



Faculdade de Oceanografia



Universidade Federal do Pará



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

KLEPER DE LIMA RAIOL

MORFOLOGIA E GRANULOMETRIA DE UMA PRAIA DE MACRO-MARÉ: O CASO
DE FORTALEZINHA – ILHA DE MAIANDEUA (NORDESTE DO PARÁ)

Belém-Pará

Abril – 2015

KLEPER DE LIMA RAIOL

MORFOLOGIA E GRANULOMETRIA DE UMA PRAIA DE MACRO-MARÉ: O CASO
DE FORTALEZINHA – ILHA DE MAIANDEUA (NORDESTE DO PARÁ)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Maamar El-
Robrini

Belém-Pará

2015

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

Raiol, Kleper de Lima, 1978-

Morfologia e granulometria de uma praia de macro-maré: o caso de Fortalezinha – ilha de Maiandeuá (Nordeste do Pará) / Kleper de Lima Raiol. – 2015.

56 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Maamar El-Robrini

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2015.

1. Ilha de calor urbana - Bragança (PA). 2. Temperatura atmosférica - Bragança (PA). I. Título.

CDD 22 ed. 551.6 6098115

KLEPER DE LIMA RAIOL

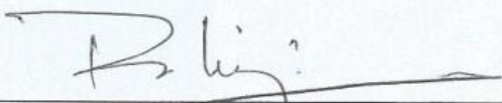
MORFOLOGIA E GRANULOMETRIA DE UMA PRAIA DE MACRO-MARÉ: O CASO
DE FORTALEZINHA – ILHA DE MAIANDEUA (NORDESTE DO PARÁ)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia.

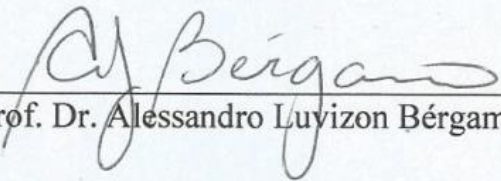
Data de aprovação: 13/04/2015

Conceito: BOM

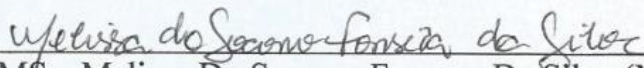
Banca examinadora:



Prof. Dr. Maâmar El Robrini (Presidente)



Prof. Dr. Alessandro Luyizon Bérghamo (Membro)



MSc. Melissa Do Socorro Fonseca Da Silva (Membro)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao grande criador por minha existência e pelos diversos organismos e ambientes que fizeram surgir em mim o interesse em tentar compreender a natureza.

Aos meus pais pela paciência, especialmente a minha mãe pela força e dedicação e por acreditar em mim.

Ao professor Maamar El-Robrini, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos professores do Instituto de Geociências que com suas palavras e atitudes fizeram parte da minha vida.

Aos amigos do GEMC pela colaboração na conclusão deste trabalho, boa companhia e bons momentos juntos.

Aos meus amigos que foram em muitas situações conselheiros, incentivadores e em horas em que eu não acreditava em mim, me deram forças. Sem eles essa graduação seria muito mais difícil. Frejha, Malandro, Japa, Jaqueline, Artur Piolho, Davi, Pokemon, Eliana e ao meu amigo PV pela ajuda, dedicação e empenho.

RESUMO

A zona costeira é uma região de grande importância social, econômica e ambiental, a análise dos dados para essa região pode corroborar se a área está adquirindo tendência erosiva ou prográdacional. Desta forma, este trabalho analisa a influência da sazonalidade amazônica na configuração morfodinâmica da praia de Fortalezinha, localizada na ilha de Algodual/Maiandeuá, município de Maracanã, Estado do Pará. A região é influenciada por uma grande variação pluviométrica (média anual de 2.800 mm), com atuação predominante dos ventos alísios com direção NE (valor médio de 7,6 m/s). Cada perfil fica distante 850 m um do outro, perfazendo toda linha de costa da praia. As coletas foram realizadas nos períodos seco (outubro, 17 - 18/10/2012) e chuvoso (março, 14 - 15/03/2013). Todas as coletas ocorreram no período de maré de sizígia. Foi constatado que devido à sazonalidade entre os períodos seco e chuvoso, há uma diferença tanto na direção preferencial dos ventos, altura e período das ondas, onde esses vários fatores ambientais tiveram influência para a praia adquirir um balanço sedimentar positivo. A sinergia entre esses agentes modificaram as características morfodinâmicas da praia de Fortalezinha, do tipo intermediária para uma do tipo dissipativa.

Palavras-chave: Sazonalidade intermediária dissipativa. Fortalezinha - Bragança (PA).

ABSTRACT

The coastal zone is a region of great social, economic and environmental analysis of data for that region to confirm, regarding to that, if the area is acquiring erosive or progradational trend. Thus, this work aims to analyze the influence of the amazon seasonality in morphodynamics configuration in the Fortalezinha beach, located on the island of Algodual / Maiandeuá, Maracanã County, State of Pará. The region is influenced by a wide range of rain (annual average of 2800 milimeters) and dominated by semidiurnal macrotidal (average height of 4-6 meters) and the interaction of the trade winds with a northeast direction, as the main generator of waves. Each profile is 850 meters away from each other, following till the coast of the beach. The samples were collected during the season with a very low range of rain (October 17 - 10/18/2012) and also during the period that the rain is more frequent (March 14 - 03/15/2013). All samples were collected in the spring tide period. It was noted that due to seasonality between the dry and rainy seasons, there is a difference both in the preferred direction of the winds, height and period of the waves, where all these environmental factors have had a huge influence to the beach to get a positive sediment budget. The synergy between these agents have changed the morphodynamics of the area, from a intermediate type of beach to a dissipative type, on Fortalezinha beach.

Keywords: Seasonality. Intermediate. Dissipative. Fortalezinha – Bragança (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Zonação Morfológica de uma praia de macromaré.....	14
Figura 2 - Zonação Hidrodinâmica costeira.....	15
Figura 3 - Tipos de ondas; deslizante, mergulhante e ascendente .	16
Figura 4 - Seis estados morfodinâmicos.	21
Figura 5 - Praia de Fortalezinha, Ilha de Algodual-Maiandeuá Pará.	23
Figura 6 - Coluna estratigráfica do NE do Pará.....	28
Figura 7 - Distribuição espacial de solos na Ilha de Algodual.	29
Figura 8 - Vegetação de Restinga. Praia de Fortalezinha.	30
Figura 9 - Vegetação do tipo mangue (<i>Rhizophora mangle</i>).	30
Figura 10 - Localização dos perfis topográficos na praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.....	31
Figura 11 - Pontos de medição da velocidade dos ventos. Praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.....	32
Figura 12 - Localização dos pontos de medição a altura das ondas na praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.	33
Figura 13 - Medição da variação da topografia e declividade da face praial.	34
Figura 14 - Coleta de sedimentos superficiais e medição da variação da topografia e declividade da face praial.	35
Figura 15 - Equipamentos utilizados na granulometria. (A) Centrífuga. (B) Estufa e (C) Agitador de peneiras.	36
Figura 16 - Quadro de classificação granulométrica de Wentworth.	37
Figura 17 - Intensidade e direção dos ventos no período seco (outubro/2012)	38
Figura 18 - Intensidade e direção dos ventos no período chuvoso (março/2013).	39
Figura 19 - Ângulo de incidência de onda na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).....	40
Figura 20 - Altura de onda na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	40
Figura 21 - Corrente costeira bidirecional.	41
Figura 22 - Velocidade média das correntes nas fases de enchente e vazante, na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/12) e chuvoso (março/13).....	42

Figura 23 - Sobreposição dos perfis topográficos e granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013) na praia de Fortalezinha.	43
Figura 24 - Variação do volume sedimentar sazonal na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).	44
Figura 25 - Média granulométrica dos sedimentos arenosos da praia de Fortalezinha.	44
Figura 26 - Grau de seleção dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezinha.	46
Figura 27 - Assimetria dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezinha.	46
Figura 28 - Parâmetros de curtose dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezinha.	47
Figura 29- Estágios morfodinâmicos praias utilizando o parâmetro Ω e o RTR de acordo com o modelo conceitual de Masselink e Short, 1993, nos períodos Seco (A) e chuvoso (B).	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 Ambiente praiar	13
3.1.1 Definição	13
3.1.2 Zonação Morfológica	13
3.1.3 Zonação Hidrodinâmica	14
3.2 Processos costeiros	15
3.2.1 Ventos	15
3.2.2 Ondas	15
3.2.3 Marés	16
3.3 Parâmetros granulométricos	17
3.5 Morfodinâmica praiar	19
4 ÁREA DE ESTUDO	23
4.1 Localização	23
4.2 Características da área	24
4.2.1 Clima e Parâmetros Meteorológicos	24
4.2.2 Ventos	24
4.2.3 Parâmetros Oceanográficos	24
4.2.3 Hidrologia local	26
4.2.4 Geologia e Geomorfologia	26
4.2.5 Solos	28
4.2.6 Cobertura Vegetal	29

5 MATERIAIS E MÉTODOS	31
5.1 Aquisição de dados	31
5.1.1 Ventos	32
5.1.2 Ondas.....	32
5.1.3 Perfil Praial	34
5.1.4 Análise Granulométrica	35
6 RESULTADOS E DISCURSÃO	38
6.1 Dados meteorológicos e oceanográficos	38
6.1.1 Ventos	38
6.1.2 Ondas.....	39
6.1.3 Circulação Costeira	41
6.2 Morfologia e granulometria	42
6.3 Parâmetros estatísticos granulométricos	44
6.4 Estados morfodinâmicos	47
7 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS.	51

1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) é considerada um ambiente de grande complexidade por possuir diversos ambientes de sedimentação. A variedade de processos morfodinâmicos que afeta a ZC, tais como: ondas, correntes e marés, interagem em diferentes escalas espaciais e temporais, fazendo com que esta zona se torne altamente dinâmica (ALVAREZ-ELLACURIA et al., 2010).

A praia é constituída por depósitos de sedimentos não coesivos e inconsolidados como areia ou cascalho (KOMAR, 1976). O que lhe atribui como um dos ecossistemas mais frágeis do planeta (BRAGA, 2007) por ser um ambiente de proteção contra a ação destrutiva imposta por processos costeiros (marés, ondas, correntes e ventos), os quais modelam a praia determinando o transporte e distribuição de sedimentos ao longo da mesma.

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

A morfodinâmica como um estudo temporal e espacial das variações morfológicas das praias em associação com as diferentes condições de ondas e tipos de sedimentos vem adquirindo fortes dimensões no que concerne à caracterização da estabilidade e mobilidade das praias.

Este trabalho visa entender as mudanças morfossedimentares e suas implicações para o comportamento dinâmico na praia de Fortalezinha, adotando a sazonalidade amazônica.

Este trabalho objetiva analisar as alterações na morfologia e na distribuição espacial dos parâmetros granulométricos, assim como atribuir o estado morfodinâmico em que se enquadra a praia de Fortalezinha, a qual faz parte de um conjunto de praias situada na ilha de Algodoal-Maiandeuá, pertencente ao Município de Maracanã, enquadrada na Costa Atlântica do Salgado Paraense.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Compreender e caracterizar a configuração morfodinâmica da praia de Fortalezinha, (município de Maracanã, Estado do Pará).

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a granulometria dos sedimentos superficiais da praia de Fortalezinha;
- Identificar as alterações na morfologia da face praial.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ambiente praiial

3.1.1 Definição

As praias podem ser definidas como zonas adjacentes a corpos aquosos, e no sentido estrito, é uma acumulação de sedimentos não consolidados (areia ou cascalho), que é compreendida da linha de baixamar até uma mudança fisiográfica, como campo de duna, por exemplo. As praias desenvolvem-se virtualmente em qualquer lugar onde o continente e o mar se encontram, onde houver sedimentos, e onde houver um local disponível para a acumulação de sedimentos (DAVIS JUNIOR, 1978). Logo, são de longe os ambientes sedimentares costeiros de mais ampla distribuição, resultados da interação entre fatores oceanográficos e hidrológicos, meteorológicos e/ou climáticos, geológicos e antrópicos.

3.1.2 Zonação Morfológica

Segundo Davis e Hayes (1984), toda zona de supramaré (*backshore*) de uma praia arenosa é constituída por uma área plana e quase horizontal até uma inclinação suave em direção ao mar, chamada de berma. O limite marinho do berma é marcado por uma inclinação abrupta na crista do berma. Após esse limite existe a face praiial. Uma praia que sofre erosão apresenta um perfil de pós-praia muito diferente, onde o berma não é bem desenvolvido. Sob estas condições, o pós-praia e antepraia superior são contínuas, com uma ligeira concavidade na parte superior do perfil.

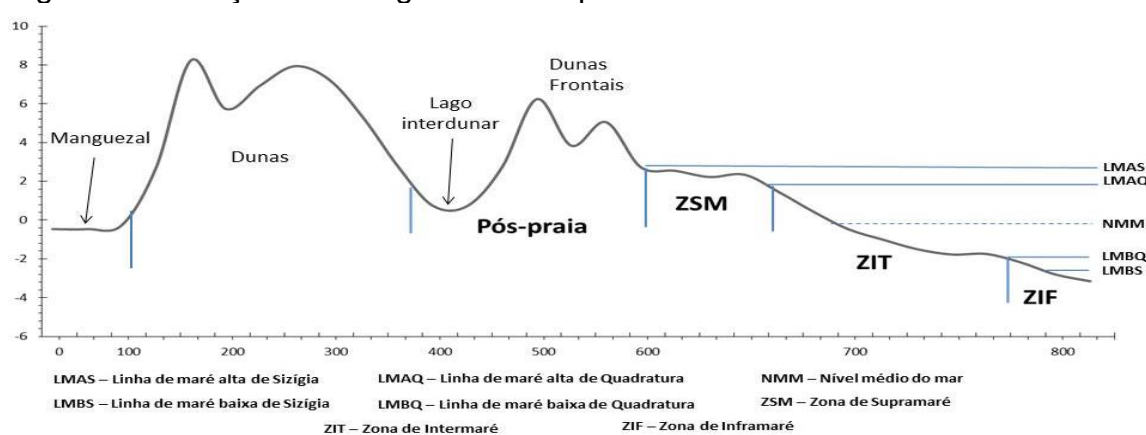
A intermaré (*foreshore*) é a face de praia propriamente dita e está limitada pela altura mínima de maré baixa e máxima da maré alta (Figura 1). Esta pode apresentar uma variedade de configurações. A declividade é dependente tanto da composição granulométrica quanto do processo que age sobre ela. Feições características como crista e calha são formadas por ondas. Durante certas condições meteorológicas e costeiras podem ser formadas

barras de sedimentos efêmeras no final da zona de antepraia superior (DAVIS; HAYES, 1984).

A zona entre a linha de baixa-mar e o limite externo da antepraia inferior (inframaré) tem, geralmente, centenas de metros de largura. Em vários lugares essa zona é caracterizada pela presença de barras sedimentares originadas por marés, que são praticamente paralelas à praia.

Komar (1976) utilizou o termo *zona offshore*, para designar a parte mais distante da costa (e também mais plana do perfil) que se estende do limite do final do banco longitudinal até a margem da plataforma continental.

Figura 1 - Zonação Morfológica de uma praia de macromaré.



Fonte: Silva (2015)

3.1.3 Zonação Hidrodinâmica

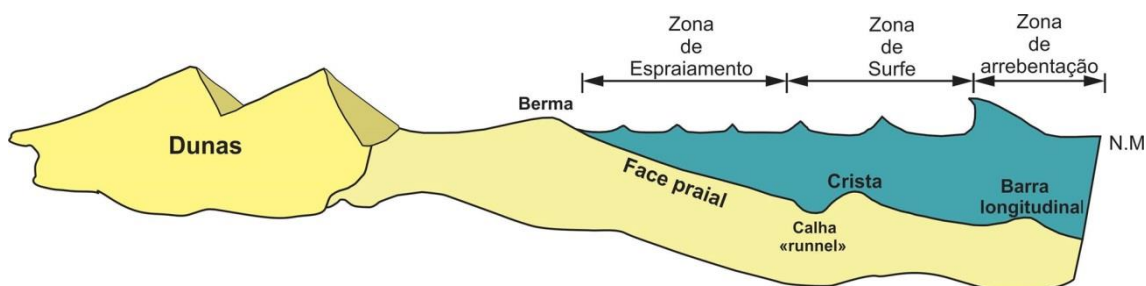
É possível distinguir a praia em três zonas hidrodinâmicas: zona de arrebentação, surfe e espraiamento (Short, 1999) (Figura 2).

A zona de arrebentação (*Breaking Zone*) compreende a parte onde há empinamento seguido da quebra de ondas, ou seja, local onde as ondas dissipam sua energia.

A zona de surf (*Surf Zone*) é a parte da praia varrida pela onda após sua quebra, a presença desta zona é inicialmente relacionada à forma de inclinação da praia, por este motivo está diretamente relacionada com o tipo de quebra da onda, e depende posteriormente, da amplitude da maré.

A zona de espraiamento (*Swash Zone*) é aquela delimitada pelos máximo e mínimo de excursão dos vagalhões sobre a face praial.

Figura 2 - Zonação Hidrodinâmica costeira



Fonte: Silva (2015)

3.2 Processos costeiros

3.2.1 Ventos

O vento possui a característica de ser um fluxo natural do ar que é paralelo à superfície de rotação do planeta. Ele é o ar em movimento devido a ajustes atmosféricos causados pela variação da pressão. Desta forma, nas áreas onde tem baixa pressão, o ar tende a escoar para o seu interior, objetivando compensar a menor quantidade de massa. As regiões de alta pressão é que cederá o excesso de massa para formar o equilíbrio. Nesse sentido, desde que seja possível, os fluxos de ar são livres para espalharem-se em várias direções.

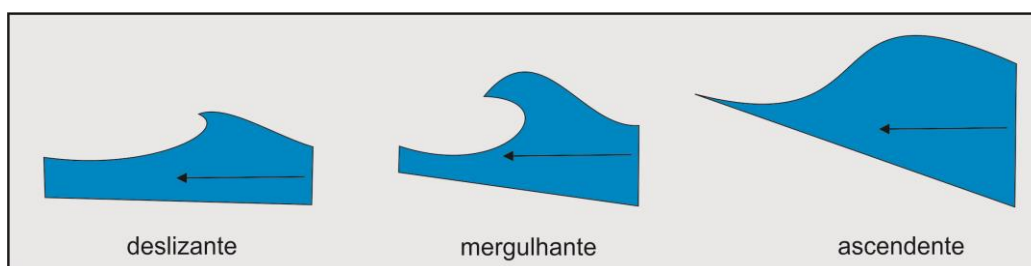
3.2.2 Ondas

As ondas representam uma fonte importante de entrada e saída de energia da ZC, exercendo grande influência nas modificações do litoral. Quando se aproximam da costa, as ondas sofrem alterações em sua geometria. Isso ocorre quando a profundidade é igual a metade do comprimento de onda e a base passa então a sofrer atrito com o fundo, fazendo com que a parte de cima se desloque mais rápido e a onda vá empinando até que finalmente arrebenente, dissipando energia.

Segundo Carter (1998), podem ser definidos quatro tipos de arrebentação: deslizante, mergulhante, ascendente e frontal (Figura 3). Os ventos e as correntes possuem influência no tipo de arrebentação que uma onda originará na linha de costa e principalmente a topografia de fundo. As ondas deslizantes são típicas de praias de baixa declividade, em que a onda “desliza”, dissipando a energia numa larga faixa do perfil praial. As ondas mergulhantes são típicas de praias de alta declividade, em que a onda formada é caracterizada por ser arqueada, sendo convexa na parte de traz e côncava na frente. A crista curva-se e mergulha com considerável força quebrando de forma súbita dissipando energia em uma estreita faixa do perfil praial. As ondas ascendentes ocorrem em praias em que a declividade é tão alta que impedem quem as ondas se quebrem.

As ondas frontais são um tipo considerado intermediário de arrebentação entre o mergulhante e o ascendente.

Figura 3 - Tipos de ondas; deslizante, mergulhante e ascendente.



Fonte: Modificado de Porto Lima (*in press*)

3.2.3 Marés

As marés são reflexos das ações combinadas da atração gravitacional principalmente entre a terra, lua e o sol. As energias cinéticas da terra e da lua também contribuem no processo de formação das marés movimentando-as pelos oceanos como consequência da rotação da terra em torno do seu eixo e do movimento orbital da lua em torno da terra. A combinação dessas forças, cujo centro de massa situa-se no interior da terra, a uma distância de $\frac{1}{4}$ de seu raio, impede a aproximação entre terra e lua e, à medida que o planeta gira,

ocorrem protuberâncias nas massas oceânicas em movimento contínuo, assim estabelecendo o ciclo das marés.

3.3 Parâmetros granulométricos

As partículas sedimentares apresentam dimensões com variabilidade muito elevada. Na natureza encontram-se depósitos sedimentares constituídos por elementos com decímetros a metros de diâmetro (como nas moreinas), até sedimentos compostos por partículas extremamente pequenas, da ordem de alguns micra (a exemplo de argilas nos grandes fundos oceânicos). Por vezes, a heterogeneidade da dimensão das partículas que constituem um depósito é extremamente elevada, coexistindo elementos com metros de diâmetro numa matriz de partículas pequenas (como nos depósitos formados por alguns fluxos detríticos).

Os sedimentos possuem diferentes dimensões e quantificá-las em classes dimensionais pode levar a compreensão da formação dos depósitos sedimentares.

O estudo da análise textural é de extrema importância para o entendimento do regime hidrodinâmico e o ambiente de sedimentação em que um ecossistema encontra-se submetido. As dimensões do material contêm informações que podem auxiliar tanto na forma do transporte quanto no grau de seleção dos sedimentos.

As drenagens dos sedimentos provenientes da plataforma continental interna adjacente são as principais fontes de sedimentos para a ZC. No entanto outros ambientes de igual importância também podem contribuir na sedimentação costeira como as planícies arenosas e a erosão de determinados pontos da costa.

O tipo do material granulométrico juntamente com o tamanho do depósito sedimentar praias estão relacionadas à natureza e abundância da área fonte e à capacidade das ondas e correntes costeiras resultantes em fazer o transporte tanto transversal quanto longitudinalmente através da linha de costa.

Diversos trabalhos tem procurado relacionar os parâmetros granulométricos de material sedimentar em praias com os processos costeiros atuantes no ambiente praias, tais como o atrito entre as partículas sedimentares

e/ou ao transporte longitudinal por deriva litorânea, que explicariam a ocorrência de gradação lateral na granulometria dos sedimentos em praias (BRYANT, 1982; BIRD, 1996).

De acordo com McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985), assumindo que os parâmetros granulométricos traduzem os processos sedimentares, 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 os processos sedimentares predominantes e o padrão direcional dos sedimentos.

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 (MCLAREM, 1981).

De acordo com o critério de análise sobre as tendências granulométricas de amostras sucessivas na direção provável do transporte sedimentar, foram determinadas quatro características distintas: (i) *equilíbrio dinâmico*; (ii) *acresção*; (iii) *erosão* e (iv) *deposição total*.

As regiões onde se encontram praias de areia fina possuem uma tendência a ter baixa declividade da face praial e maior grau de dissipação, e no contrário, praias com sedimentos grosseiros, tendem a ter maior declividade da face praial e maior grau de dissipação de ondas (GUZA; INMAN 1975), Bryant (1982), Wright e Short (1984). Desta forma, o estudo das características das praias é de suma importância na identificação morfológica, morfodinâmica e de padrões de transporte sedimentar nessas áreas de estudo.

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 e Bowles (1985), e vem sendo sucessivamente desenvolvida por outros autores Gao e Collins (1991; 1992); Le Roux (1994).

3.4 Análise dos perfis

O perfil praiial é um perfil de equilíbrio móvel. O material que o compõe, sob a ação de uma hidrodinâmica própria, é frequentemente deslocado. A partir de condições momentâneas, um perfil praiial estabelece de maneira muito rápida seu equilíbrio, como nas tempestades, quando se modifica de forma instantânea e se reestrutura na sucessão de dias com o tempo. Diariamente, ocorrem mudanças ao longo de um perfil praiial, mesmo que imperceptíveis. Sua morfologia muda constantemente, e que dificulta sua mensuração. Entretanto, há conjunto de perfis que são comuns em determinadas épocas do ano ou em eventos de tempestade. Estes são de acordo Pethick (1984), os tipos gerais de perfis que refletem importante variação de processo.

O gradiente de equilíbrio de qualquer praia não é uma vertente estática, pois ela esta continuamente tentando se ajustar às mudanças das variáveis que sobre ela atuam. Em qualquer praia, o material é, mais ou menos, constante em tamanho. Entretanto, esse fator pode mudar muito de tempos em tempos, particularmente, se há grande proporção de classes mais grosseiras. Mesmo se o tamanho das areias permanecer constante, o gradiente da vertente do “*Swash*” é continuamente reajustado às variações do comprimento e da inclinação das ondas que o afetam. O equilíbrio é, portanto, um equilíbrio dinâmico e não estático (KING, 1959).

3.5 Morfodinâmica praiial

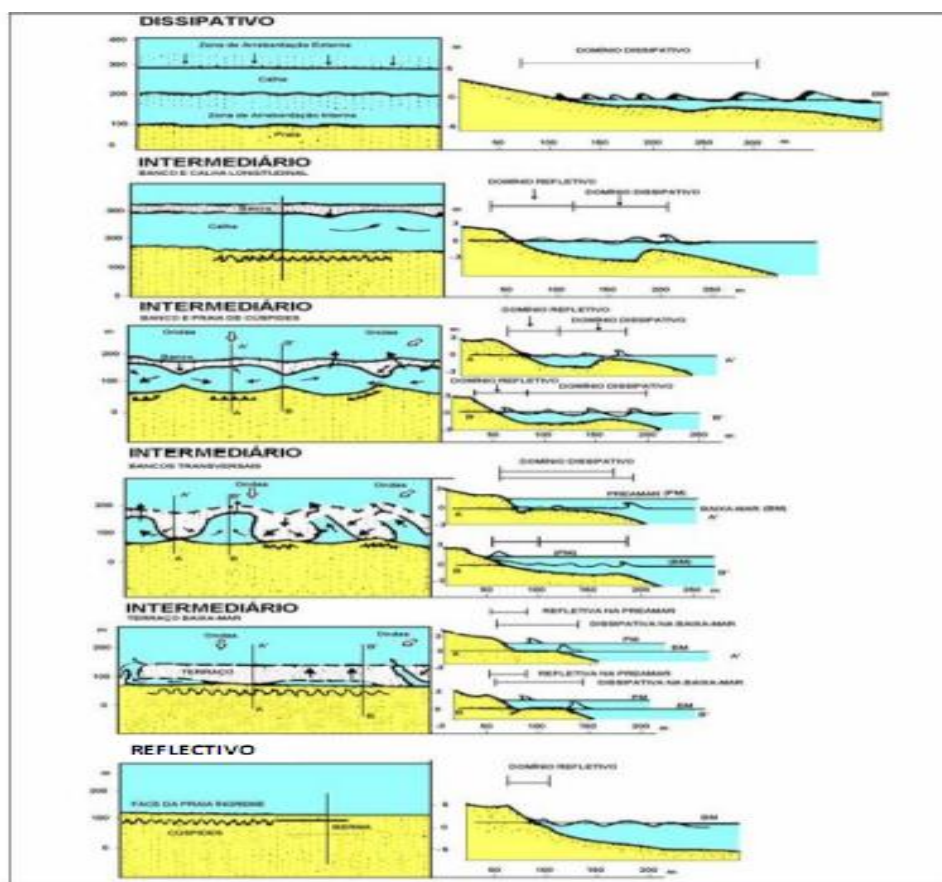
O termo morfodinâmica foi introduzido por Wright e Thom (1977), o que caracteriza e traduz o mútuo ajuste entre a topografia e a dinâmica dos fluidos que envolvem o transporte sedimentar costeiro, conseguindo assim definir a relação entre forma e processo, com ajuste da morfologia do perfil praiial em 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.

Desde o início do século XX têm sido estudados os processos morfossedimentares nas praias, sendo o trabalho clássico de Johnson (1919). A partir da década de 50 estas pesquisas se intensificaram, não somente do ponto de vista geomorfológico, mas também em função da engenharia costeira. Trabalhos de King (1959), Komar (1976), Carter (1988) e as pesquisas sintetizadas na obra de Short (1999), desenvolvidos pela “Escola Australiana de Geomorfologia Costeira”, resultaram em grandes contribuições nessa área.

A partir do enfoque morfodinâmico adotado pela escola australiana de geomorfologia, através do monitoramento das condições morfológicas e hidrodinâmicas do perfil praiial, foi possível apresentar uma melhor compreensão a respeito do comportamento morfológico das praias arenosas, através de dados obtidos para a costa NW da Austrália e com base no parâmetro adimensional de Dean (1973) e Wright e Short (1984) foi apresentado um modelo que passou a descrever o comportamento morfológico do ambiente praiial, o qual foi baseado nos processos dinâmicos transversais à linha de costa, que representavam a interação entre a energia das ondas de arrebatamento e as características granulométricas da praia estudada.

O modelo proposto por Wright e Short (1984) elaborado para praias de micromarés (< 2 m) da costa australiana, permitiu a classificação do comportamento morfodinâmico praiial em seis estágios, delimitados pelos extremos dissipativo e reflectivo, e quatro estados intermediários, bem como a análise evolutiva, em escala temporal e espacial, dos estados morfodinâmicos identificados.

Figura 4 - Seis estados morfodinâmicos.



Fonte: Wright e Short (1984).

Apesar do modelo de Wright e Short (1984) ter sido amplamente empregado durante as duas últimas décadas e 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 entre eles Masselink e Pattiaratch (2001) Anfuso et al (2003) e Jacson et al (2005).

A esta defasagem entre estado morfodinâmico previsto e observado tem sido relacionada principalmente às variações no grau de exposição dos sistemas praias e suas consequências na distribuição do grau de energia das ondas na ZC. Masselink e Pattiaratch (2001) atentaram para o problema decorrente da inversão de vetores de transporte sedimentar longitudinal, ocasionada por oscilações sazonais no regime de ondas. Esses resultados

levantam a questão sobre o papel do transporte longitudinal de sedimentos no comportamento morfodinâmico do perfil praial.

Levando em consideração o fato de que grande parte dos estudos sobre a morfodinâmica costeira terem realizados em ambientes de micromaré, Masselink e Short (1993) e Masselink e Turner (1999) baseados nos trabalhos de Wright e Short (1984) e Short (1991) atribuíram os efeitos relativos das ondas e marés na morfologia das praias. Combinando assim, os modelos preexistentes de Davis e 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 ($RTR=TR/Hb$), aplicável para ambientes de meso e macromarés.

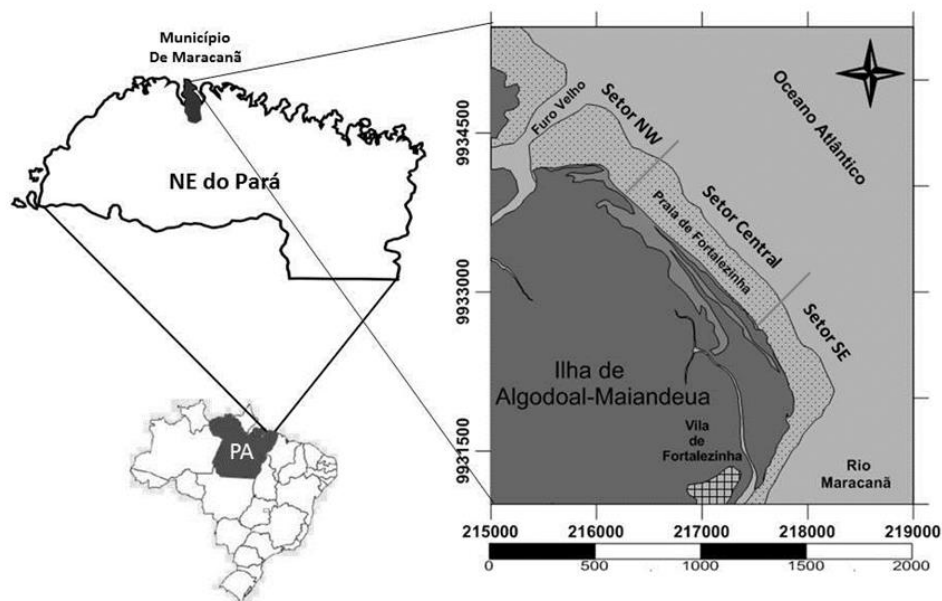
Certos estudos relacionados a dinâmica do transporte de sedimentos e morfodinâmica em praias de meso e macromarés do Nordeste do Pará já foram realizados a exemplo de: Alves (2001), Braga (2007), Barbosa et al. (2007), Monteiro et al. (2009) e Pagliarini-Cordovil (2010) na Praia de Ajuruteua, em Bragança; e os de Gregório et al. (2005), Busman (2004) e Guerreiro (2010) nas Praias do Atalaia, Farol Velho e Marieta, respectivamente e na Praia da Romana em Curuçá (RANIERI, 2011).

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

A ilha de Algodal-Maiandeuá, está localizada no litoral nordeste do Pará, no Salgado Paraense (Maracanã, Pará). É reconhecida como Área de Proteção Ambiental (APA) através do Decreto-lei nº 5.621, de 27 de setembro de 1990, com as seguintes coordenadas: 9929500 à 9936225 de longitude (W. Gr.) e 211650 à 218200 de latitude sul, correspondendo a uma área, de 23 Km² (MASCARENHAS, 2006). Distante 170 km de Belém, a praia de Fortalezinha com 3,7 km de extensão e orientação NW-SE, possui limites ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com o canal de Mocoóca, a leste com a baía de Maracanã e a oeste com a baía de Marapanim.

Figura 5 - Praia de Fortalezinha, Ilha de Algodal-Maiandeuá Pará.



4.2 Características da área

4.2.1 Clima e Parâmetros Meteorológicos

O clima no Salgado Paraense é governado pelo movimento Norte – Sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), (SILVA, 2009). O clima pode ser classificado como tropical quente e úmido, com médias anuais de temperatura com aproximadamente 27,7 °C e precipitação de 3.000 mm/ano (RUIVO et al., 2002), onde, o período mais chuvoso se estabelece entre os meses de dezembro e junho e o menos chuvoso entre agosto e novembro (MORAES et al., 2005).

4.2.2 Ventos

No Salgado Paraense predominam os ventos alísios de nordeste que sopram continuamente durante o ano inteiro. Há uma grande importância deste agente na região, pois ao se somarem com as condições morfológicas do fundo oceânico, geram as correntes de deriva litorânea para noroeste e são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental em direção a costa, além do retrabalhamento e mistura deste, visto que são responsáveis pela formação de ondas. Sua direção faz com que as dunas eólicas costeiras tenham direção de deslocamento preferencial para sudoeste, a mesma orientação das ondas que atingem a costa da ilha (GEYER et al. 1991).

Os ventos na área de estudo apresentam intensidade média de, aproximadamente, 7,6 m/s, chegando a valores máximos de 9,5 m/s (DHN, 2011).

4.2.3 Parâmetros Oceanográficos

4.2.3.1 Ondas

No Nordeste Paraense, o vento é o principal gerador no processo de formação de ondas, com destaque especial aos ventos alísios. Evidencia-se maior energia na parte nordeste da ilha de Algodão-Maiandeuá em relação às partes mais abrigadas, a exemplo da praia da Caixa d'água (SANTOS, 1996),

pois se aproximam da costa com a mesma direção dos alísios de nordeste nessa região. A formação dessas ondas geradas por ventos é responsável pela ressuspensão de sedimentos na parte estuarina e atua na geração de processos erosivos. As ondas possuem maior altura e período durante a preamar nos meses mais chuvosos, > 1,2 m e 10 s, respectivamente (SILVA, 2009). O mês de setembro é marcado praticamente pela ausência de chuvas na região, as ondas observadas são < 1m de altura.

4.2.3.2 Maré

Na ilha de Algodual, a maré é semidiurna, o que corresponde a duas baixa mar e duas preamar correspondentes a um ciclo de maré, com nível médio de 2,7 m. As maiores amplitudes ocorrem nos meses de março e setembro com amplitude máxima de 5,6 m de acordo com a Estação Maregráfica do Fundeadouro de Salinópolis – (DHN, 2011), o que a caracteriza como macromaré.

Segundo DHN (2006), para a área de estudo, a baixa mar média de quadratura tem altura de 1,6 m e a preamar média de quadratura 3,9 m, baixa-mar média de sizígia apresentando uma altura de 0,4 m e preamar média de sizígia igual a 5 m.

4.2.3.3 Correntes de Maré

No Salgado Paraense, incluindo a Ilha de Algodual/Maiandeuá, possui correntes induzidas pela maré e são as principais atuantes na interação com a morfodinâmica local 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 e as de enchente são menores, já no período seco, ocorre o contrário, as correntes são mais intensas na enchente e menos intensas na vazante (SILVA, 1996).

4.2.3 Hidrologia local

Segundo Costa (2004), a bacia do rio Maracanã está inserida na região costa Atlântica-Nordeste e tem como principal rio, o Maracanã, com uma extensão de 101 km a partir do igarapé do Tubo até a ilha do Cumaru. O perfil permite o escoamento superficial e possibilita um padrão de drenagem com grande quantidade de cursos d'água em várias direções.

De acordo com Costa (2004), as nascentes do rio Maracanã estão localizadas às proximidades do município de Santa Maria do Pará, destacando-se o igarapé do Tubo, o rio Jeju, o rio Taciâteua e o rio Maracanã (Porto Caju) com profundidade de 4 m (período chuvoso) e largura de 30 a 60 m (COSTA, 2004).

Em direção ao litoral, o rio Maracanã passa por uma área de transição, nos arredores de Nova Timboteua (porto Livramento), com profundidades de 4 a 8 m (período chuvoso) e largura de 250 a 350 m, além da presença dos igarapés Mirim, Pau Amarelo, Tamandua e o rio Peixe-Boi, um dos seus principais afluentes com cerca de 71 km de extensão, localizado no município de Velha Timboteuá. Já nas áreas estuarinas, observou-se nitidamente o seu alargamento em Santarém Novo da ordem de 400 a 600 m e profundidade de 4 a 17 m (na maré máxima) com seu curso em direção a costa desaguardo por fim na baía de Maracanã.

4.2.4 Geologia e Geomorfologia

Na região Nordeste do Estado do Pará afloram algumas unidades litoestratigráficas que incluem rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idade pré-cambrianas ao Recente (CARVALHO, 2007). As unidades predominantes nesta região são: (i) Formação Pirabas (Sequência A); (ii) Grupo Barreiras; (iii) Sedimentos Pós-Barreiras; e (iv) o Recente Quaternário (figura 5).

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

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) atribuem aos 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. O Pós-Barreiras é constituído por sedimentos areno-argilosos (Pleistoceno) e aluviões estuarinos e costeiros (Holoceno) (MÁCOLA e 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.

A constituição das unidades de relevo do tabuleiro pré-litorâneo estão classificadas em falésias e plataforma de abrasão, no entanto 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).

Segundo (FRANZINELLI, 1992), a região de planície costeira é recortada por baías e extensas áreas de planície de maré e manguezais. De acordo com 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.

Figura 6 - Coluna estratigráfica do NE do Pará

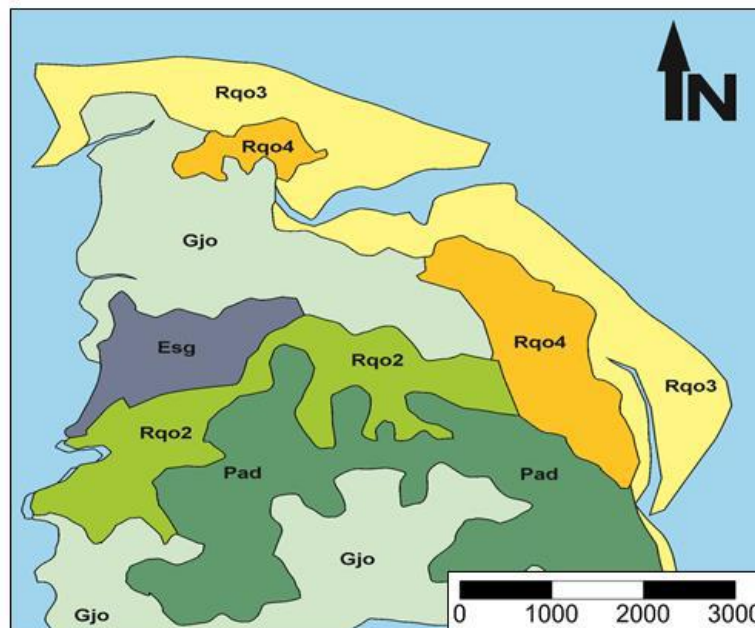
Idade	Unidades Litostratigráficas	Seqüências Depositionais
Plioceno - Quaternário	Pós-Barreiras	C
MIOCENO	Paleossolo laterítico	Sb3
	Fm. Barreiras Médio/Superior	B
	Fm. Barreiras Inferior	Sb2
	Fm. Pirabas	A
Oligoceno Superior	Paleos. Laterítico Bauxítico	Sb1
Cretácio	Grupo Itapecuru	

Fonte: (Rossetti, 2001).

4.2.5 Solos

Na Ilha de Maiandeuá podem ser classificados seis tipos de solos: (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 Sílico Sódico tiônico (GJo) (VALENTE et al. 1999) (figura 6).

Figura 7 - Distribuição espacial de solos na Ilha de Algodal.



Fonte: Modificado de Valente et al. (1999).

4.2.6 Cobertura Vegetal

De acordo com Sena e Sarmiento (1996) e Bastos (1998) a vegetação da Ilha de Algodal-Maiandeuca é representada por restingas (figura 7) e mangues (figura 8). Estes estudos se concentraram na caracterização da restinga por. A vegetação de restinga é definida como pioneira, que coloniza os solos em processo pedogenético, resultado da deposição marinha e fluvio-marinha. O manguezal ocorre nas margens de estuários, as espécies *Rizophora mangle* e principalmente, *Avicennia* são as espécies mais encontradas na ilha e importantes para evitar os processos erosivos.

Figura 8 - Vegetação de Restinga. Praia de Fortalezinha.



Fonte: Mascarenhas (2005).

Figura 9 - Vegetação do tipo mangue (*Rhizophora mangle*).



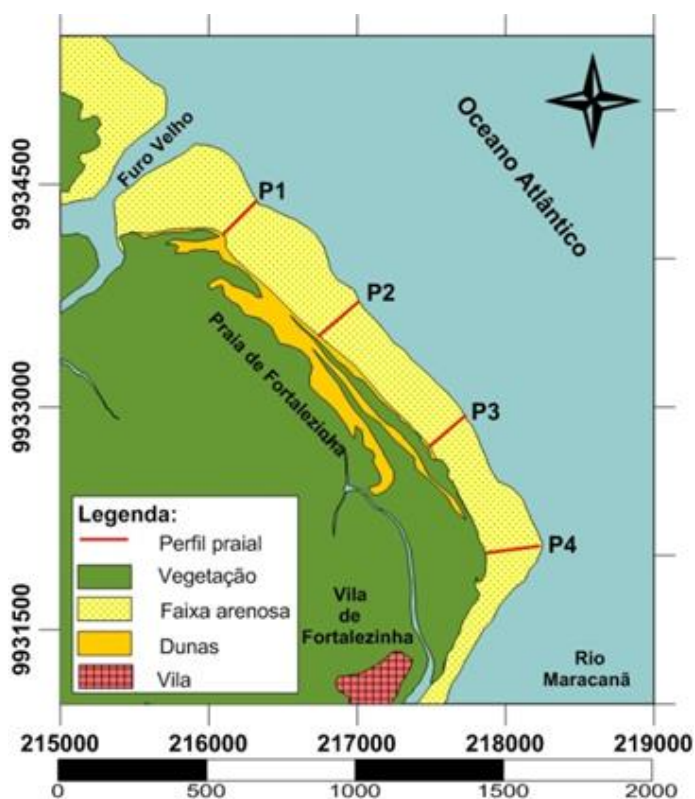
Fonte: Mascarenhas (2005).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Aquisição de dados

Para a execução do trabalho foi determinado uma campanha piloto (05/10/2012) para a definição de localização dos perfis topográficos e dos pontos de coleta de amostras de sedimentos, mediante o uso de GPS, para tanto foram realizados 4 perfis na praia de Fortalezinha, equidistantes 850 m entre si.

Figura 10 - Localização dos perfis topográficos na praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.

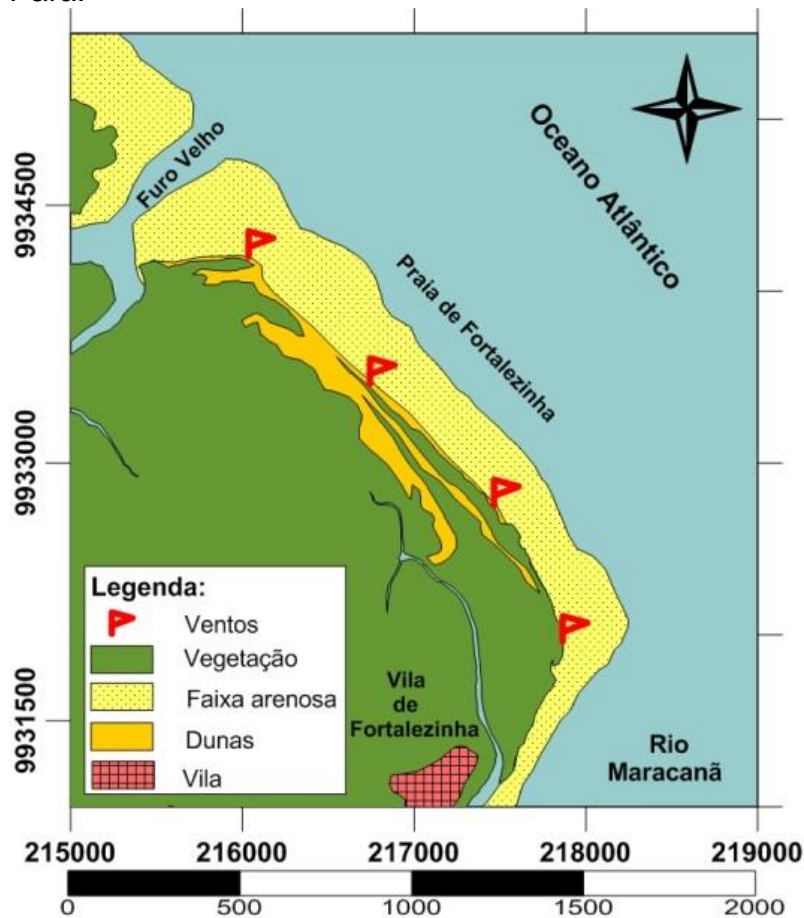


As campanhas para aquisição de dados foram realizadas em momentos sazonais diferentes: (i) no período menos chuvoso (17 - 18/10/2012); (ii) no período mais chuvoso, em dia de maré equinocial (14 - 15/03/2013), cujas condições atmosféricas são mais expressivas. Todas as coletas ocorreram em maré de sizígia.

5.1.1 Ventos

Para verificação da intensidade dos ventos foi utilizado um anemômetro em 4 pontos pré-estabelecidos.

Figura 11 - Pontos de medição da velocidade dos ventos. Praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.



5.1.2 Ondas

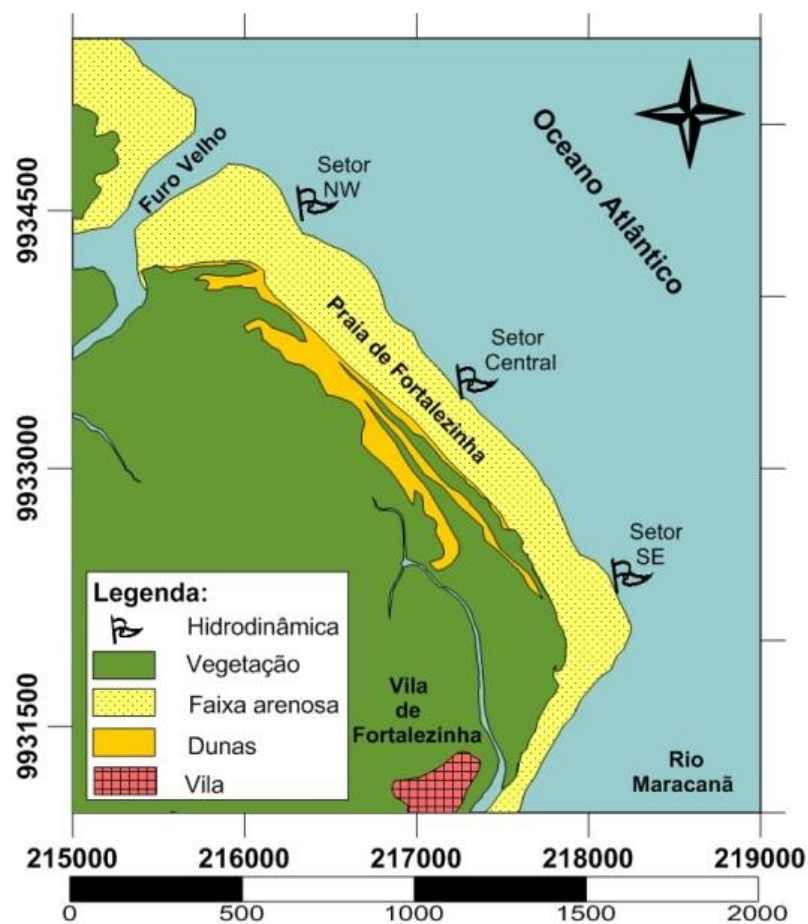
A altura (H) e o período (T) das ondas foram medidos entre a zona de arrebentação e a face praial. Essas medições foram feitas em 3 setores distintos da praia, sendo uma medição na maré vazante e uma enchente para cada setor da praia.

A altura (H) foi medida com o auxílio de uma régua graduada (mira) por um observador, onde foi verificada a altura da interseção de onda sobre a régua.

Foram medidas alturas de 11 cavas e 11 cristas consecutivas que passavam pela régua, de onde foi tirada a média das alturas.

O período de ondas (T) foi o resultado do tempo da passagem de 11 cristas de ondas sucessivas, as 11 cristas com alturas medidas deste intervalo de tempo. O período 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).

Figura 12 - Localização dos pontos de medição a altura das ondas na praia de Fortalezinha Maiandeuá-Pará.

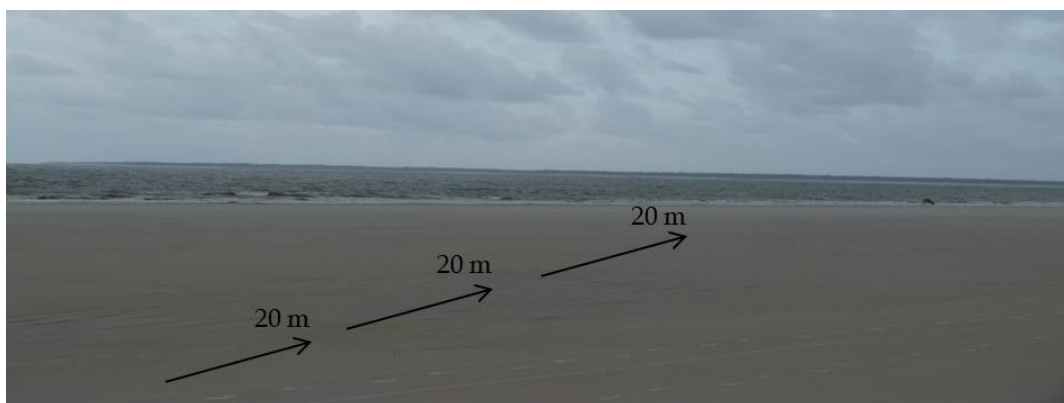


5.1.3 Perfil Praial

Com a finalidade de compreender a tendência erosiva ou progradacional na praia de Fortalezinha, foi colocado em prática a execução de perfis topográficos. Estes perfis 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, tais como 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 da marca NIKON e uma régua graduada para medição da variação topográfica e declividade da face praial, as leituras foram feitas de 20 em 20 m para estabelecer as principais morfologias tanto no período chuvoso como no período seco. A metodologia seguiu o método proposto por Birkemier (1981), adaptado para ambientes praias, sendo realizada no momento de baixa mar de sizígia, desde a base das dunas até a linha de baixa mar de cada perfil.

Figura 13 - Medição da variação da topografia e declividade da face praial.



As coletas de sedimento superficial foram efetuadas ao longo dos perfis, obedecendo a um espaçamento mínimo de 40 m, sendo efetuada a coleta em barras, calhas e bermas para associar estas feições morfológicas com a granulometria dos sedimentos. Foi utilizado um amostrador em PVC, em seguida armazenados em sacos plásticos de 1 kg devidamente etiquetados e fechados com braçadeira enumerada para o transporte até a análise em laboratório.

Figura 14 - Coleta de sedimentos superficiais e medição da variação da topografia e declividade da face praial.



Foi realizado um total de 4 perfis topográficos na praia de Fortalezinha, adquirindo um total de 49 amostras de sedimentos superficiais, sendo 26 na campanha de outubro de 2012 (período seco) e 23 amostras em março de 2013 (período chuvoso), que foram encaminhadas para análise granulométrica em laboratório.

5.1.4 Análise Granulométrica

As amostras de sedimentos coletadas ao longo do perfil praial foram submetidas a tratamentos em laboratório. Esta etapa consistiu: (1) lavagem das amostras, para eliminação de sais solúveis e decantação das mesmas, (2) secagem em estufa a 60°C e (3) separação das frações granulométricas.

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

Para o processo de peneiramento à húmido as amostras foram homogeneizadas com água destilada e agitadas com o auxílio de um bastão de vidro a fim de 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 novamente homogeneizadas. 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 15A) a 1000 rpm durante 2 min, tempo necessário para que o silte decantasse, deixando a argila em suspensão. A fração argila e silte foram levados à estufa para secar (Figura 15B).

A fração arenosa foi submetida a peneiramento a seco, com auxílio de um peneirador automático Rotap (Figura 15C), composta por um conjunto de peneiras com movimentos de alta intensidade que ajudam no peneiramento dos grãos. O peneirador conta com uma sequência de 9 peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura (intervalo de 0,5 ϕ), considerando a seguinte disposição: 1 mm; 0,710 mm; 0,500 mm; 0,350 mm; 0,250 mm; 0,170 mm; 0,125 mm; 0,090 mm; e 0,062 mm, de acordo com Wentworth (1922) e Suguio (1973). Cada amostra foi submetida a uma agitação no Rotap, durante um período de 10 minutos, em seguida foram separadas em sacos e pesados a fim 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 16).

Figura 15 - Equipamentos utilizados na granulometria. (A) Centrífuga. (B) Estufa e (C) Agitador de peneiras.



Figura 16 - Quadro de classificação granulométrica de Wentworth.

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

Retirado de Ranieri (2011).

6 RESULTADOS E DISCURSÃO

6.1 Dados meteorológicos e oceanográficos

6.1.1 Ventos

Durante o período seco, houve maior intensidade de ventos, com velocidade média de 7,3 m/s na praia de Fortalezinha, com máxima de 8,7 m/s (figura 14). Foram predominantes os ventos de E e NE verificados no início da maré vazante. No período chuvoso predominaram ventos de NE, com registros de velocidade média de 5,2 m/s e máxima de 6,9 m/s (Figura 14).

Os ventos tiveram uma redução da intensidade do período seco para o chuvoso, com mudança na direção do vento. Durante o período chuvoso a maré enchente apresentou ventos de direção NE, entretanto, durante a vazante sua direção passou a ser SE. A praia de Fortalezinha foi influenciada por ventos intensos, apesar dos ventos de março apresentar menor velocidade, este foi considerado 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 (RANIERI; EL-ROBRINI, 2012).

Figura 17 - Intensidade e direção dos ventos no período seco (outubro/2012)

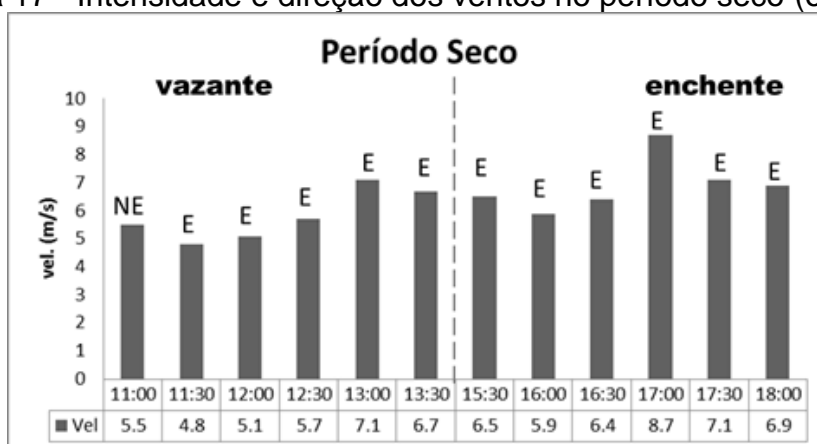
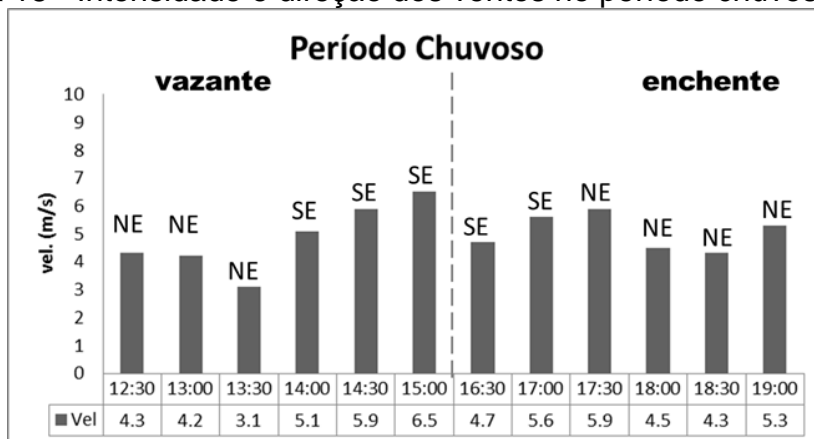


Figura 18 - Intensidade e direção dos ventos no período chuvoso (março/2013).



6.1.2 Ondas

Na praia de Fortalezinha, as ondas variaram sazonalmente em altura e direção de frentes-de-onda (α), entretanto, todas com direção NE (Figura 16). Os valores foram de 64° a 46° , tendo o setor SE como o setor com maior ângulo de direção no período seco.

No período chuvoso houve diminuição do ângulo de incidência das ondas, exceto na parte NW da praia, com aumento de 7° no ângulo. O ângulo de incidência das ondas variou de 44° a 60° , com maior ângulo no setor SE da praia. Neste período, a altura das ondas na praia foi maior, com média de 0,84 m no setor NW (Figura 20). No período seco ocorreram ondas maiores (0,67 e 0,71 m).

Durante a enchente da maré, as ondas tiveram maior tamanho, com média de 0,71 m e 0,84 m, respectivamente nos períodos seco e chuvoso, enquanto na maré vazante, foi de 0,63 e 0,72 m, respectivamente nos períodos seco e chuvoso (Figura 17).

Figura 19 - Ângulo de incidência de onda na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

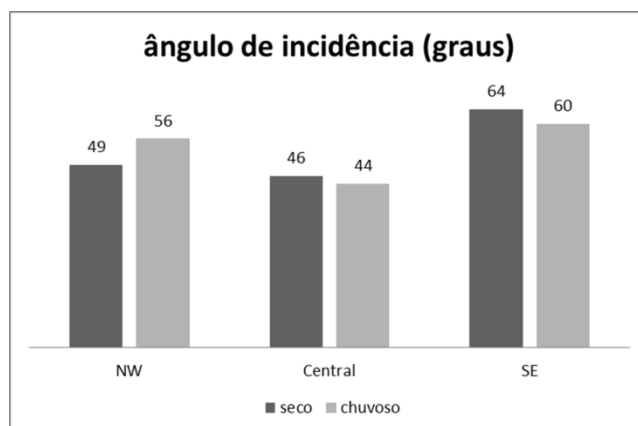


Figura 20 - Altura de onda na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

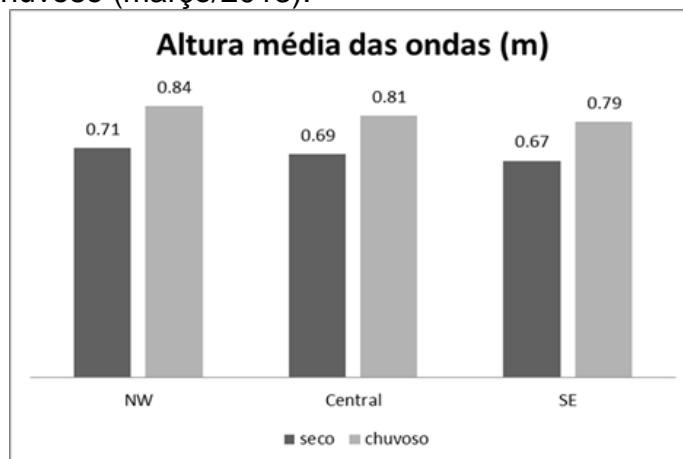


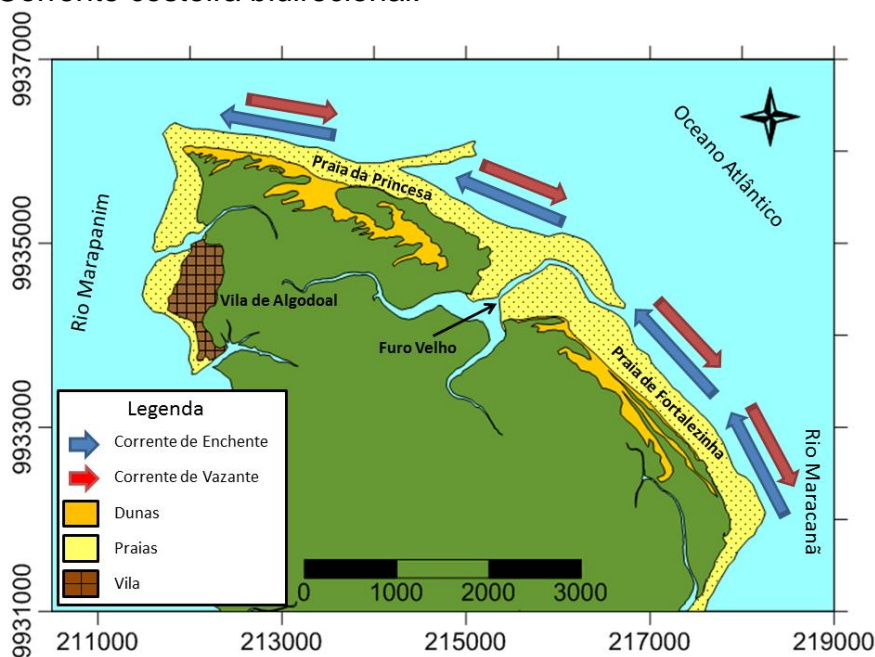
Tabela 1- Período de onda na praia de Fortalezinha (A, B e C), nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).

PERÍODO (s)	OUTUBRO		MARÇO	
	Vazante	Enchente	Vazante	Enchente
A	6,26	4,79	5,11	3,91
B	7,19	5,67	5,09	5,67
D	5,84	6,05	3,97	4,93

6.1.3 Circulação Costeira

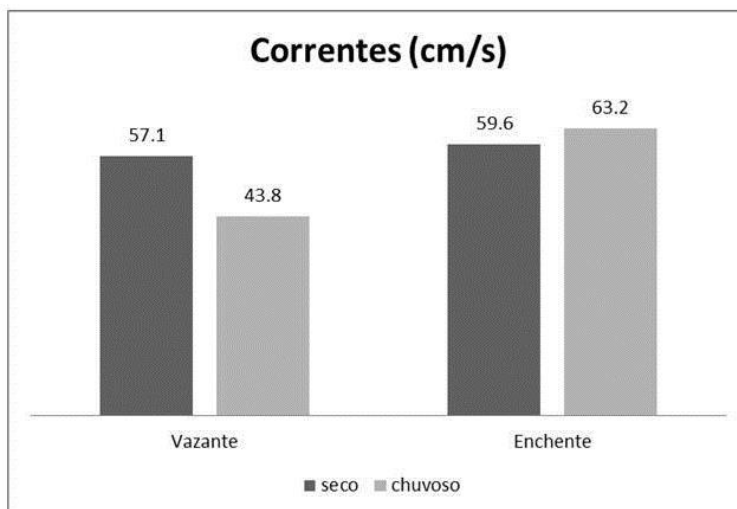
As correntes de maré na zona de surfe da praia Fortalezainha tiveram sentido preferencial NW nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013). Durante a vazante a corrente teve sentido SE-NW e NW-SE, tanto para o período seco (outubro/2012) quanto para o chuvoso (março/2013). A corrente costeira possui um comportamento bidirecional na área (Figura 21).

Figura 21 - Corrente costeira bidirecional.



As correntes mais intensas ocorram durante a enchente, atingindo intensidade média de 71,4 cm/s na praia de Fortalezainha, podendo estar ligada à atuação predominante dos ventos alísios de NE. Situação similar foi descrita por Pereira et al. (2012), atribuindo altas velocidades das correntes durante a maré enchente do período seco. As correntes costeiras tiveram maior intensidade durante o período chuvoso (Figura 22), devido as ondas maiores, gerarem uma corrente longitudinal mais intensa.

Figura 22 - Velocidade média das correntes nas fases de enchente e vazante, na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/12) e chuvoso (março/13).



6.2 Morfologia e granulometria

Durante o período seco no setor NW da praia o sistema barra-canal não foi bem evidente, conferindo a este setor, características erosivas e típicas de praias intermediárias (SHORT, 1999). Um sistema de barra-canal bem desenvolvido foi evidente apenas na linha de intermaré inferior do setor SE da praia. A largura desta praia variou de 140-200 m (período seco) a 200-300 m (período chuvoso), com declive suave em direção ao mar entre 0,51-1,38°.

Durante o período chuvoso a praia apresentou características erosivas no setor NW, com ausência de calhas e barras. Já no setor SE esse sistema de barra-canal foi bem desenvolvido, onde foi identificado ainda um berma praial bem evidente, conferindo a este setor características de praia dissipativa. O setor SE teve o maior aumento na largura da praia, de 220 m no período estudado.

Esta praia experimentou um balanço sedimentar positivo de 1.074,7 m³/m, entre os períodos seco (outubro/12) e chuvoso (março/13), entretanto, no setor SE da praia ocorreu erosão das dunas frontais e do estirâncio, com perda de volume de 91,9 m³/m de sedimentos.

A composição granulométrica na praia de Fortalezinha foi predominantemente de *areia fina* durante os dois períodos com pequenas variações principalmente na linha de maré alta aumentando para a zona de intermaré. Esta configuração pode estar relacionada com a diminuição na energia da praia, que favorece a deposição de sedimentos mais finos na zona de intermaré, possibilitando o transporte desta zona para as dunas frontais.

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 23 - Sobreposição dos perfis topográficos e granulometria média sazonal dos sedimentos superficiais nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013) na praia de Fortalezinha.

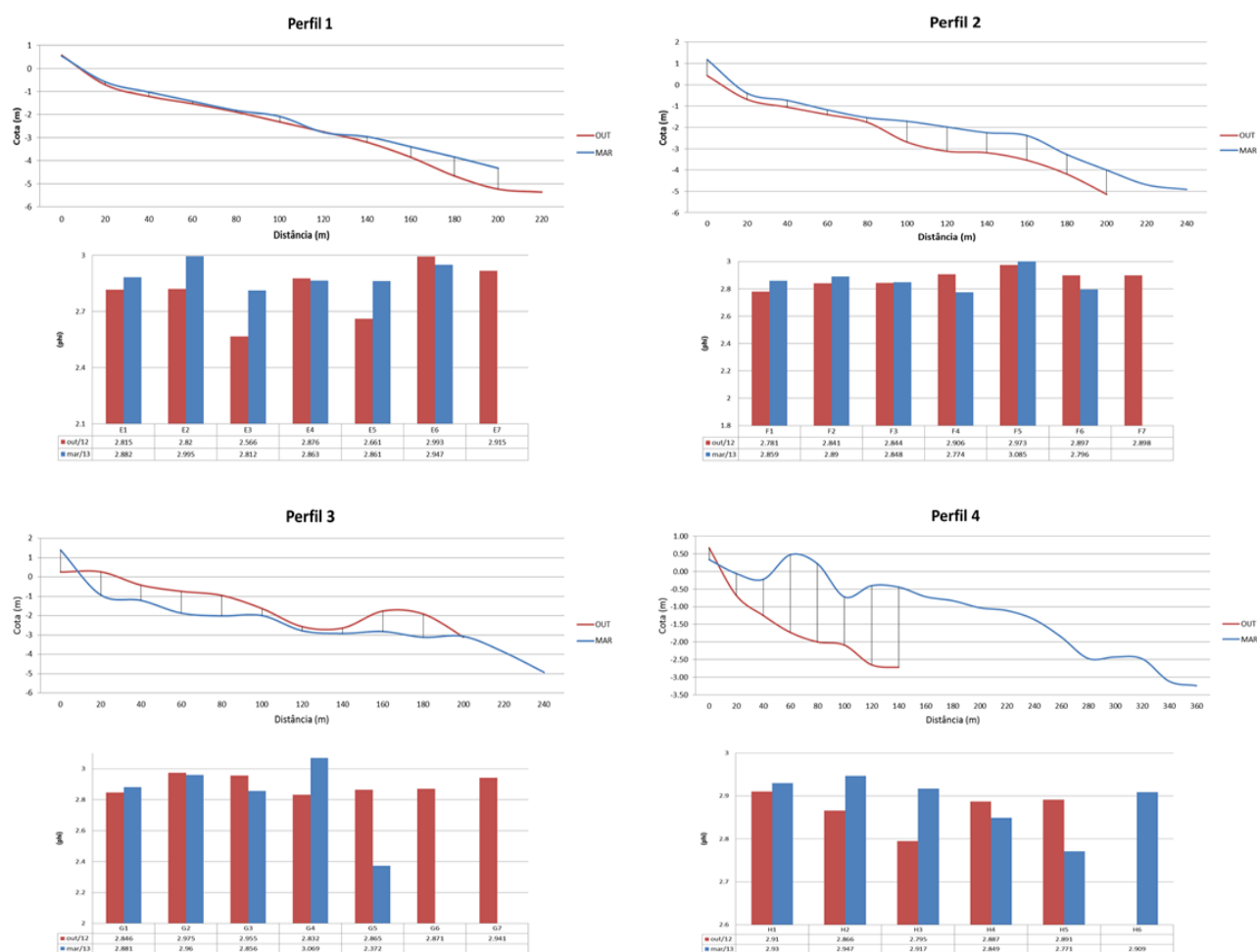
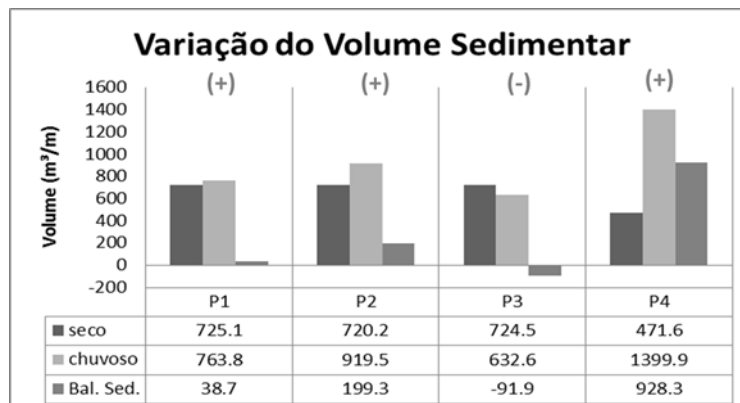


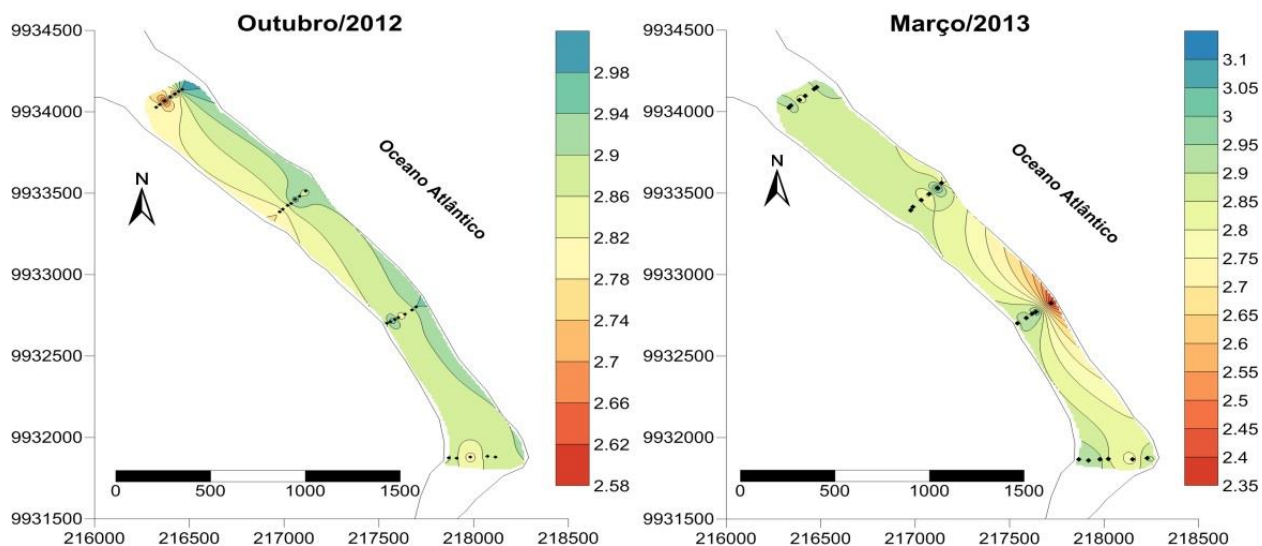
Figura 24 - Variação do volume sedimentar sazonal na praia de Fortalezinha, nos períodos seco (outubro/2012) e chuvoso (março/2013).



6.3 Parâmetros estatísticos granulométricos

A média granulométrica da área de estudo variou entre 2,75 ϕ (areia fina) e 3,09 ϕ (areia muito fina), onde os grãos do tamanho de *areia fina* foi predominante em toda extensão da praia para os dois períodos estudados (Figura 25). No período chuvoso a classificação dos sedimentos foi de *areia muito fina* para o setor central da praia. Em comparação com o trabalho de (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016) realizado em ambientes de macro maré, mostram que a média granulométrica também apresenta a predominância de areia fina.

Figura 25 - Média granulométrica dos sedimentos arenosos da praia de Fortalezinha.

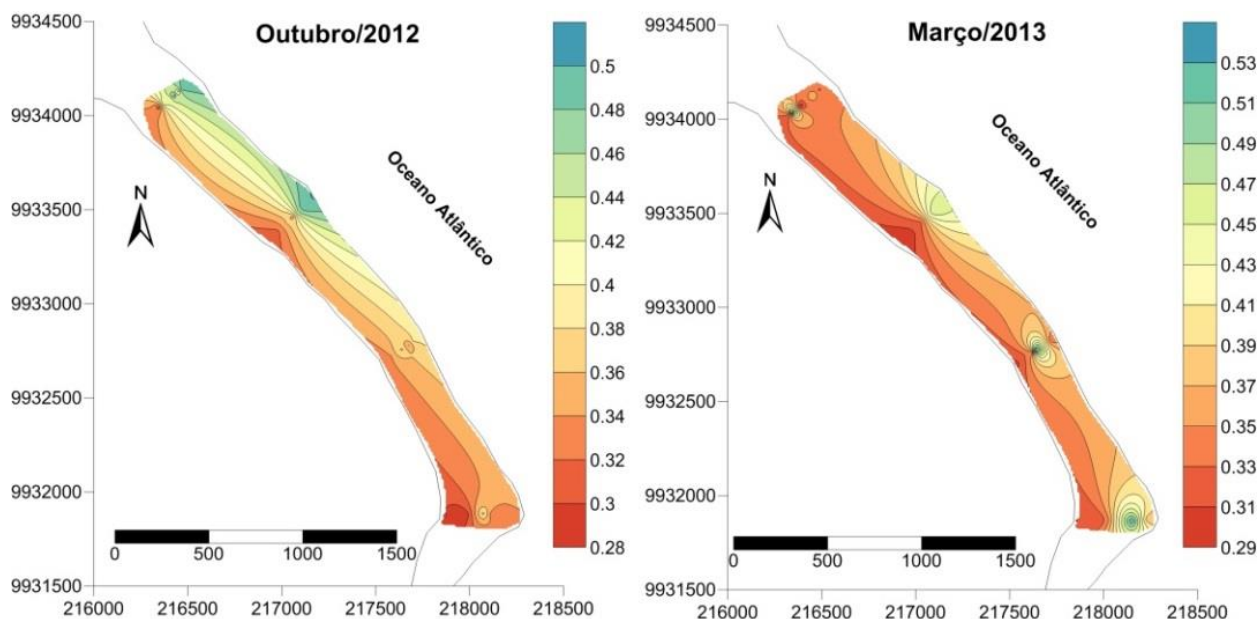


No setor NW da praia os valores da média granulométrica apresentaram uma diminuição do período seco para o chuvoso, principalmente na supramaré e intermaré, onde apresentou uma diminuição gradativa da média ao longo deste setor (Figura 25).

No setor SE, apresentou aumento da média, com valores de 2,88 ϕ no período seco e 2,83 ϕ no chuvoso. No período chuvoso houve aumento gradativo na média dos grãos ao longo do perfil praiial (Figura 25).

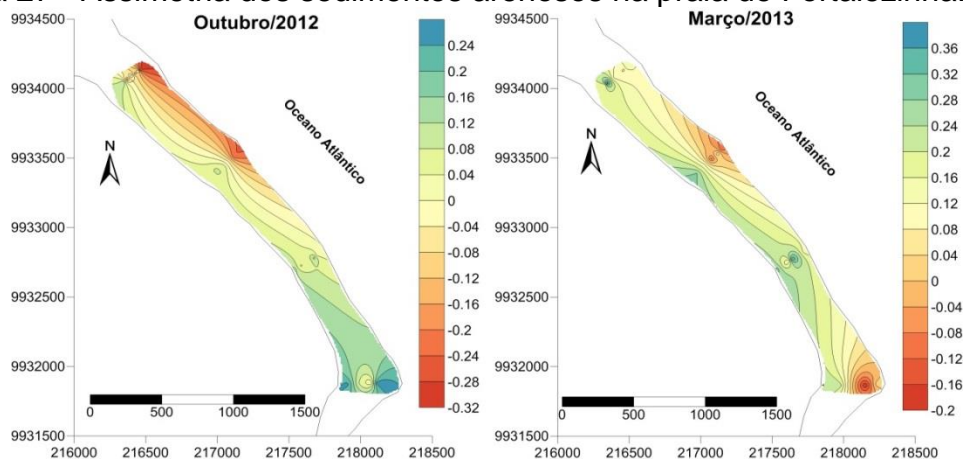
O grau de seleção (desvio padrão) na praia de Fortalezinha apresentou variação de bem selecionados para muito bem selecionados no período seco e de moderadamente selecionados para muito bem selecionados no período chuvoso. A (Figura 26) mostra que o grau de seleção na praia de Fortalezinha aumentou entre os períodos seco e chuvoso, apresentando a maior mudança nas zonas de intermaré e inframaré.

Figura 26 - Grau de seleção dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezazinha.



A assimetria apresentou variação de $-0,29 \phi$ (assimetria negativa) a $0,41 \phi$ (assimetria muito positiva) durante os períodos seco e chuvoso. No período seco este parâmetro variou ao longo da extensão praial, onde os sedimentos com *assimetria negativa* ($-0,3 \phi$ a $-0,1 \phi$) se concentraram no setor NW e os sedimentos com *assimetria positiva* ($0,10 \phi$ a $0,30 \phi$) no setor SE da praia (Figura 27).

Figura 27 - Assimetria dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezazinha.

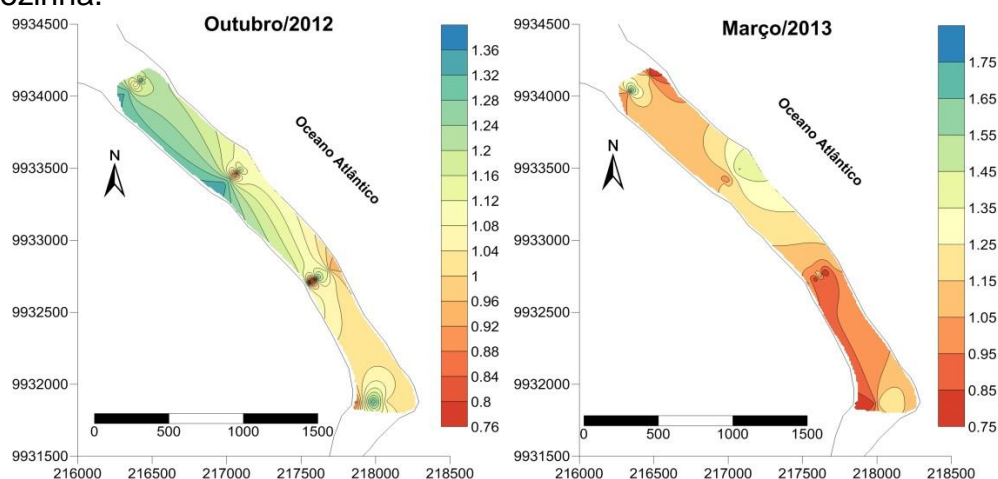


No período chuvoso, a assimetria apresentou algumas mudanças em relação ao período seco, sedimentos com *assimetria negativa* foram encontrados principalmente nos setores Central e SE da zona de inframaré.

No setor central da praia houve aumento de sedimentos com *assimetria positiva*, indicando que neste período ocorreu um ganho sedimentar, o inverso pode ser aos sedimentos de *assimetria negativa*.

Os valores *leptocúrticos* foram encontrados principalmente no setor NW da praia. Valores *mesocúrticos* e *platicúrticos* obtiveram maior concentração no setor NW durante o período seco. No período chuvoso valores platicúrticos foram bem mais acentuados nas zonas de supramaré e intermaré do setor SE e na zona de inframaré no setor NW.

Figura 28 - Parâmetros de curtose dos sedimentos arenosos na praia de Fortalezinha.



6.4 Estados morfodinâmicos

Segundo o modelo de Wright e Short (1984), que utiliza o parâmetro empírico adimensional Ω , a praia Fortalezinha apresentou dois estados morfodinâmicos distintos, de acordo com a energia de onda.

Durante o período seco teve característica de praia intermediária, com Ω entre 4,07 e 4,66. Apesar do parâmetro Ω caracterizar a praia como intermediária, os parâmetros morfométricos (declividade, variação da largura da praia e coeficiente de variação de linha de costa) sugeridos por Short e Hesp (1982), foram característicos de praia dissipativa.

A praia de Fortalezinha apresentou valores de Ω variando de 5,79 a 6,17, sendo caracterizada como dissipativa no período chuvoso. Esse padrão dissipativo das praias do NE do Pará, foi encontrado também por Ranieri e El-Robrini (2012), na praia da Romana em Curuçá bem como por Alves e El-Robrini (2004), Monteiro et al. (2009) na Praia de Ajuruteua, durante o período chuvoso.

Nas duas estações seca e chuvosa, os menores períodos de ondas ocorreram na enchente, este mesmo comportamento sazonal foi identificado nas praias de Curuçá (2012).

A (tabela 3) mostra o estado morfodinâmico da praia utilizando o parâmetro adimensional Ω .

Tabela 3- Estado morfodinâmico da praia de Fortalezinha .

Ω	Setor NW	Central	Setor SE
OUTUBRO	4.668	4.603	4.073
MARÇO	6.174	5.79	5.886

Tabela 4- Parâmetros morfométricos da praia de Fortalezinha. (β) é declividade da praia, (Yb) Largura da praia e (CVYb) Coeficiente de variação da linha de costa.

Período	P1			P2			P3			P4		
	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb	β (°)	Yb (m)	CVYb
OUTUBRO	1.21	190	7.44%	1.27	200	14.14%	0.97	200	14.14%	1.38	230	67.64%
MARÇO	1.07			1.07			0.95			0.51		

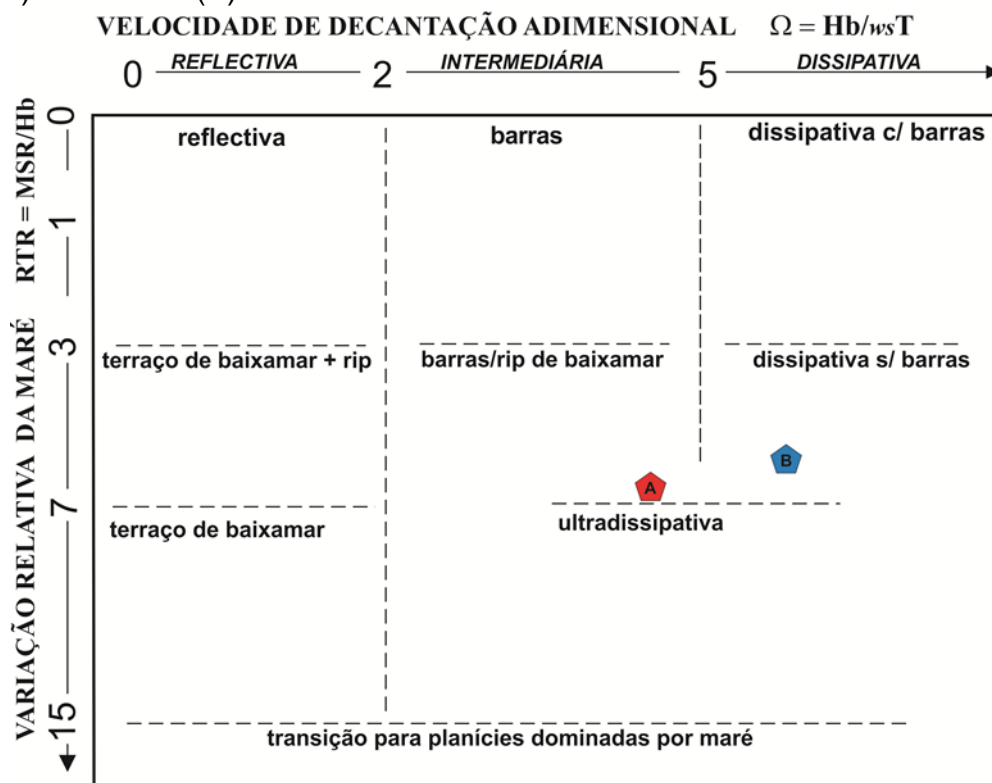
Os valores médios de RTR obtidos na praia de Fortalezinha caracterizam a praia como dominada pela interação entre ondas e maré, com RTR entre 6,61 e 7,01 no período seco e 6,07 a 6,46 no chuvoso (tabela 5).

Tabela 5- Valores do parâmetro relativo da maré (RTR) nos período seco (outubro) e chuvoso (março).

RTR	Setor NW	CENTRAL	Setor SE
OUTUBRO	6.61	6.81	7.01
MARÇO	6.07	6.3	6.46

Para uma melhor abordagem sobre o estado morfodinâmico foi utilizado o modelo conceitual proposto por Masselink e Short (1993), que integra o parâmetro RTR com o Ω de (DEAN, 1973). A praia de Fortalezinha apresentou estágio morfodinâmico característico de praia intermediária com sistema de barra canal de baixa mar ($3 < RTR < 7$ e $2 < \Omega < 5$) no período seco. No período chuvoso a praia foi caracterizada como dissipativa e sem a presença de barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) (Figura 29).

Figura 29- Estágios morfodinâmicos praias utilizando o parâmetro Ω e o RTR de acordo com o modelo conceitual de Masselink e Short, 1993, nos períodos Seco (A) e chuvoso (B).



7 CONCLUSÃO

Este trabalho concluiu que durante o período seco a direção preferencial foi de E, e no período chuvoso (março/2013) apresentou direção de NE. No período seco ocorreu uma grande transferência de sedimentos transversais, isso se deve ao fato do transporte eólico sofrer grande influência neste período. Com a força dos ventos e a escassez de chuvas os sedimentos tornaram-se mais desagregados facilitando o seu transporte da zona de espriamento para áreas adjacentes.

Devido a praia de Fortalezinha apresentar uma topografia relativamente baixa, os tipos de ondas predominantes foram do tipo deslizante correspondendo a maior altura durante o período chuvoso com direção NE. Tanto no período seco quanto no chuvoso as correntes de maré tiveram sentido preferencial NW. 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, o que caracteriza uma corrente costeira bidirecional na área. A praia desenvolveu características morfodinâmicas típicas de praia intermediária, seguindo para uma praia do tipo dissipativa. A praia adquiriu balanço sedimentar positivo, entre os períodos seco e chuvoso, com predomínio de granulometria composta por *areia fina* durante os dois períodos estudados.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-ELLACURIA, A.; ORFILA, A.; OLABARRIETA, M.; MEDINA, R.; VIZOSO, G.; TINTORÉ, J. A. Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. **Journal of Coastal Research**, v. 26, n.3, p. 503–509, 2010.
- ALVES, M.A.M.S. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua - NE do Pará**. 2001. 104f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2001.
- ALVES, M.A.M.S.; EL-ROBRINI, M. Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajuruteua, Bragança North Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39, p. 949–951, 2004.
- ANFUSO, G.; POZO, J.A.M. del; GRACIA, F.J.; LÓPEZ-AGUAYO, F. Long-shore distribution of morphodynamic beach states along an apparently homogeneous coast in SW Spain. **J Coast Conserv**, v. 9, p. 49–56, 2003.
- BARBOSA, V.M.; GREGÓRIO, A.M. DA S.; BUSMAN, D.V.; COSTA, R.A.A.M. DA, SOUZA FILHO, P.W.M. e; PEREIRA, L.C.C. 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**, v. 60-61, p. 31–43, 2007.
- BIRD, E.C.F. Lateral grading of beach sediments: a commentary. **Journal of Coastal Research**, v. 12, n. 3, p. 774–785, 1996.
- BIRKEMEIER, W.A. **Fast accurate two-person beach surveys**. Vicksburg, Mississippi, 1981. 22p. (U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center).
- BRAGA, F.P.S. **Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará**: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. 2007. 116f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém, 2007.
- BRYANT, E. Behavior of grain size characteristics on reflective and dissipative foreshores, Broken Bay, Australia. **Journal of Sedimentary Research**, v. 52, n.2, p.431- 450, 1982.
- BUSMAN, D.V. **Valoração de danos de erosão na praia do Farol Velho (Salinópolis), NE do Pará**. 2004. 50p., Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2004.
- CARTER, R.W.G. **Coastal environments**: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. London: Academic Press, 1988. 617p.

CARVALHO, C.A. **Estudo morfoestratigráfico e sedimentológico dos depósitos holocênicos da planície costeira de Maracanã - NE do Pará.** 2007. 129f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2007.

COSTA, F. F.; LIMA, W. N. **Avaliação geoquímica ambiental de área selecionada da bacia hidrográfica do rio Maracanã (Nordeste do Pará).** 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2004.

CORDOVIL, P.E.P. **Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de Macromaré: Ajuruteua, Pará.** 2010. 42f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém, 2010.

DAVIS JUNIOR, R.A. **Coastal sedimentary environments.** New York: Springer-Verlag, 1978. 420p.

DAVIS JUNIOR, R.A.; HAYES, M.O. What is a wave-dominated coast? **Marine Geology**, v. ou n. 60, p. 313–329. 1984.

DEAN, R.G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE. 1973, Sydney. [**Proceedings**]. Sydney: Institute of Engineers, 1973. p. 208-214.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Previsões de marés, altura de marés.** 2006. Disponível em: <http://bussola.mar.mil.br/busca.php?q=tabuas+de+mares&site=default_collation&client=default_frontend&output=xml_no_dtd>. Acesso em: 30 outubro 2014.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Previsões de marés, altura de marés.** 2011. Disponível em: <http://bussola.mar.mil.br/busca.php?q=tabuas+de+mares&site=default_collation&client=default_frontend&output=xml_no_dtd>. Acesso em: 30 outubro 2014.

FRANZINELLI, E. 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, [s.n.], 1992. p. 203-230.

GAO, S.; COLLINS, M. A critique of the “McLaren Method” for defining sediment transport paths. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 61, p. 143-146, 1991.

GEYER, R.; BEARDSLEY, R.; CANDELA, J.; CASTRO, B.; LEGEKIS, R.; LENTZ, S.; LIMBURNER, R.; MIRANDA, L.; TROWBRIDGE, J. The physical oceanography of the Amazon outflow. **Oceanography**, v. 4, p. 8–14, 1991.

GREGÓRIO, A.M.S.; MENDES, A.C.; BUSMAN, D.V. Morfodinâmica da praia do Atalaia - Salinópolis/Pará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5.; SIMPÓSIO DE SEDIMENTOLOGIA COSTEIRA, 11., 2005, Niterói, RJ. **Anais...** Niterói, RJ.: Universidade Federal Fluminense, 2005. [1 CD-ROM].

GUERREIRO, J.S. **Análise dinâmica morfo-sedimentar da praia da Marieta - Ilha do Marco-Maracanã (NE do Pará)**. 2010. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém, 2010.

GUZA, R.T.; INMAN, D.L. Edge waves and beach cusps. **J. Geophys. Res.**, v. 80, p. 2997–3012, 1975.

JACKSON, D.W.T.; COOPER, J.A.G.; DEL RIO, L. Geological control of beach morphodynamic state. **Marine Geology**, v. 216, n.4, p. 297–314, 2005.

JOHNSON, D. W. **Shore processes and shoreline development**. Nova York: Wiley, 1919.

KING, C.A.M. **Beaches and coasts**, 1 ed. London, UK: ed. Edward Arnold, 1959. 403p.

KOMAR, P.D. (Coord.). **Beach processes and sedimentation**, New Jersey: Prentice-Hall, 1976. 464p.

Le ROUX, J.P. An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. **Sedimentary Geology** v. 94, n.1-2, p. 97–107, 1994.

MÁCOLA, G.; EL-ROBRINI, M. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos**. Relatório final. Belém: DNPM/CPRM, 2004. 35p.

MASCARENHAS, A.L.S. **Análise geoambiental da Ilha de Algodoal-Maiandeua-PA**. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado) - UFC, PPGeo, 2006.

MASSELINK, G., PATTIARATCHI, C.B. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. **Marine Geology** v. 172, n.3, p. 243–263, 2001.

MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research** v. 9, n.3, p. 785–800, 1993.

MASSELINK, G.; TURNER, I.L. 1999. Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics. In Short, A. D. (ed.), *Handbook of beach and Shoreface Morphodynamics*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 204-229.

McLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Research** v. 51, n.2, p. 611–624, 1981.

McLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Research**, v.55, n.4, p. 457–470, 1985.

MEIRELES, A.J. de; SILVA, E.V. da. 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**, n.6, p. 105–132, 2002.

MONTEIRO, M.C.; PEREIRA, L.C.C.; GUIMARÃES, D. de O.; COSTA, R.M. da. Ocupação Territorial e variações morfológicas em uma praia de Macromaré do litoral Amazônico, Ajuruteua-PA, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada** v. 9, p. 91–99, 2009.

MORAIS, B.C. **Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

PAGLIARINI-CORDOVIL, P.E. **Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macro maré: Ajuruteua, Pará**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

PEREIRA, L.C.C.; SILVA, N.I.S. da; COSTA, R.M. da; ASP, N.E.; COSTA, K.G. da; VILA-CONCEJO, A. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 43, p. 95–106, 2012.

PETHCK, J. **An introduction to coastal geomorphology**. Londres: Edward Arnold, 2002.

RANIERI, L.A. **Morfodinâmica e transporte de sedimentos na praia da Romana, ilha dos Guarás (Nordeste do Pará)**. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém, 2011.

RANIERI L. A; EL-ROBRINI, M. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da praia da Romana, ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). **Geociências**, São Paulo, [online], v. 31, p. 103, 2012.

RANIERI, L. A; EL-ROBRINI, M. Condição oceanográfica, uso e ocupação da costa de Salinópolis (Setor Corvina-Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.1, p.1, 2016.

ROSA, L.C. da; BORZONE, C.A. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 38, 237–245, 2008.

ROSSETTI, D.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A.M. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras na região Bragantina, Nordeste do Pará.** 1989. Disponível em: <<http://repositorio.museu-goeldi.br/jspui/handle/123456789/623>>. Acesso em 3.20.14.

ROSSETTI, D.F. Late Senozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. **Journal of South American Earth Sciences**, 14, n. 1, p. 77-89, 2001.

RUIVO, M.L.P.; AMARAL, I.G.; RIBEIRO, E.L.C.; GUEDES, A.L.S. Os solos de uma toposequencia na ilha de Algodal/Maiandeuá, Nordeste do Pará: composição química e produção de matéria orgânica. **Acta Amazônia**, Manaus, v. 32, n2, p.257-266, 2002.

SANTOS, V.F. **Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodal e Marudá.** 136f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 1996.

SENA, C.; SARMENTO, A. P. 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, 1996.

SILVA, E.V. **Dinâmica da paisagem: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil).** 1993. Tese (Doutorado), Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, SP. 1993.

SILVA, M.S. **Morfoestratigrafia e evolução holocênica da planície costeira de Salinópolis, Nordeste do estado do Pará.** 1996. 145p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

SILVA, C.A. **Morfologia e análise da sucessão deposicional do vale inciso quaternário de Marapanim, Norte do Brasil.** 2009. 157f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Belém, 2009.

SHORT, A.D.; HESP, P.A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology** v. 48, n.3, p. 259–284, 1982.

SHORT, A.D. Beaches, In: SHORT, A.D. (ed.). **Handbook of beach and shoreface morphodynamics.** Chichester, UK.: John Wiley & Sons, 1999. p. 1–19.

SHORT, A.D. Macro-meso tidal beach morphodynamics: an overview. **Journal of Coastal Research**, v.7, n.2, p. 417–436, 1991.

SOUZA FILHO, P. W. M. e. **A Planície Costeira Bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno.** 1995. 123f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 1995.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, XIII, 1973. 317 p.

VALENTE, M. A. et .al. **Solos da Ilha de Algodal-Maiandeuá**: município de Maracanã estado do Pará. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 1999.

WENTWORTH, C.K. A Scale of grade and class terms for clastic Ssdiments. **The Journal of Geology** v. 30, p. 377–392, 1922.

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G. Coastal depositional landforms a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, n. 1, p. 412–459, 1977.

WRIGHT, L.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v. 56, n.1, p. 93–118, 1984.