal evolution: late quaternary shoreline morphodynamics. **Cambridge University Press**. 540p.
- Carvalho, C.A. 2007. **Estudo morfoestratigráfico e sedimentológico dos depósitos holocênicos da planície costeira de Maracanã - NE do Pará**. 129f. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém.
- Castilho, J.A. d. 1995. **Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da planície costeira e praia da Armação - Ilha de Santa Catarina, SC**. 138p. MS Dissertation Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis.
- Cordovil, P.E.P. 2010. **Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macromaré: Ajuruteua, Pará**. MS Dissertation - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 42p.
- Costa, F.F. 2004. **Avaliação geoquímica ambiental de área selecionada da bacia hidrográfica do rio Maracanã (nordeste do Pará)**. 145f. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém.
- Costa, J.B.S., Borges, M.S., Igreja, H.L.S., Pinheiro, R. 1991. Aspectos da tectônica cenozóica na região do Salgado, litoral Nordeste do estado do Pará. In: 3º Simpósio de Geologia da Amazônia, **Anais**, Belém, p. 156-165.

- Davis Jr, R.A. 1978. Coastal Sedimentary Environments, Springer-Verlag. New York. **Springer-Verlag**, 420p.
- Davis Jr., R.A., Hayes, M.O. 1984. What is a wave-dominated coast? **Marine Geology**, v. 60, 313–329.
- De Vriend, H. J. 1997. Evolution of marine morphodynamic modeling: time for 3-D? **German Journal of Hydrography**, 49: 2, 331-341.
- Dean, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: Conference on engineering dynamics in the surf zone, Sydney. **Institute of Engineers** p. 208-214.
- Diretoria de Hidrografia Nacional (DHN). **Centro de Hidrografia Marinha – Serviço meteorológico marinho**. 2012b. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/modnum/hrm/metarea_v/00hmg/hrm_meteo_im.htm>. Acesso em: 17 set. 2012.
- Diretoria de Hidrografia Nacional (DHN). **Tábuas de maré para o fundeadouro de Salinópolis (Estado do Pará)**. 2012a. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas>>. Acesso em: 21 ago. 2012.
- Diretoria de Hidrografia Nacional (DHN). **Tábuas de maré para o fundeadouro de Salinópolis (Estado do Pará)**. 2013. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas>>. Acesso em: 06 fev 2013.
- El-Robrini, M. 1992. Deposição e assoreamento das rias do nordeste do estado do Pará – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. 1992, São Paulo. **Anais do congresso brasileiro de Geologia**. São Paulo: Sessões Técnicas, v. 2, p.79-80.
- El-Robrini, M. et al. 1992. Estudo sedimentológico das areias litorâneas do NE do Pará e NW do Maranhão. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO. **Livro de resumos**. São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 79-80.
- El-Robrini, M.H.S. 2001. **Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas da Ilha do Mosqueiro**. 85f. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém.
- Fernandes, A. 1998. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 340p.
- Folk, R.L. E Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27: 3-27.
- Fontoura, J.A.S. 2004. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da Barra do Rio Grande, RS, Brasil (aplicação às praias do Cassino, Mar Grosso e adjacências dos Molhes Leste e Oeste da embocadura do estuário da Lagoa dos Patos)**. PhD Thesis - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 273p.

- França, C.F. 2003. **Análise morfológica da porção oriental dos municípios de Soure e Salvaterra, Ilha do Marajó-PA**. PhD Thesis - Universidade Federal do Pará. Belém: Centro de Geociências. 144p.
- Franzinelli, E. 1992. Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Pará, Brazil. In: Prost, M.T. (ed) **Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraibe Méridionale pendant le Quaternaire**. Orstom, Paris, 203-230.
- Galvin, C.J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research**, v. 73, 3651–3659.
- Gao, S., Collins, M. 1991. A critique of the “McLaren Method” for defining sediment transport paths. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 61, 143-146.
- Gao, S., Collins, M. 1992. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”. **Sedimentary Geology**, v. 81, 47–60.
- Geyer, R., Beardsley, R., Candela, J., Castro, B., Legekis, R., Lentz, S., Limeburner, R., Miranda, L., Trowbridge, J. 1991. The Physical Oceanography of the Amazon Outflow. **Oceanography**, v. 4, 8–14.
- Geyer, R., Beardsley, R.C., Lentz, S.J., Candela, J., Limeburner, R., Johns, W.E., Castro, B.M., Dias Soares, I. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, v. 16, 575–616.
- Goes, A.M., Trunckenrodt, W. 1980. Caracterização faciológica e Interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na região Bragantina, Nordeste do Estado do Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, v. 2, 766-771.
- Gregório, A.M.S., Mendes, A.C., Busman, D.V. 2005. Morfodinâmica da praia do Atalaia - Salinópolis/Para. In: Congresso da Associação Brasileira de estudos do Quaternário. Guarapari. **Anais do X Congresso da Associação brasileira de Estudos do Quaternário**, CD. 2005.
- Guerreiro, J.S. 2010. **Análise dinâmica morfo-sedimentar da praia da Marieta - Ilha do Marco-Maracanã (NE do Pará)**. 102p. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Belém. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências.
- Guimarães, L.S. 2005. **Morfodinâmica e migração das dunas eólicas na Reserva Ecológica do Taim, litoral sul do RS**. 119p. MS Dissertation - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Rio Grande do Sul.
- Guza, R.T., Inman, D.L. 1975. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research**, v. 80, 2997–3012.
- Helley E.J. & Smith W. 1971. Development and Calibration of a Pressure-Difference Bed Load Sampler. **U.S. Geological Survey Open File Report**, Washington, USA.

- Hoefel, F.G. 1998. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica. **Editora da UNIVALI, Itajaí**, 92 p.
- Horikawa, K. 1988. Nearshore dynamics and coastal processes: theory, measurement, and predictive models. **University of Tokyo Press.**, 522p.
- Horn, D.P., Mason, T. 1994. Swash zone sediment transport modes. **Marine Geology**, n. 120, 309–325.
- Jackson, D.W.T., Cooper, J.A.G., Del Rio, L. 2005. Geological control of beach morphodynamic state. **Marine Geology**, n. 216, 297–314.
- King, C.A.M., 1959. **Beaches and coasts**, 1 ed. Edward Arnold, London, UK. 403p.
- Kjerfve, B., Perillo, G.M.E., Gardner, L.R., Rine, J.M., Dias, G.T.M., Mochel, F.R., 2002. Chapter Twenty Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America, in: Terry Healy, Y.W. and J.-A.H. (Ed.), **Proceedings in Marine Science, Muddy Coasts of the World Processes, Deposits and Function**. Elsevier, p. 479–532.
- Klein, A.H. da F., Menezes, J.T. de. 2001. Beach Morphodynamics and Profile Sequence for a Headland Bay Coast. **Journal of Coastal Research**, v. 17, 812–835.
- Komar, P.D. 1976. Beach Processes and Sedimentation, 1 ed.. Prentice-Hall, New Jersey. **Prentice-Hall**, 429p.
- Komar, P.D. 1978. Relative Quantities of Suspension Versus Bed-Load Transport on Beaches. **Journal of Sedimentary Research**, v. 48 n. 3, p. 921-932.
- Komar, P.D. 1977. Selective Longshore Transport Rates of Different Grain-size Fractions within a Beach. **Journal of Sedimentary Petrology** , v. 47, 1444–1453.
- Kraus N.C. 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. **Journal of Coastal Research**, v. 3 n. 2, p. 139-152.
- Kraus N.C. & Dean J.L. 1987. Longshore sediment transport rate distributions measured by trap. In: American Society of Civil Engineers, **Coastal Sediments**, v. 87, p. 881.
- Le Roux, J.P. 1994a. An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. **Sedimentary Geology**, v. 94, 97–107.
- Le Roux, J.P. 1994b. A Spread sheet Template for Determining Sediment Transport Vectors from Grain-size Parameters. **Computers and Geoscience**, v. 20, n. 3, p. 433–440.
- Mácola, G., El-Robrini, M. 2004. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - município de Curuçá (NE do Pará)**: aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos. Relatório final. Belém: DNPM/CPRM. 35p.
- Maia, L.P. 1998. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil)**: implicaciones para una gestión adecuada de la zona rural. 281f. PhD Thesis. Universidad de Barcelona, Facultat de Geologia, Barcelona.

- Martins, P.W., Filho, S., Tozzi, H.A. de M., El-Robrini, M. 2003. Geomorphology, Land-use and Environmental Hazards in Ajuruteua Macrotidal Sandy Beach, Northern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 580–589.
- Martorano, L.G., Perreira,, L.C., César, E.G.M., Pereira, I.C.B. 1993. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather)**. Sudam: Embrapa-SNLCS, Belém. 53p.
- Mascarenhas, A.L.S. 2004. **Análise Geoambiental da Ilha de Algodoal-Maiandeuá-PA**. 133f. MS Dissertation - Universidade Federal do Ceará, PPGeo-UFC, Fortaleza, 2006.
- Masselink, G. 1994. **Morphodynamics of macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia**. PhD Thesis, Coastal Studies Unit, University of Sydney, 272p.
- Masselink, G., Pattiaratchi, C.B. 2001. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. **Marine Geology**, v. 172, 243–263.
- Masselink, G., Short, A.D. 1993. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. **Journal of Coastal Research**, v. 9, 785–800.
- McLaren, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Research**, v. 51, p. 611–624.
- McLaren, P., Bowles, D. 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Research**, v. 55, 457–470.
- McLaren, P., Tuominen, T. 1998. Sediment transport patterns in the lower Fraser River and Fraser Delta. In: Gray, C. & Tuominen T. (Eds). in: **Environment Canada. Fraser River Action Plan**, Canada, v. 10, p. 81–92.
- Meireles, A.J. de, Silva, E.V. da. 2002. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes fluvio-marinhos. Scripta Nova: **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, v. 1, p. 105–132.
- Mendes, A.C., Silva, M.S., Faria Junior, L.E.C.A. 1997. Expansão urbana e seus efeitos danosos ao meio ambiente da ilha do Atalaia - Salinópolis/PA. In: Costa, M. L. & Angélica, R. S. (coord.) **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém, FINEP – SBG, p. 359-396.
- Monteiro, M.C., Pereira, L.C.C., Guimarães, D. de O., Costa, R.M. da, 2009. Ocupação Territorial e Variações Morfológicas em uma Praia de Macromaré do Litoral Amazônico, Ajuruteua-PA, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, 91–99.
- Muehe, D. 2001. **Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo**, in: Projeto Orla - Subsídios Para Um Projeto De Gestão. MMA e MPO, Brasília, p.11-30.

- Muehe, D. 1998. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, 157–169.
- Nascimento, L. 2006. **Caracterização Geoambiental da Linha de Costa da Costa do Cacau – Litoral Sul da Bahia**. 123p. MS Dissertation - UFBA - Curso de Pós-Graduação em Geologia – Instituto de Geociências, Salvador.
- Nimer, E. 1989. **Clima**. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Norte, Rio de Janeiro, 1 Ed. p. 61-71.
- Oliveira, U.R., 2009. **Relações entre a morfodinâmica e a utilização em trechos da costa oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. 140p. PhD Thesis - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 140p.
- Paes-Leme, R.B., Violante-Carvalho, N., Accetta, D., Meirelles, S., 2008. Modelagem física e computacional de ondas geradas pelo vento em um terminal portuário: o desempenho do modelo SWAN 40.51 em uma região com elevada reflexão e difração. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, 45–59.
- Patsch, K., Griggs, G.B., 2006. Littoral Cells, Sand Budgets, and Beaches: Understanding California's Shoreline. **Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz**. 39p.
- Pedreiros, R. & Howa, H. & Michel, D. 1996. Application of grain-size-trend analysis for the determination of sediment transport pathway in intertidal areas. **Marine Geology**, v. 135: 35-49.
- Pedruzzi, C. V. **Perfil Praial de Equilíbrio da Praia de Camburi. Vitória – ES**. 2005. 99f. Monografia de Graduação - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Departamento de Ecologia e Recursos Naturais Vitória – ES. 2005.
- Pereira, L.C.C., Silva, N.I.S. da, Costa, R.M. da, Asp, N.E., Costa, K.G. da, Vila-Concejo, A., 2012. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 43, 95–106.
- Plummer, C., McGearry, D. 1985. **Physical geology**. 3rd ed. Dubuque, Iowa: W.C. Brown, 1985.
- Ranieri, L.A. 2011. **Morfodinâmica e transporte de sedimentos na praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará)**. 137f. MS Dissertation - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Rosa, L.C. da, Borzone, C.A. 2008. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** v. 38, 237–245.

- Roso, R.H., 2002. **Avaliação da aplicabilidade de conceitos de morfodinâmica de praia no planejamento de desembarque de anfíbios**. MS Dissertation - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 179p.
- Rossetti, D., Truckenbrodt, W., Góes, A.M. 1989. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, Nordeste do Pará**. Disponível em: <<http://repositorio.museu-goeldi.br/jspui/handle/123456789/623>> Acesso em 3.20.14.
- Rossetti, D.F. 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. **Journal of South American Earth Sciences** v. 14, 77–89.
- Santos, V.F., 1996. **Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodão e Marudá**. 136p. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém.
- Sena, C., Sarmiento, A. P. 1996. Aplicação de sensoriamento remoto no mapeamento geobotânico do litoral do NE do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências da Terra, Belém, v. 8, p. 137-155.
- Short, A.D. 2003. Australia beach systems – the morphodynamics of wave through tide-dominated beach dune systems. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 7-20.
- Short, A.D. 1999. Beaches. In: Short, A.D. (ed.). Handbook of beach and shoreface morphodynamics. **Chichester, UK: John Wiley & Sons**, p. 1–19.
- Short, A.D., 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics: an overview. **Journal of Coastal Research**, v. 7, 417–436.
- Short, A.D. & Hesp, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, 259–284.
- Silva, C.A., 2009. **Morfologia e Análise da Sucessão Depositional do Vale Inciso quaternário de Marapanim, Norte do Brasil**. 157f. PhD Thesis, Universidade Federal do Pará, Belém. Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém.
- Silva, C.G., Patchineelam, S.M., Neto, J.A.B., Ponzi, V.R.A., 2004. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha costeira. In: Neto, J.A.B; Ponzi, V.R.A.; Sichel, S.E. **Introdução à geologia marinha**. Interciência, Rio de Janeiro, cap. 8 p. 175–218.
- Silva, E.V., 1993. **Dinâmica da paisagem: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil)**. 316f. PhD Thesis, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, SP. 1993.
- Silva Júnior, O.G., El-Robrini, M., 2001. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 49, 98–114.
- Smith, E. R.; EBERSOLE, B. A.; WANG, P. 2004. **Dependence of total longshore sediment transport rates on incident wave parameters and breaker type**. USACE,

- Vicksburg, USA. Coastal and Hydraulics Engineering. Technical Note, CHETN-IV-62, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Smith, E.R., Wang, P., Ebersole, B.A., Zhang, J., 2009. Dependence of Total Longshore Sediment Transport Rates on Incident Wave Parameters and Breaker Type. **Journal of Coastal Research**, v. 25, 675.
- Soares, L. de C., 1991. Hidrografia. In: IBGE (Rio de Janeiro, R.J.). **Geografia do Brasil: Região Norte**. Rio de Janeiro, v. 3, p. 307.
- Soares S.B. 2005. **Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da Praia de Camburí, Vitória-ES**. 113p. MS Dissertation - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Sonu, C.J., 1973. Three-dimensional beach changes. **The Journal of Geology**, v. 81, 42–64.
- Souza, C.R.G., Souza-Filho, P.W.M., Esteves, L.S., Vital, H., Dillenburg, S.R., Patchineelam, S.M., Addad, J.E., 2005. Praias arenosas e erosão costeira. In: C.R.G. Souza; K. Suguio, A.M.S. Oliveira, P.E. Oliveira (eds.), in: **Quaternario Do Brasil**. Holos, Ribeirão Preto, p.: 130-152.
- Souza Filho, P.W.M., 1995. **A Planície Costeira Bragantina (NE do Pará): Influência das Variações do Nível do Mar na Morfoestratigrafia Costeira Durante o Holoceno**. 123p. MS Dissertation - Universidade Federal do Pará, Belém.
- Souza-Filho, P.W.M., Paradella, W.R., 2002. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. **Wetlands Ecology and Management**, v. 10, 121–130.
- Souza-Filho, P.W.M., Paradella, W.R., 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, 341–356.
- Suguio, K., 2003. **Geologia Sedimentar**, 1ª edição. ed. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil. 400 p.
- Suguio, K., 1973. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, XIII, 317 p.
- Toldo, E.E., Dillenburg, S.R., Almeida, L.E.S.B., Tabajara, L.L., Martins, R., Cunha, L.O.B., 1993. Parâmetros morfométricos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas**, v. 20, n. 1, 27-32.
- Valente, M. A. et al. **Solos da Ilha de Algodão-Maiandeuá: Município de Maracanã Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 1999.
- Villwock, J.A., 1987. Processos costeiros e formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul-sudeste brasileira. In **Simpósio sobre ecossistemas da costa**

sul-sudeste brasileira: Síntese dos conhecimentos. Cananéia, Academia de ciências do estado de São Paulo, p. 380.

- Villwock, J.A., Lessa, G.C., Suguio, K., Angulo, R.J., Dillenburg, S.R. 2005. Geologia e Geomorfologia de regiões costeiras. In: C.R.G. Souza, K. Suguio, A.M.S. Oliveira (eds.), in: **Quaternário Do Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto, p.: 94-113.
- Wang P., Kraus N.C., Davis R.A. 1998. Total longshore sediment transport rate in the surf zone: Field measurements and empirical predictions. **Journal of Coastal Research**, v.14, n. 1, p.269-282.
- Wentworth, C.K. 1922. A Scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology** v. 30, 377–392.
- Wright, L.D., 1985. River Deltas, in: Jr, R.A.D. (Ed.), **Coastal Sedimentary Environments**. Springer New York, p 1–76.
- Wright, L., Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology** v. 56, 93–118.
- Wright, L.D., Thom, B.G., 1977. Coastal depositional landforms a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, v. 1, 412–459.
- Wright, L.D., Thom, B.G., Chappell, J., 1978. Morphodynamic variability of high-energy beaches. In: **Proceedings of the 16th International Conference on Coastal Engineering**, A.S.C.E., New York. 1180-1194.

ANEXOS

ANEXO A - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS

Período Seco (mês de Ourubro/2012)

(continua)

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
A1	2.751	Areia fina	2.751	0.2824	Muito bem selecionado	0.006619	Aproximadamente simétrica	1.398	Leptocúrtica
A2	2.738	Areia fina	2.746	0.3519	Bem selecionado	-0.02889	Aproximadamente simétrica	1.456	Leptocúrtica
A3	2.714	Areia fina	2.729	0.3146	Muito bem selecionado	-0.0606	Aproximadamente simétrica	1.379	Leptocúrtica
A4	2.603	Areia fina	2.653	0.4239	Bem selecionado	-0.122	Negativa	1.062	Mesocúrtica
A5	2.692	Areia fina	2.725	0.3846	Bem selecionado	-0.07888	Aproximadamente simétrica	1.336	Leptocúrtica
B1	2.914	Areia fina	2.824	0.4474	Bem selecionado	0.2797	Positiva	1.311	Leptocúrtica
B2	2.743	Areia fina	2.74	0.4224	Bem selecionado	0.1051	Positiva	1.566	Muito leptocúrtica
B3	2.789	Areia fina	2.76	0.4704	Bem selecionado	0.1316	Positiva	1.378	Leptocúrtica
B4	2.956	Areia fina	2.892	0.4835	Bem selecionado	0.1688	Positiva	1.033	Mesocúrtica
B5	2.777	Areia fina	2.676	0.5914	Moderadamente selecionado	0.2564	Positiva	1.376	Leptocúrtica
B6	2.625	Areia fina	2.679	0.4175	Bem selecionado	-0.1329	Negativa	1.128	Leptocúrtica
B7	1.854	Areia média	1.494	0.8546	Moderadamente selecionado	0.6463	Muito positiva	0.784	Platicúrtica
B8	2.632	Areia fina	2.733	0.5883	Moderadamente selecionado	-0.2565	Negativa	1.304	Leptocúrtica
C1	3.064	Areia muito fina	2.863	0.5495	Moderadamente selecionado	0.3999	Muito positiva	0.6893	Platicúrtica
C2	2.851	Areia fina	2.804	0.3399	Muito bem selecionado	0.1833	Positiva	1.351	Leptocúrtica
C5	3.112	Areia muito fina	3.19	0.4292	Bem selecionado	-0.2807	Negativa	1.552	Muito leptocúrtica
C6	2.73	Areia fina	2.729	0.5405	Moderadamente selecionado	0.02442	Aproximadamente simétrica	1.366	Leptocúrtica
C7	2.931	Areia fina	2.833	0.5057	Moderadamente selecionado	0.2058	Positiva	1.243	Leptocúrtica
C8	2.938	Areia fina	2.902	0.3571	Bem selecionado	0.07389	Aproximadamente simétrica	0.89	Platicúrtica
D1	2.858	Areia fina	2.808	0.3526	Bem selecionado	0.2019	Positiva	1.4	Leptocúrtica
D2	2.817	Areia fina	2.786	0.3337	Muito bem selecionado	0.1172	Positiva	1.417	Leptocúrtica
D3	2.374	Areia fina	2.563	NAN	Bem selecionado	NAN	Muito positiva	NAN	Leptocúrtica
D4	2.636	Areia fina	2.688	0.3698	Bem selecionado	-0.1398	Negativa	1.242	Leptocúrtica
D5	2.854	Areia fina	2.81	0.4715	Bem selecionado	-0.07891	Aproximadamente simétrica	1.754	Muito leptocúrtica
D6	2.914	Areia fina	2.866	0.3217	Muito bem selecionado	0.2173	Positiva	0.8364	Platicúrtica
D7	2.767	Areia fina	2.763	0.4209	Bem selecionado	-0.06919	Aproximadamente simétrica	1.524	Muito leptocúrtica
D8	2.93	Areia fina	2.882	0.3271	Muito bem selecionado	0.2166	Positiva	0.8057	Platicúrtica
E1	2.815	Areia fina	2.783	0.3384	Muito bem selecionado	0.08555	Aproximadamente simétrica	1.318	Leptocúrtica
E2	2.82	Areia fina	2.794	0.2977	Muito bem selecionado	0.1312	Positiva	1.251	Leptocúrtica
E3	2.566	Areia fina	2.624	0.45	Bem selecionado	-0.1617	Negativa	1.076	Mesocúrtica
E4	2.876	Areia fina	2.84	0.3978	Bem selecionado	0.007709	Aproximadamente simétrica	1.085	Mesocúrtica
E5	2.661	Areia fina	2.711	0.5002	Moderadamente selecionado	-0.1732	Negativa	1.356	Leptocúrtica
E6	2.993	Areia fina	3.035	0.4866	Bem selecionado	-0.2946	Negativa	1.229	Leptocúrtica
E7	2.915	Areia fina	2.871	0.4131	Bem selecionado	0.05783	Aproximadamente simétrica	1.047	Mesocúrtica
F1	2.781	Areia fina	2.766	0.3164	Muito bem selecionado	0.04929	Aproximadamente simétrica	1.341	Leptocúrtica
F2	2.841	Areia fina	2.803	0.3318	Muito bem selecionado	0.1141	Positiva	1.302	Leptocúrtica
F3	2.844	Areia fina	2.806	0.3567	Bem selecionado	0.06402	Aproximadamente simétrica	1.258	Leptocúrtica

(Conclusão)

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
F4	2.906	Areia fina	2.862	0.3692	Bem selecionado	0.07414	Aproximadamente simétrica	1.024	Mesocúrtica
F5	2.973	Areia fina	2.964	0.349	Muito bem selecionado	-0.00419	Aproximadamente simétrica	0.8081	Platicúrtica
F6	2.897	Areia fina	2.858	0.4513	Bem selecionado	-0.0546	Aproximadamente simétrica	1.257	Leptocúrtica
F7	2.898	Areia fina	2.931	0.4949	Bem selecionado	-0.2339	Negativa	1.099	Mesocúrtica
G1	2.846	Areia fina	2.808	0.3251	Muito bem selecionado	0.1345	Positiva	1.246	Leptocúrtica
G2	2.975	Areia fina	2.956	0.3323	Muito bem selecionado	0.08106	Aproximadamente simétrica	0.7431	Platicúrtica
G3	2.955	Areia fina	2.938	0.341	Muito bem selecionado	0.02708	Aproximadamente simétrica	0.8099	Platicúrtica
G4	2.832	Areia fina	2.796	0.3584	Bem selecionado	0.05947	Aproximadamente simétrica	1.304	Leptocúrtica
G5	2.865	Areia fina	2.823	0.3866	Bem selecionado	0.04317	Aproximadamente simétrica	1.16	Leptocúrtica
G6	2.871	Areia fina	2.826	0.3338	Muito bem selecionado	0.1451	Positiva	1.134	Leptocúrtica
G7	2.941	Areia fina	2.909	0.3825	Bem selecionado	0.02162	Aproximadamente simétrica	0.9348	Mesocúrtica
H1	2.91	Areia fina	2.863	0.3023	Muito bem selecionado	0.2371	Positiva	0.8584	Platicúrtica
H2	2.866	Areia fina	2.826	0.2858	Muito bem selecionado	0.2504	Positiva	1.045	Mesocúrtica
H3	2.795	Areia fina	2.783	0.2878	Muito bem selecionado	0.08609	Aproximadamente simétrica	1.329	Leptocúrtica
H4	2.887	Areia fina	2.854	0.3894	Bem selecionado	0.006413	Aproximadamente simétrica	1.032	Mesocúrtica
H5	2.891	Areia fina	2.835	0.3281	Muito bem selecionado	0.2608	Positiva	1.028	Mesocúrtica

Período Chuvoso (mês de Março/2013)

(Continua)

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
A1	2.601	Areia fina	2.663	0.4111	Bem selecionado	-0.1889	Negativa	1.172	Leptocúrtica
A2	2.669	Areia fina	2.704	0.4054	Bem selecionado	0.03714	Aproximadamente simétrica	1.859	Muito leptocúrtica
A3	2.895	Areia fina	2.849	0.3285	Muito bem selecionado	0.1636	Positiva	0.9557	Mesocúrtica
A4	2.905	Areia fina	2.848	0.3268	Muito bem selecionado	0.2793	Positiva	0.918	Mesocúrtica
A5	2.778	Areia fina	2.765	0.3797	Bem selecionado	-0.01487	Aproximadamente simétrica	1.375	Leptocúrtica
B1	2.68	Areia fina	2.713	0.3369	Muito bem selecionado	-0.1122	Negativa	1.371	Leptocúrtica
B2	2.732	Areia fina	2.736	0.3079	Muito bem selecionado	-0.0296	Aproximadamente simétrica	1.427	Leptocúrtica
B3	2.864	Areia fina	2.822	0.3452	Muito bem selecionado	0.1009	Positiva	1.174	Leptocúrtica
B4	2.851	Areia fina	2.808	0.3291	Muito bem selecionado	0.1664	Positiva	1.319	Leptocúrtica
B5	2.892	Areia fina	2.833	0.4917	Bem selecionado	0.09744	Aproximadamente simétrica	1.27	Leptocúrtica
C1	2.901	Areia fina	2.853	0.3076	Muito bem selecionado	0.2434	Positiva	0.8797	Platicúrtica
C2	2.928	Areia fina	2.883	0.3105	Muito bem selecionado	0.2121	Positiva	0.8082	Platicúrtica
C3	2.905	Areia fina	2.858	0.3005	Muito bem selecionado	0.2438	Positiva	0.8767	Platicúrtica
C4	2.778	Areia fina	2.783	0.4604	Bem selecionado	-0.121	Negativa	1.391	Leptocúrtica
C5	3.044	Areia muito fina	3.033	0.3877	Bem selecionado	0.1233	Positiva	0.8861	Platicúrtica
D1	2.792	Areia fina	2.774	0.3182	Muito bem selecionado	0.07645	Aproximadamente simétrica	1.404	Leptocúrtica
D2	2.849	Areia fina	2.809	0.3723	Bem selecionado	0.04979	Aproximadamente simétrica	1.236	Leptocúrtica
D3	2.965	Areia fina	2.943	0.3228	Muito bem selecionado	0.09743	Aproximadamente simétrica	0.7469	Platicúrtica
D4	2.964	Areia fina	2.914	0.3748	Bem selecionado	0.2546	Positiva	0.89	Platicúrtica
D5	2.947	Areia fina	2.923	0.3434	Muito bem selecionado	0.04546	Aproximadamente simétrica	0.8346	Platicúrtica
D6	2.988	Areia fina	2.986	0.383	Bem selecionado	-0.09065	Aproximadamente simétrica	0.9109	Mesocúrtica
D7	2.96	Areia fina	2.954	0.407	Bem selecionado	-0.1171	Negativa	1.028	Mesocúrtica
E1	2.882	Areia fina	2.838	0.3256	Muito bem selecionado	0.1602	Positiva	1.011	Mesocúrtica
E2	2.995	Areia fina	2.802	0.5316	Moderadamente selecionado	0.4103	Muito positiva	1.783	Muito leptocúrtica
E3	2.812	Areia fina	2.791	0.2892	Muito bem selecionado	0.1232	Positiva	1.27	Leptocúrtica
E4	2.863	Areia fina	2.822	0.3471	Muito bem selecionado	0.09109	Aproximadamente simétrica	1.155	Leptocúrtica
E5	2.861	Areia fina	2.819	0.3577	Bem selecionado	0.0735	Aproximadamente simétrica	1.242	Leptocúrtica
E6	2.947	Areia fina	2.914	0.3276	Muito bem selecionado	0.1437	Positiva	0.7616	Platicúrtica
F1	2.859	Areia fina	2.813	0.3037	Muito bem selecionado	0.281	Positiva	1.168	Leptocúrtica
F2	2.89	Areia fina	2.845	0.3131	Muito bem selecionado	0.2054	Positiva	0.9208	Mesocúrtica
F3	2.848	Areia fina	2.809	0.3316	Muito bem selecionado	0.1117	Positiva	1.28	Leptocúrtica
F4	2.774	Areia fina	2.774	0.4476	Bem selecionado	-0.09573	Aproximadamente simétrica	1.459	Leptocúrtica
F5	3.085	Areia muito fina	3.129	0.4693	Bem selecionado	0.07719	Aproximadamente simétrica	1.402	Leptocúrtica
F6	2.796	Areia fina	2.79	0.4572	Bem selecionado	-0.1016	Negativa	1.405	Leptocúrtica
G1	2.881	Areia fina	2.829	0.3065	Muito bem selecionado	0.2883	Positiva	1.059	Mesocúrtica
G2	2.96	Areia fina	2.923	0.3338	Muito bem selecionado	0.1571	Positiva	0.7603	Platicúrtica
G3	2.856	Areia fina	2.813	0.335	Muito bem selecionado	0.1352	Positiva	1.284	Leptocúrtica
G4	3.069	Areia muito fina	2.882	0.5443	Moderadamente selecionado	0.3676	Muito positiva	0.7143	Platicúrtica
G5	2.372	Areia fina	2.327	0.3344	Muito bem selecionado	0.1468	Positiva	1.13	Leptocúrtica

(Conclusão)

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
H1	2.93	Areia fina	2.884	0.3127	Muito bem selecionado	0.2156	Positiva	0.8076	Platicúrtica
H2	2.947	Areia fina	2.897	0.3159	Muito bem selecionado	0.2262	Positiva	0.7985	Platicúrtica
H3	2.917	Areia fina	2.872	0.3151	Muito bem selecionado	0.2159	Positiva	0.8208	Platicúrtica
H4	2.849	Areia fina	2.81	0.3423	Muito bem selecionado	0.09296	Aproximadamente simétrica	1.251	Leptocúrtica
H5	2.771	Areia fina	2.809	0.533	Moderadamente selecionado	-0.1978	Negativa	1.233	Leptocúrtica
H6	2.909	Areia fina	2.872	0.3814	Bem selecionado	0.01472	Aproximadamente simétrica	1.054	Mesocúrtica

ANEXO B - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Período seco (Outubro/2012)

Amostra	Longitude	Latitude	Amostra	Longitude	Latitude
A1	212042.17	9936046.53	E1	216326.20	9934028.50
A2	212044.33	9936070.69	E2	216344.36	9934043.66
A3	212046.83	9936109.15	E3	216370.89	9934066.96
A4	212049.63	9936151.45	E4	216445.57	9934125.30
A5	212051.02	9936190.50	E5	216424.63	9934109.22
B1	212978.396	9935906.305	E6	216462.96	9934138.39
B2	212981.498	9935912.254	E7	216401.23	9934090.41
B3	212990.982	9935925.59	F1	216978.96	9933385.48
B4	213004.197	9935945.169	F2	216993.42	9933402.07
B5	213017.446	9935964.511	F3	217018.92	9933424.47
B6	213032.424	9935985.251	F4	217038.39	9933437.50
B7	213049.22	9936006.011	F5	217060.35	9933461.99
B8	213071.624	9936042.138	F6	217082.81	9933481.96
C1	214094.733	9935595.177	F7	217114.80	9933514.53
C2	214107.468	9935619.664	G1	217543.16	9932700.30
C5	214125.861	9935658.38	G2	217561.09	9932710.45
C6	214148.095	9935710.568	G3	217585.94	9932724.08
C7	214168.265	9935755.861	G4	217603.95	9932736.51
C8	214189.201	9935801.484	G5	217639.05	9932756.97
D1	215140.922	9935076.151	G6	217675.49	9932782.70
D2	215147.084	9935083.637	G7	217696.39	9932802.05
D3	215157.547	9935094.93	H1	217868.80	9931874.73
D4	215175.481	9935115.561	H2	217912.08	9931873.51
D5	215195.195	9935138.401	H3	217982.82	9931878.75
D6	215215.156	9935160.826	H4	218073.97	9931883.09
D7	215234.638	9935182.808	H5	218114.87	9931880.26
D8	215264.056	9935219.847			

Período Chuvoso (Março/2013)

Amostra	Longitude	Latitude	Amostra	Longitude	Latitude
A1	212042.17	9936046.53	E1	216331.42	9934026.55
A2	212044.33	9936070.69	E2	216342.29	9934036.56
A3	212046.83	9936109.15	E3	216387.52	9934072.60
A4	212049.63	9936151.45	E4	216418.66	9934096.11
A5	212051.02	9936190.50	E5	216466.26	9934138.22
B1	212978.40	9935906.31	E6	216480.21	9934150.19
B2	212981.50	9935912.25	F1	216976.22	9933394.23
B3	213004.20	9935945.17	F2	216987.53	9933416.19
B4	213032.42	9935985.25	F3	217033.21	9933458.17
B5	213071.62	9936042.14	F4	217075.27	9933494.22
C1	214094.73	9935595.18	F5	217118.88	9933532.11
C2	214107.47	9935619.66	F6	217141.46	9933562.22
C3	214125.86	9935658.38	G1	217542.78	9932703.00
C4	214168.27	9935755.86	G2	217588.95	9932734.56
C5	214189.20	9935801.48	G3	217618.55	9932760.26
D1	215140.92	9935076.15	G4	217640.90	9932772.63
D2	215147.08	9935083.64	G5	217720.41	9932826.26
D3	215157.55	9935094.93	H1	217867.66	9931866.38
D4	215175.48	9935115.56	H2	217918.94	9931860.23
D5	215195.20	9935138.40	H3	217978.12	9931866.21
D6	215234.64	9935182.81	H4	218022.26	9931870.33
D7	215264.06	9935219.85	H5	218151.11	9931866.59
			H6	218227.35	9931874.21