



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA ESTUARINA: O CASO DE BEJA (ABAETETUBA – PARÁ)

Trabalho apresentado por:

MARIA BÁRBARA PEREIRA DE SOUSA

Orientador: Prof. Dr. Maamar El-Robrini (UFPA)

**BELÉM
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA ESTUARINA: O CASO DE
BEJA (ABAETETUBA – PARÁ)**

Trabalho apresentado por:

MARIA BÁRBARA PEREIRA DE SOUSA

Orientador: Prof. Dr. Maamar El-Robrini (UFPA)

**BELÉM
2017**

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

Sousa, Maria Bárbara Pereira de, 1995 -

Morfodinâmica de uma praia estuarina: o caso de Beja (Abaetetuba –
Pará) / Maria Bárbara Pereira de Sousa. – 2017.

xii, 50 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,
2017.

1. Sedimentologia – Abaetetuba (PA). 2. Transporte de sedimentos.
3. Praias - Abaetetuba (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.3098115



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA ESTUARINA: O CASO DE
BEJA (ABAETETUBA – PARÁ)**

TRABALHO APRESENTADO POR:

MARIA BÁRBARA PEREIRA DE SOUSA

Como requisito à obtenção do grau de bacharelado em OCEANOGRAFIA

Data de aprovação: 29/08/2017

Banca examinadora:

**Prof. Maamar El-Robrini - Orientador
(Dr. em Geologia Marinha – UFPA)**

**Prof. Leilanne Almeida Ranieri – Membro
(Drª. em Geologia – UFPA)**

**Ms. Paulo Victor Magno Silva – Membro
(Ms. em Geologia – UFPA)**

Aos meus pais Telma e João, por
serem a minha base.
À minha avó Neuza (*in memoriam*),
por ter sido uma segunda mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Telma e João Sousa por sempre terem feito de tudo para me proporcionarem um ensino de qualidade desde criança. Mas, principalmente pela confiança, incentivo, amor e carinho que eu recebi e recebo todos os dias. Amo vocês!

Aos meus amigos do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), em especial ao Paulo Victor, Augusto, Frejat, Alberto, Rodrigo e Marcus pela amizade e pelo apoio durante o campo, e também à Larissa e Thamires por me ajudarem a realizar as análises no laboratório.

Ao meu orientador, Maamar El Robrini, por ter acreditado em mim e pela orientação. Obrigada pela sua paciência comigo.

Um enorme obrigado aos meus amigos de curso (F.R.I.E.N.D.S), em especial ao Marcus Coimbra, Irla Ramos, Priscila Pavão e Micaela Valentim pela amizade e por tornarem todos os dias mais leves e divertidos durante esses 4 anos de pura loucura. Vocês são os melhores amigos que a vida e a oceanografia poderia me dar. Somos mais que friends, somos amigos!

Ao meu parceiro, companheiro, melhor amigo e namorado, Marcos Paulo, que embarcou nessa loucura que é a graduação junto comigo, mesmo que indiretamente. Obrigada por todas as horas que você se dedicou para me ensinar física e afins desde o convênio e pelo mais importante, carinho e amor.

À professora Leilanhe Ranieri e ao Paulo Victor por sempre estarem dispostos a me ajudar e tirar minhas dúvidas, além de todo o conhecimento passado em sala de aula e no laboratório.

À Carolina Ramos por compartilhar e viver comigo todos os sentimentos possíveis durante a confecção das nossas monografias, por toda ajuda e amizade.

À minha amiga Evelyn Bittencourt por ter entrado e permanecido na minha vida desde o convênio e por ter sido um verdadeiro anjo para mim.

Obrigada de coração a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

“ Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano na verdade continua misterioso diante dos meus olhos. ”

Isaac Newton

RESUMO

A praia de Beja (Abaetetuba - Pará), possui uma vulnerabilidade à erosão, intensificada principalmente por processos antrópicos como a ocupação desordenada da orla. Em virtude disso, objetivou-se analisar a morfodinâmica da praia de Beja. A metodologia consistiu: (1) na aquisição de dados da topografia da praia, dados hidrodinâmicos, amostragem de sedimentos superficiais e com *traps* portáteis e, observação da orla da praia para classificação da mesma, através de duas campanhas (no período chuvoso, entre os dias 25 e 27/07/2016 e no período seco, no dia 15/11/2016); (2) análise laboratorial para a separação granulométrica dos sedimentos superficiais e; (3) processamento dos dados para a classificação granulométrica dos sedimentos, morfodinâmica de praia e seus parâmetros morfométricos mediante o uso dos programas *SysGran*, *Grapher* e Excel, respectivamente. A praia de Beja foi classificada como intermediária, sendo Bancos Transversais ($\Omega = 3,06$) durante o período chuvoso e Terraço de Baixa Mar ($\Omega = 2,12$) no seco, porém apresentando fortes características dissipativas. O setor central se destacou, manifestando característica erosiva ($-21,13 \text{ m}^3/\text{m}$ de volume sedimentar em Novembro) que pode ser explicada pela localização do mesmo, o fenômeno de superlua e a disposição da orla. O transporte de sedimentos foi maior na estação chuvosa e durante a maré enchente ($23,60 \text{ g/h/m}^2$), devido a intensificação da hidrodinâmica local e da pluviosidade. Em relação a classificação e tipologia da orla, a praia de Beja foi dividida em Orla abrigada não urbanizada ou Classe A e Orla abrigada em processo de urbanização ou Classe B, sendo esta última a classificação mais abrangente da praia. Devido ao crescente processo de urbanização, como a construção da orla, foi causado uma alteração na hidrodinâmica e configuração da praia de Beja.

Palavras-chave: Morfodinâmica. Transporte de sedimentos. Orla. Praia de Beja.

ABSTRACT

The Beja beach (Abaetetuba - Pará), has a vulnerability to erosion, intensified mainly by anthropic processes such as the disorderly occupation of the shore. For this purpose, we aimed to analyze the morphodynamics of Beja beach. The methodology consisted of: (1) the acquisition of beach topography data, hydrodynamic data, sampling of surface sediments and with portable traps, and beachside observation for classification of the beach, through two campaigns (rainy season, 25-27/07/2016 and in dry season, 15/11/2016); (2) laboratory analysis for the granulometric separation; (3) data processing for morphodynamics classification and morphometric parameters using Grapher and Excel softwares and grading of granulometry using the SysGran software. The Beja beach was classified as intermediate, being Transverse Banks ($\Omega = 3,06$) during the rainy season and Low Tide Terrace ($\Omega = 2,12$) in the dry period, but presenting strong dissipative characteristics. The central sector stood out, showing an erosive characteristic ($-21,13 \text{ m}^3/\text{m}$ of sedimentary volume in november) that can be explained by the sector location, the phenomenon of supermoon and the layout of the border. Sediment transport was higher in the rainy season and during the flood tide ($23,60 \text{ g/h/m}^2$) due to the intensification of local hydrodynamics and rainfall. In relation to the classification and typology of the border, the Beja beach was divided into sheltered Orla not urbanized or Class A and sheltered Orla in process of urbanization or Class B, the latter being the most comprehensive classification of the beach. Due to the increasing process of urbanization, such as the construction of the shoreline, a change in the hydrodynamics and configuration of Beja beach was caused.

Keywords: Morphodynamics. Sediments transport. Orla. Beja Beach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação do perfil de praia segundo a zonação hidrodinâmica e morfológica de acordo com Davis (1985) e Souza Filho et al. (2003) respectivamente	5
Figura 2- Representação das características dos seis estágios praias.	7
Figura 3- A orla marítima delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar.	8
Figura 4- Esquema das orlas para a primeira tipologia.	9
Figura 5- Mapa de localização da praia de Beja., observar os setores Sul (A, B), Central (C), Norte (D, E) na foz do rio Tocantins.	13
Figura 6- Mapa geológico de Abaetetuba/Pará.	16
Figura 7- Brinquedos de miriti em exposição no MIRITIFEST.	18
Figura 8- Equipamentos utilizados para realização dos perfis topográficos. Vista frontal do nível e tripé (A) e da régua (B).	20
Figura 9- Amostragem de sedimento superficial com o auxílio de uma pá improvisada.	21
Figura 10- Traps portáteis para coleta de sedimento. Preparação das armadilhas (A). Torre de traps, vista de cima (B). Retirada da armadilha da água (C).	21
Figura 11- Perfis topográficos realizados nos setores Norte (D, E), Central (C) e Sul (A, B) da praia durante os períodos chuvoso e seco.	27
Figura 12- Áreas de acresção e erosão identificadas nos setores da praia entre as estações.	29
Figura 13- Parâmetros granulométricos referentes aos períodos chuvoso e seco.	32
Figura 14- Mapa de distribuição dos parâmetros granulométricos na praia de Beja.	33
Figura 15- Fluxo de sedimentos obtidos em cada trap portátil durante o período chuvoso.	34
Figura 16- Fluxo de sedimentos obtidos em cada trap portátil durante o período seco.	35
Figura 17- Comparação do transporte sedimentar em cada rede ou trap, durante a maré enchente e a vazante, nos períodos chuvoso e seco.	36
Figura 18- Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal na praia de Beja nos períodos chuvoso e seco.	37
Figura 19- Classificação da orla da praia de Beja.	38
Figura 20- Trechos da praia de Beja.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- As 12 tipologias da orla.....	10
Tabela 2- Classificação de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos e lamosos.	24
Tabela 3- Parâmetros morfométricos dos três setores da praia de Beja.	28
Tabela 4- Parâmetros hidrodinâmicos da praia de Beja.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 PRAIAS ARENOSAS.....	4
3.2 MORFODINÂMICA PRAIAL	5
3.3 PROJETO ORLA	7
3.3.1 Tipos Genéricos de Orla Marítima	9
3.3.2 Classificação da Orla.....	11
3.4 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS.....	11
4 ÁREA DE ESTUDO.....	13
4.1 CLIMA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	13
4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS	14
4.3 HIDROGRAFIA.....	15
4.4 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS.....	17
4.5 ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS E CULTURAIS	17
5 METODOLOGIA.....	19
5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS EM CAMPO	19
5.1.1 Levantamento do Perfil Topográfico	19
5.1.2 Amostragem de Sedimento	20
5.1.3 Hidrodinâmica	21
5.2 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	22
5.2.1 Classificação granulométrica dos sedimentos superficiais	22
5.3 ANÁLISE DE DADOS	23
5.3.1 Classificação morfodinâmica e parâmetros morfométricos	23

5.3.2 Classificação da granulometria	24
5.3.3 Cálculo da taxa do transporte de sedimentos	24
5.4 CLASSIFICAÇÃO DA ORLA DA PRAIA DE BEJA	25
6 RESULTADOS	26
6.1 MORFOLOGIA DA FACE PRAIAL	26
6.2 ESTADO MORFODINÂMICO	30
6.3 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS	30
6.4 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS.....	34
6.5 CLASSIFICAÇÃO E TIPOLOGIA DA ORLA	37
7 DISCUSSÕES	40
7.1 CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA	40
7.2 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS.....	41
7.3 CLASSIFICAÇÃO E TIPOLOGIA DA ORLA	42
8 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) é um ambiente bastante diversificado e altamente produtivo, visto que é uma zona de interação entre os meios marinhos, terrestres e atmosféricos (Moraes 1999, Szlafsztein 2009). No entanto, o crescimento populacional e, muitas vezes, a consequente ocupação desordenada desta faixa, aumentam a pressão sobre os recursos costeiros, levando a degradação destes e de outros sistemas litorâneos, como os estuário e praias, que tem a função de proteger o litoral (Araújo *et al.* 2006). Visando o ordenamento de uso e ocupação da ZC brasileira, o Ministério do Meio Ambiente criou o Projeto Orla.

O Projeto Orla vem propondo, dentre outras ações, parâmetros de classificação da orla, tanto dos seus atributos físico-naturais quanto em relação a sua utilização e conservação. Este projeto, incentivado pelo Governo Federal, foi implantado em 17 Estados do Brasil. No Pará está sendo tratado com base em informações peculiares sobre a hidrodinâmica estuarina e costeira da Região Norte, as unidades morfológicas, os dados socioeconômicos, as leis ambientais e os aspectos fundiários (Ranieri 2014).

As praias arenosas ocorrem em todas as latitudes, tipos de clima, marés e formas da ZC onde as ondas interagem com sedimentos acumulados nas linhas de costa. A hidrodinâmica que existe ao longo da praia é o resultado da interação de ondas e marés. Estes movimentos da água exercem atrito sobre os sedimentos móveis da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte. São estes gradientes que ocasionam mudanças em morfologia, as quais, por sua vez induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante, ou seja, a morfologia e a hidrodinâmica evoluem conjuntamente (Short 1996, 1999).

A morfodinâmica praial é um método de estudo que integra observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebenção (Calliari *et al.* 2003), envolvendo o transporte sedimentar (Wright & Thom 1977). Portanto, o processo morfodinâmico na costa reflete, ao longo do tempo, diferentes padrões de transporte sedimentar e seus produtos deposicionais, que estão controlados pela interação entre topografia e hidrodinâmica (Carter & Woodroffe 1995).

A praia de Beja está localizada na vila de mesmo nome, pertencente ao município de Abaetetuba e está situada à margem direita da foz do rio Tocantins. Possui uma vulnerabilidade à erosão, intensificada principalmente por processos antrópicos como a intensa ocupação desordenada da orla e a utilização da areia da praia para construção civil.

Deste modo, é de fundamental importância que haja um monitoramento da praia, buscando compreender a interação das condições oceanográficas como a hidrodinâmica e transporte sedimentar com os processos erosivos atuantes, podendo contribuir em um futuro planejamento ambiental da ZC.

Na região Norte do Brasil, mais especificamente na Baía do Marajó foram realizados alguns trabalhos sobre morfodinâmica praial como de Bittencourt (2016), que caracterizou a morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna, além de Braga (2009), ambos na ilha do Marajó. Farias (2006), analisou a variabilidade morfossedimentar das praias estuarinas do Amor e dos Artistas na ilha de Caratateua, entre outros. Cabe ressaltar, dessa maneira, a carência de estudos oceanográficos no município de Abaetetuba e na praia de Beja.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a morfodinâmica da praia de Beja (Abaetetuba - Pará).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o comportamento sazonal (períodos chuvoso e seco) da morfodinâmica da praia de Beja;
- b) Quantificar o transporte longitudinal de sedimentos sobre a praia de Beja;
- c) Classificar a orla da praia de Beja quanto a sua tipologia e classes genéricas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PRAIAS ARENOSAS

As praias são ambientes de dinâmica alta, onde suas características morfológicas são modeladas segundo o agente modificador dominante, no caso as ondas ou maré, e os atributos dos sedimentos que a compõe, principalmente a granulometria, normalmente arenosa (Sousa 2010).

O entendimento da dinâmica sedimentar no ambiente praial é de grande importância para o planejamento ambiental das ZC's, auxiliando na compreensão de modelos físicos de previsão de mudanças nos posicionamentos da linha de praia, em resposta às variações do nível do mar, e na alteração da taxa de sedimentação (Suguio *et al.* 2005).

Existe uma zonação hidrodinâmica e uma zonação morfológica da praia, no entanto, não há uma padronização na nomenclatura para os seus ambientes ou feições na literatura internacional e brasileira. Dessa forma, neste trabalho foi adotada a zonação hidrodinâmica sugerida por Davis (1985) e a zonação morfológica sugerida por Souza Filho *et al.* (2003) (Figura 1).

A zonação hidrodinâmica da praia é dividida em:

- Zona de Espraimento: região delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face da praia e local onde ocorre os transportes transversais, longitudinais e eólico de sedimentos;
- Zona de Surf: caracterizada pela dissipação da energia das ondas incidentes. Está diretamente relacionado com o tipo de quebra das mesmas, e depende, secundariamente, da amplitude de maré;
- Zona de Arrebentação: é a porção da praia individualizada por esse processo, caracterizada no modo de dissipação energética da onda sobre a praia.

A zonação morfológica da praia é dividida em:

- Zona de Supramaré: região compreendida desde a linha de maré alta de sizígia até o limite topográfico da praia em direção ao continente ou mudança na fisiografia. Nesta zona ocorre o transporte eólico de sedimento;
- Zona de Intermaré: é a face da praia e está limitada entre as linhas de maré alta e baixa de sizígia, ocorrendo os três tipos de transporte de sedimento;
- Zona de Inframaré: está compreendida desde a linha de maré baixa de sizígia até a costa a fora. É a zona onde ocorrem o transporte transversal e longitudinal de sedimento.

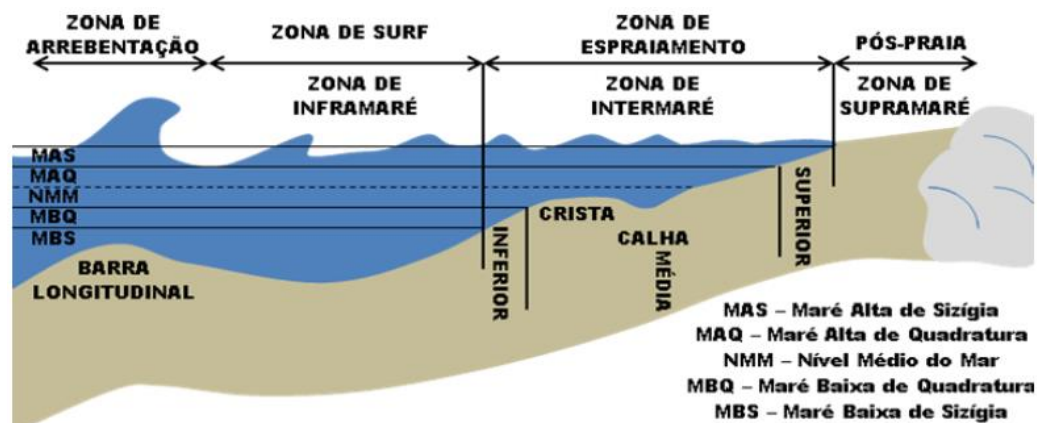


Figura 1- Representação do perfil de praia segundo a zonação hidrodinâmica e morfológica de acordo com Davis (1985) e Souza Filho *et al.* (2003) respectivamente;
Fonte: Ranieri (2014)

Segundo Bascom (1951) o tamanho do grão influencia diretamente a declividade da face da praia. Quanto menor o tamanho do grão menor será a declividade da face da praia. Já Wiegell (1964) afirma que uma praia com mesmo tamanho de grão pode ter declividades diferentes.

Para Evans (1939), quanto menos inclinada for a face da praia, maiores serão as diferenças de velocidade entre as correntes de ‘swash’ e ‘backwash’, e como consequência, maiores as diferenças no tamanho de grão entre as populações de ‘swash’ e ‘backwash’, resultando em um menor grau de seleção das amostras no estirâncio.

3.2 MORFODINÂMICA PRAIAL

O termo “morfodinâmica praial” foi introduzido na literatura pela primeira vez por Wright & Thom (1977), que definem morfodinâmica costeira como sendo o ajustamento mútuo da topografia e dinâmica dos fluidos envolvendo o transporte de sedimentos.

Diferentes modelos conceituais de praias têm sido propostos, mas os modelos da escola Australiana de Geomorfologia Costeira se destacam. Wright & Short (1984) e Short (1991, 1999) classificaram as praias da costa australiana em seis estados morfodinâmicos (Figura 2): um dissipativo, um refletivo e quatro estágios intermediários: o Banco e Calha Longitudinal (BCL), Banco e Praia de Cúspides (BPC), Bancos Transversais (BT) e o Terraço de Baixa Mar (TBM).

O estado dissipativo (Figura 2a) é caracterizado pela alta energia de onda, exibindo um perfil de praia aplainado, composto de areia fina e gradientes suaves, apresentando extensa

zona de surfe e mais de uma linha de arrebentação o que caracteriza a ocorrência de vários bancos paralelos (Wright & Short 1984, Bastos & Silva 2000). Segundo Bastos & Silva (2000), o extremo dissipativo pode ser comparado morfológicamente aos perfis de tempestade em praias com variação sazonal.

O estado extremo refletivo (Figura 2f) é caracterizado por perfis com a face de praia bastante íngreme, onde as ondas comumente quebram diretamente na face de praia, causando uma maior velocidade de espraçamento. As praias refletivas desenvolvem cúspides ou alinhamento de cristas de berma elevadas, compostas por areias grossas e são também mais instáveis à erosão em função do aumento da energia das ondas (Bastos & Silva 2000). A arrebentação predominante neste estágio é do tipo ascendente e mergulhante (Calliari *et al.* 2003).

Masselink & Short (1993) e Masselink & Turner (1999) passaram a considerar também os efeitos relativos das ondas e marés na morfologia das praias. Os mesmos combinaram os modelos preexistentes com o conceito de Davis & Hayes (1984) sobre variação relativa das marés, resultando na criação do modelo empírico RTR (Parâmetro Relativo da Maré), aplicável ao ambiente de meso e macromaré.

Wright & Short (1984) estabeleceram a relação entre o estado de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos utilizando o parâmetro adimensional ômega (Ω) de Dean (1973):

$$\Omega = \frac{H_b}{\omega_s T}$$

onde:

H_b = altura significativa da onda na arrebentação;

ω_s = velocidade média de decantação dos sedimentos da face da praia e;

T = período médio das ondas.

Segundo Short (1999) a aplicação do parâmetro Ω não é suficiente para caracterizar o comportamento morfodinâmico para ambientes de meso e macromarés, no caso do Brasil, os do litoral norte e nordeste. Short (1999) aponta que as condições apresentadas pelo ambiente a partir do parâmetro Ω , em localidades com grande amplitude de maré, não condizem com as que demonstram as reais condições morfodinâmicas, sendo necessário incorporar o fator variação da amplitude da maré para obter uma classificação mais satisfatória.

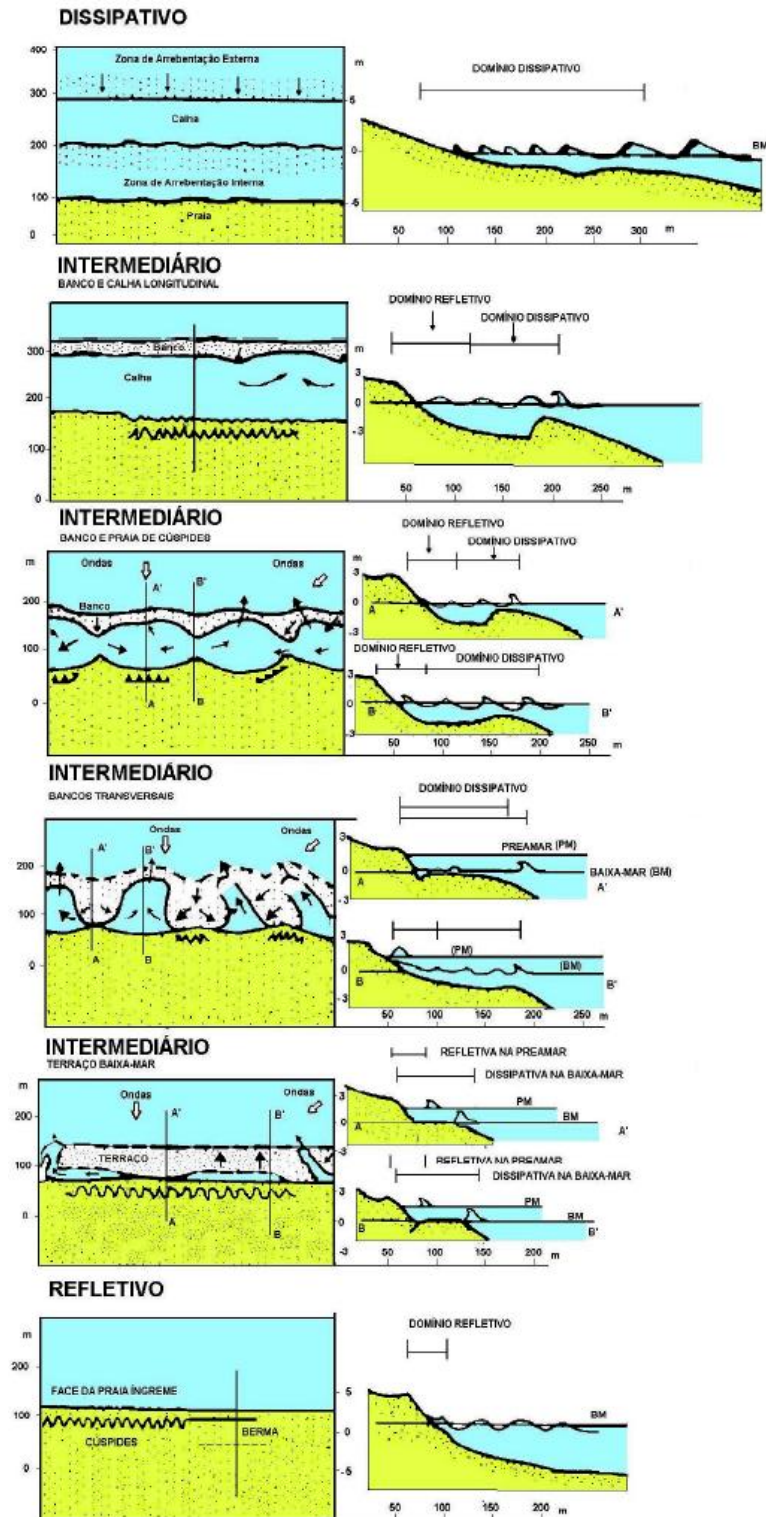


Figura 2- Representação das características dos seis estágios praias.
 Fonte: Adaptado de Wright & Short (1984 *apud* Muehe 1996).

3.3 PROJETO ORLA

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla – surge como uma ação inovadora no âmbito do Governo Federal, conduzida pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos, e pela Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, buscando implementar uma política nacional que harmonize e articule as práticas patrimoniais e ambientais, com o planejamento de uso e ocupação desse espaço que constitui a sustentação natural e econômica da Zona Costeira (Brasil 2004).

Segundo Muehe (2001), a orla costeira é uma estreita faixa de contato do continente com o mar, na qual a ação dos processos costeiros se faz sentir de forma mais acentuada e potencialmente mais crítica, à medida que efeitos erosivos ou deposicionais podem alterar sensivelmente a configuração da linha de costa.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2006), a orla marítima tem uma zona marinha e uma área terrestre (Figura 3). A zona marinha, vai até isóbata de 10 m, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos. A área terrestre, vai até 50 m em áreas urbanizadas ou 200 m em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas.

O Projeto Orla propõe parâmetros de classificação da orla, tanto dos seus atributos físico-naturais quanto em relação a sua utilização e conservação. Um dos fundamentos deste projeto é o emprego de instrumentos de ordenamento territorial, com a classificação e o enquadramento da Orla Marítima, considerando o padrão de qualidade ambiental que se deseja atingir e/ou manter ao longo do tempo, segundo classes de trechos da Orla, tipologias e estratégias de ação (Sobrinho 2006).

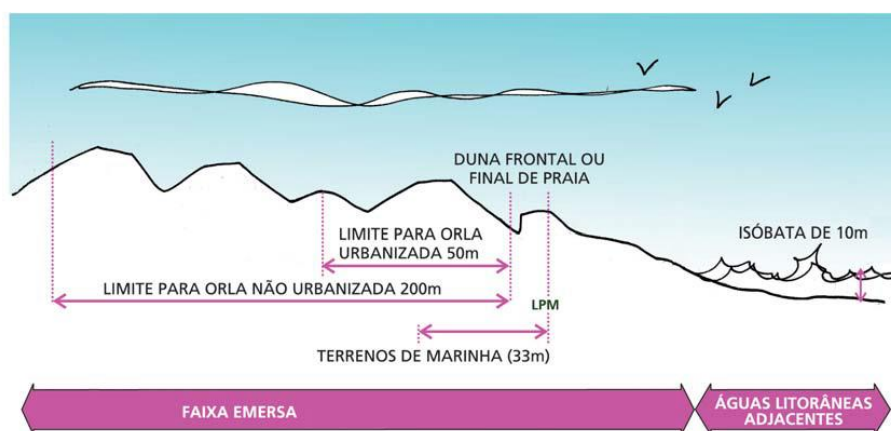


Figura 3- A orla marítima delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar.
Fonte: MMA (2006).

3.3.1 Tipos Genéricos de Orla Marítima

A orla marítima está dividida em dois tipos genéricos de acordo com MMA (2006). A primeira tipologia leva em consideração a forma da orla, sua posição ou grau de exposição e suas características físicas (Figura 4), distinguindo-se três situações que são:

- Orla Abrigada: geralmente é constituída por golfos, baías, enseadas, estuários ou praias protegidas da ação direta de ondas. Podem apresentar sedimentos de granulometria fina (de areia fina a argila) e salinidade sujeita a flutuações acentuadas. Praias com formato côncavo, típicos de litorais recortados;
- Orla Exposta: constituído por costões rochosos ou praias oceânicas, geralmente praias abertas com zonas de arrebentação bem desenvolvida e presença de sistemas de dunas frontais, além de sedimentos compostos por areia grossa, média e fina. As praias apresentam formato de baixa concavidade, sendo mais retilíneas;
- Orla Semi-abrigada: apresenta características intermediárias entre as orlas expostas e abrigadas. Esse tipo de orla tem o sistema similar com o de praias protegidas, mas o tamanho ou orientação da praia permite alguma ação hidrodinâmica. Geralmente são praias abertas para entrada de baías ou de enseadas muito amplas e com granulometria compreendida entre areia média a muito fina.

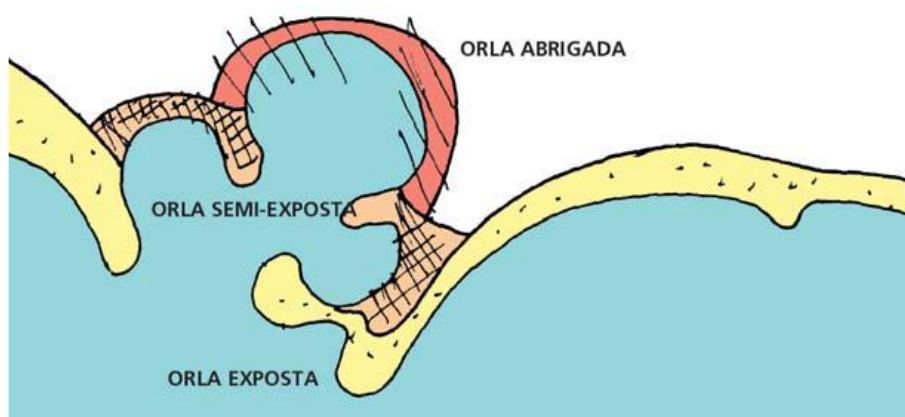


Figura 4- Esquema das orlas para a primeira tipologia.
Fonte: MMA (2006).

Já a segunda tipologia leva em consideração os níveis de ocupação e de adensamento populacional na orla, dividindo-se em quatro tipos genéricos, que são:

- Orla não urbanizada: são áreas de baixíssima ocupação e contém paisagens com alto grau de originalidade natural e com baixo potencial de poluição sanitária e estética, geralmente associadas à atividades rurais;
- Orla em processo de urbanização: são áreas de baixo a médio adensamento populacional e de construções, apresentando indícios de ocupação recente ou em processo de ocupação atual e paisagens parcialmente antropizadas;
- Orla com urbanização consolidada: são áreas de médio a alto adensamento populacional ou de construções e apresentam paisagem altamente antropizada;
- Orla de interesse especial: são os espaços destinados a usos específicos como áreas militares, de tráfego aquaviário, com equipamentos geradores de energia, de unidades de conservação, tombadas e de reservas indígenas.

Combinando as duas tipologias, resulta-se em 12 tipos genéricos (Tabela 1).

Tabela 1- As 12 tipologias da orla.

TIPOLOGIA DA ORLA	
Abrigada não urbanizada	Ambiente protegido da ação direta das ondas, com baixíssima ocupação, paisagens com alto grau de originalidade
Semi-abrigada não urbanizada	Ambiente parcialmente protegido da ação direta das ondas, ventos e correntes, com baixíssima ocupação, paisagens com alto grau de originalidade natural
Exposta não urbanizada	Ambiente sujeito à alta energia de ondas, ventos e correntes com baixíssima ocupação, paisagens com alto grau de originalidade natural
De interesse especial em áreas não urbanizadas	Ambientes com ocorrência de áreas militares, de tráfego aquaviário, com instalações portuárias, geradoras de energia, unidades de conservação, áreas tombadas, reservas indígenas, cercados por áreas de baixa ocupação
Abrigada em processo de urbanização	Ambiente protegido da ação direta das ondas, com baixo a médio adensamento de construções e população residente, com indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente antropizadas
Semi-abrigada em processo de urbanização	Ambiente parcialmente protegido da ação direta das ondas, ventos e correntes, com baixo a médio adensamento de construções e populacional, com indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente antropizadas
Exposta em processo de urbanização	Ambiente sujeito à alta energia de ondas, ventos e correntes com baixo a médio adensamento de construções e população residente, com indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente antropizadas
De interesse especial em áreas em processo de urbanização	Ambientes com ocorrência de áreas militares, de tráfego aquaviário, com instalações portuárias, geradoras de energia, unidades de conservação, áreas tombadas, reservas indígenas, cercados por áreas de baixo a médio adensamento de construções e população residente
Abrigada com urbanização consolidada	Ambiente protegido da ação direta das ondas, com médio a alto adensamento de construções e população residente, paisagens antropizadas
Semi-abrigada com urbanização consolidada	Ambiente parcialmente protegido da ação direta das ondas, ventos e correntes, com médio a alto adensamento de construções e população residente, paisagens antropizadas

Exposta com urbanização consolidada	Ambiente sujeito a alta energia de ondas, ventos e correntes, com médio a alto adensamento de construções e população residente, paisagens antropizadas
De interesse especial em áreas urbanizadas	Ambientes com ocorrência de áreas militares, de tráfego aquaviário, com instalações portuárias, geradoras de energia, unidades de conservação, áreas tombadas, cercados por áreas de médio a alto adensamento de construções e população residente

Fonte: Adaptado de MMA (2006)

3.3.2 Classificação da Orla

Segundo o anexo II do Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004, a orla pode ser classificada em três classes quanto à sua utilização, ocupação e conservação:

- Classe A: essas orlas apresentam ecossistemas primitivos em equilíbrio ambiental, com espécies diversificadas e predomínio de atividades de baixo efeito impactante. Também agrega as situações de baixíssima ocupação, com paisagens muito pouco modificadas ou com alto grau de originalidade e baixo potencial de poluição. Podem incluir orlas de interesse especial;
- Classe B: apresenta os ecossistemas primitivos parcialmente modificados com prejuízo nas condições de regeneração natural, a partir da existência de assentamentos humanos com maior integração entre si, precisando de intervenções de recuperação parcial. Verifica-se alteração na drenagem ou na hidrodinâmica, bem como situações de baixo a médio adensamento populacional e de construções, com indícios de ocupação recente;
- Classe C: a maior parte dos componentes dos ecossistemas primitivos encontra-se degradados ou suprimidos e sem organização funcional. Apresenta médio a alto adensamento populacional e de construções, com paisagens predominantemente antropizadas, multiplicidade de usos e alto potencial de poluição. São áreas que precisam urgentemente de um planejamento corretivo.

3.4 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

O transporte de sedimentos numa praia dá-se majoritariamente devido à combinação de vários padrões de correntes verticais e horizontais, essencialmente na zona de arrebentação. Algumas vezes, este transporte resulta apenas no rearranjo da posição da areia, noutras existe um extenso deslocamento litoral de sedimentos (Rosati *et al.* 2002). O

transporte sedimentar longitudinal é responsável pelos principais processos morfossedimentares ao longo das praias e determina uma possível erosão, sedimentação ou se existe estabilidade (Rosati *et al.* 2002, Carter 1988). Embora, frequentemente, associado à evolução dos processos sedimentares praias de longo prazo, o transporte sedimentar longitudinal participa igualmente da dinâmica processual das praias no curto prazo (Horikawa 1988).

Segundo Bagnold (1963), o transporte longitudinal resulta da mobilização e suspensão das partículas do fundo pela energia da onda, e do carreamento das partículas mobilizadas por uma corrente longitudinal sobreposta, que desloca os sedimentos ao longo da linha de costa. Este tipo de transporte é conhecido, também, como deriva litorânea. Trata-se de um movimento tipicamente unidirecional ou pelo menos, quando da existência de bi-direcionalidade, apresenta uma resultante de transporte com sentido predominante, perfeitamente definido (Fontoura 2004).

A intensidade do transporte longitudinal ou deriva litorânea depende da energia potencial das ondas, bem como do ângulo de incidência das frentes de ondas em relação à linha de costa. O transporte sedimentar apresenta valores máximos com ângulos próximos de 45° (Komar 1976).

A granulometria dos sedimentos constitui outro fator fundamental para a magnitude do transporte sedimentar longitudinal, com o incremento no tamanho médio do grão levando à redução da intensidade do transporte (Komar 1977, King 2005).

A quantificação dos processos de transporte sedimentar costeiro por correntes transversais e longitudinais contribui para a análise da evolução das planícies costeiras, sendo decisiva em projetos de engenharia que afetem a orla. Nesse sentido, representam subsídio fundamental para a gestão da ZC e, particularmente, para a abordagem dos processos erosivos costeiros (Abreu 2011).

Ainda de acordo com Abreu (2011), quanto à posição da partícula em relação ao fundo, o transporte pode ser dividido em transporte por arrastamento no fundo e transporte por suspensão. Observações têm mostrado que os níveis de concentração decrescem com o afastamento do fundo e que as taxas de decaimento estão relacionadas com a velocidade de queda das partículas e com a velocidade de cisalhamento de fundo.

4 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na praia de Beja, pertencente ao distrito da Vila de Beja. Este distrito faz parte do município de Abaetetuba (Pará) e está localizado na Microrregião de Cametá, subdivisão da Mesorregião do Nordeste Paraense (Figura 5).

O acesso da vila para a praia é feito pela rua principal, conhecida como “rua da praia”, denominada Rua Francisco de Azevedo Monteiro. A Praia de Beja possui uma extensão de 2800 m de linha de praia e 150 m da água em direção a orla da praia, com a maré baixa (Barbosa 2010).

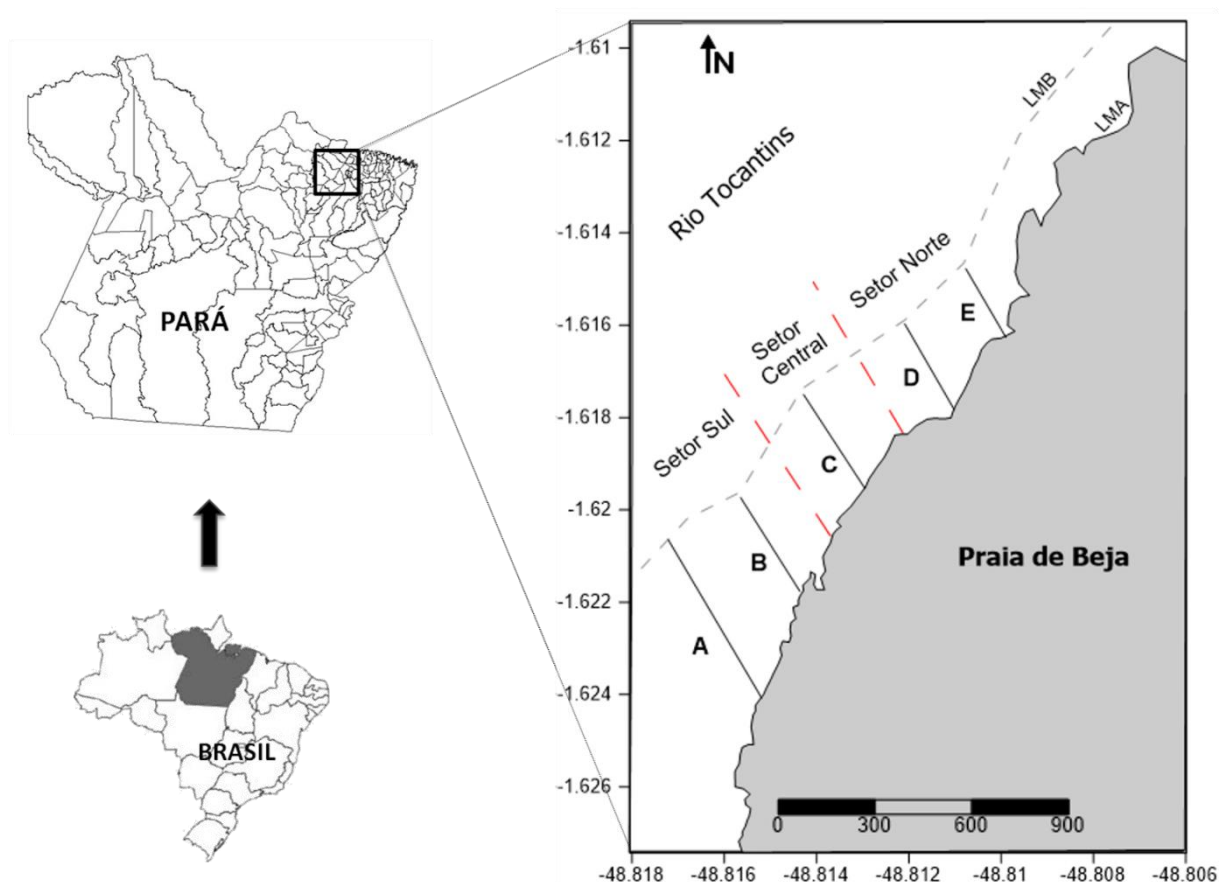


Figura 5- Mapa de localização da praia de Beja., observar os setores Sul (A, B), Central (C), Norte (D, E) na foz do rio Tocantins.

4.1 CLIMA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Na região predomina um clima equatorial quente e úmido e está enquadrada no tipo climático Am, da classificação de Köppen, definido por uma estação seca bem peculiar que vai de julho a dezembro, com precipitação em torno de 300 mm e um período chuvoso bem acentuado que perdura nos meses de janeiro a junho, com precipitação de 2.350 mm (Moraes *et al.* 2005, Rodrigues *et al.* 2000). De acordo com o estudo de Lopes *et al.* (2013), os maiores

índices de precipitação durante o ano concentram-se no Nordeste do Pará, com valores superiores a 2.000 mm.

A precipitação é determinada pela influência de vários sistemas atmosféricos que variam desde a escala convectiva a escala sinótica, são eles: Linhas de Instabilidade (LI), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Ondas de Leste (OL) e Sistema de Brisas. Ademais, a região é afetada em períodos intervalares, pelos fenômenos El Niño e La Niña, causando desta forma, modificação no regime de precipitação da mesma (Cohen 1996).

A temperatura mantém-se num nível quase constante, com média anual de 26,5°C (Rodrigues *et al.* 2000). A umidade relativa é elevada, com valores acima de 80% em todos os meses do ano (Moraes *et al.* 2005).

De acordo com INMET (2013 apud Costa 2014) a região costeira amazônica no primeiro semestre é caracterizada pelas altas taxas de descarga hídrica e sedimentar, atuação dos ventos alísios de nordeste com velocidades de 0,5 a 2,5 m/s, e o período de maior troca de substâncias no sistema rio-mar. No segundo semestre, o regime hidrodinâmico da área muda, com menores taxas hídricas; contudo, a forte influência dos ventos de sudeste, com velocidades de 0,5 a 4,5 m/s.

4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A região de Abaetetuba e adjacências fazem parte da zona estuarina Amazonas – Tocantins – Guamá, onde ocorre um espesso pacote sedimentar de idade Cenozóica. A geologia do município é pouco variável, construída, como em toda a microrregião, por sedimentos do Terciário (Grupo Barreiras) e do Quaternário. Os primeiros estão presentes, sobretudo, na porção continental do município, enquanto trechos quaternários estão nas margens dos rios, sobrepostos a sedimentos terciários do Grupo Barreiras de origem fluvio-lacustre provavelmente de idade Mioceno-Pliocênica (Porto 2009).

- Formação Barreiras

Essa formação é predominante em Abaetetuba (Figura 6). A área estudada apresenta um sistema intercalado de areias e argilas com aspectos geométricos bastante complexos e também, conglomerados com cores variadas, às vezes até lateritizados, sob a forma de um perfil imaturo (Sauma Filho 1996).

- Sedimentos recentes

São observados às margens de igarapés, principalmente na maré baixa e nas praias da região. No caso de Abaetetuba observa-se essa formação somente nas proximidades da praia

de Beja (Figura 6). São representados por clásticos do tipo areia, silte e argila. Também compõem a unidade os solos ricos em húmus, de coloração escura a amarronzada (Sauma Filho 1996).

Em relação a geomorfologia local os tipos de relevos detectados encontram-se associados predominantemente ao Planalto Baixo Dissecado e à Planície Estuarina. O primeiro inclui a maior parte da porção continental, em cujos terrenos observam-se solos de textura argilosa ou lateríticos concrecionários. São os chamados solos de "terra firme" e "tesos". As terras firmes apresentam altitudes que variam de 14 a 30m nos quais predomina uma drenagem acentuada, e os tesos são os terrenos mais baixos, de 4 a 14m de altura, e de baixa drenagem. A Planície Estuarina, no caso a Planície Flúvio-Estuarina, compreende toda a porção marginal ocidental da área pesquisada, é composta de terrenos holocênicos e em cuja superfície predomina os solos do tipo Glei Pouco Húmido, com grande quantidade de argila (Khoury & Dutra 1991).

4.3 HIDROGRAFIA

Abaetetuba possui uma rede hidrográfica bastante vasta, navegável em vários de seus trechos. O principal rio da área é o Tocantins, nesse rio se destacam dezenas de ilhas. O rio Abaeté banha a sede do município e deságua na baía do Capim. Outros rios que deságuam na baía do Capim são: Guajará de Beja, Arapiranga de Beja e Arienga, este último fazendo limite a Nordeste com o município de Barcarena. O rio Tocantins recebe águas do rio Maratauíra. Esse último separa a zona de terra firme, situada a leste do município, da zona das ilhas, situada a oeste e recebe as águas de vários rios (Almeida 2007).

O rio Tocantins é formado pela reunião do chamado alto Tocantins com o rio Araguaia. O rio Tocantins mede 2.640 km de extensão. Suas águas são claras, sua vazão é de mais ou menos 1.650 m³ por segundo nas águas baixas e 17.000 m³ por segundo nas águas altas (Almeida 2005).

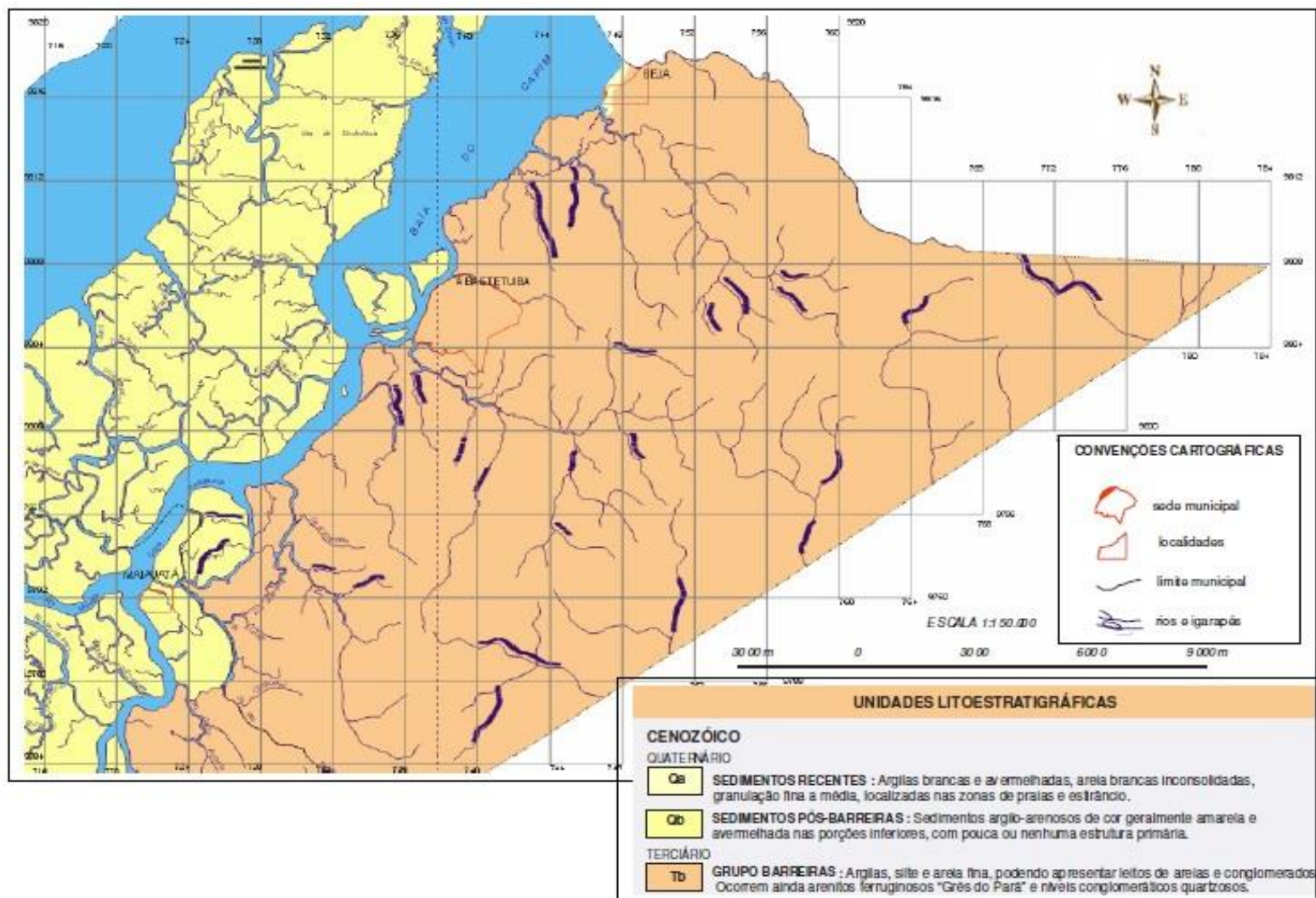


Figura 6- Mapa geológico de Abaetetuba/Pará.

Fonte: Pará (1999)

4.4 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

No NE do Pará ocorrem meso-macromarés semidiurnas (amplitudes > 2 m - > 4 m, respectivamente). As marés mais altas ocorrem em março e abril devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do Equinócio de primavera (Ranieri 2014).

Quase sempre acompanhada por correntes horizontais, resultado da influência das forças astronômicas, a maré oceânica ao aproximar-se da costa sofre influência da pouca profundidade do fundo marinho e ao penetrar nas baías e estuários, aumenta sua amplitude. A influência das marés no NE do Pará ocorre até 8 a 10 milhas onshore (DHN 1986).

Medições apresentadas pela Planave (2005) na região de Barcarena indicam que, no geral, a corrente de maré se inverte cerca de uma hora após a baixamar ou preamar, havendo um período de cerca de 30 minutos de corrente sem intensidade significativa antes da ocorrência de sua inversão – período da estofa da maré.

- Direção predominante nas enchentes: SW/WSW a 3 m e WSW/a 6 m;
- Direção predominante nas vazantes: NE e NNE a 3 m e WSW/a 6 m;

Segundo Costa (2014), a média da intensidade da corrente de maré no rio Tocantins no período chuvoso é de 0,72 m/s na enchente e 0,62 m/s na vazante, enquanto no período seco é de 0,45 m/s na enchente e 0,54 m/s na vazante.

Estudos de *fetch* indicaram que a onda reinante decorrente dos ventos diários na região tem uma altura de cerca de 0,90 m e período de 3,70 s. Informações locais indicam, entretanto, que a amplitude máxima das ondas nos vendavais não ultrapassa a 0,85 m (Planave 2005).

4.5 ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS E CULTURAIS

O município de Abaetetuba foi fundado em 23 de março de 1880. O nome primitivo do município era *Abaeté* que, na língua tupi, significa *abá* (“homem”) e *eté* (“verdadeiro”). Por meio do Decreto-lei nº 4.505, de 30 de dezembro de 1943 foi-lhe acrescentado o sufixo *tuba*, oriundo do termo tupi *tyba* (“ajuntamento”), para diferenciá-lo do município homônimo no Estado de Minas Gerais. Portanto, Abaetetuba significa, na língua tupi, “ajuntamento de homens verdadeiros”. Atualmente, o município é composto pelo centro urbano da cidade de

Abaetetuba e pelo distrito de Vila de Beja (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE 2013).

O município de Abaetetuba constitui-se no mais populoso da Microrregião de Cametá e municípios próximos, com 141.054 habitantes (IBGE 2010), mas com estimativa de população para o ano de 2016 de 151.934 pessoas, segundo o IBGE (2013).

Abaetetuba é a sexta maior cidade do estado do Pará e hodiernamente passa por um crescimento econômico acelerado, principalmente nos ramos do comércio e serviços. A cidade proporciona fácil acesso aos portos de Belém, Vila do Conde e ao sul do Pará, além da proximidade do Polo Industrial na Vila dos Cabanos, que fica a 30 km. Diversas empresas estão se instalando no município aproveitando também a grande rede de serviços da cidade, fato refletido no PIB municipal, que triplicou em quatro anos (IBGE 2013).

Segundo IDESP (2013), as atividades que mais predominam na empregabilidade de pessoas no município são voltadas para o setor do comércio, da indústria e da prestação de serviços, seguidos da indústria de transformação e da agropecuária, tudo isso frente a uma taxa de um total de 53.177 de população ocupada (POC).

Além disso, Abaetetuba sofreu grande influência no seu desenvolvimento demográfico, econômico e social, principalmente com a implantação de grandes projetos no município vizinho, Barcarena, a partir da década de 80, quando começou a ser montada a indústria de alumínio ALBRÁS-ALUNORTE (Ferranti 2013).

De acordo com IBGE (2013), o Governo Municipal apoiou a criação do Festival do Miriti (MIRITIFEST) (Figura 7) em 2004, e em pouco tempo tornou-se a maior manifestação cultural do Baixo Tocantins. Em 2009, a Assembléia Legislativa do Estado do Pará declarou o Festival de Miriti como Patrimônio Cultural do Estado do Pará.



Figura 7- Brinquedos de miriti em exposição no MIRITIFEST.
Fonte: Santos & Silva (2012)

5 METODOLOGIA

5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS EM CAMPO

Este trabalho foi realizado através de duas campanhas (períodos transicional e seco) na praia de Beja. A campanha do período transicional foi realizada no final desse período, entre 25 a 27 de julho de 2016 e optou-se chamá-la por período chuvoso por apresentar muitas características do mesmo. A campanha do período seco foi realizada em 15 de novembro de 2016, um dia depois da ocorrência da Superlua. Esse fenômeno ocorre quando a lua cheia coincide com a passagem da lua pelo perigeu, nessa ocasião a distância do perigeu foi de 356.511 km (menor distância entre a Terra e uma lua cheia desde 26 de janeiro de 1948). Os trabalhos desempenhados em campo foram: levantamento topográfico, amostragem de sedimento (sedimento superficial e método de *traps* portáteis) e visita na orla da praia.

5.1.1 Levantamento do Perfil Topográfico

O objetivo no estabelecimento do perfil topográfico ou perfil praial é de verificar a tendência erosiva ou progradacional nos setores das praias. Para isso, foram feitos cinco perfis praiais transversais a linha de costa. As coletas dos dados topográficos foram feitas utilizando-se um nível ótico, um tripé e uma régua graduada (Figura 8).

As medições foram realizadas em situação de maré baixa de sizígia, com início na linha de maré alta de sizígia de cada perfil praial. Pontos previamente determinados e assinalados (marcações em árvores, casas, etc) e GPS (*Global Positioning System*) serviram de identificação dos perfis praiais durante todos os períodos de coleta.

O levantamento topográfico foi iniciado com a leitura de ré de um ponto fixo em cada perfil estudado, pois é necessário haver um mesmo ponto de partida estável para as medições periódicas da topografia (Ranieri 2014).



Figura 8- Equipamentos utilizados para realização dos perfis topográficos. Vista frontal do nível e tripé (A) e da régua (B).

5.1.2 Amostragem de Sedimento

A coleta de sedimentos superficial foi realizada simultaneamente aos perfis topográficos durante a maré baixa de sizígia. A cada 50 m aproximadamente foi realizado o mesmo procedimento, sendo o último ponto de coleta linear de cada perfil localizado um pouco além da linha de maré alta de sizígia, objetivando-se amostrar os sedimentos mobilizados naquele momento pela deriva. A coleta ocorreu mediante o uso de uma pá e posteriormente os sedimentos coletados foram devidamente acondicionados em sacos plásticos de 1 kg (Figura 9), previamente identificados em ordem crescente.

Os *traps* portáteis (armadilha de sedimentos) são um conjunto de redes de 63 micrômetros de 15 x 9 cm fixado a uma torre de metal de 1,80 m (Figura 10). A armadilha foi posicionada em sentido contrário da corrente longitudinal, os pés do suporte foram completamente enterrados no fundo até que a boca do primeiro *trap* tocasse o solo. O tempo de coleta com a armadilha foi de 3 min. A metodologia foi aplicada duas vezes (uma na maré vazante e outra na maré enchente). A amostragem foi realizada em apenas um ponto, localizado no setor sul, nas duas campanhas. Os sedimentos coletados na armadilha foram devidamente acondicionados e, identificados.



Figura 9- Amostragem de sedimento superficial com o auxílio de uma pá improvisada.

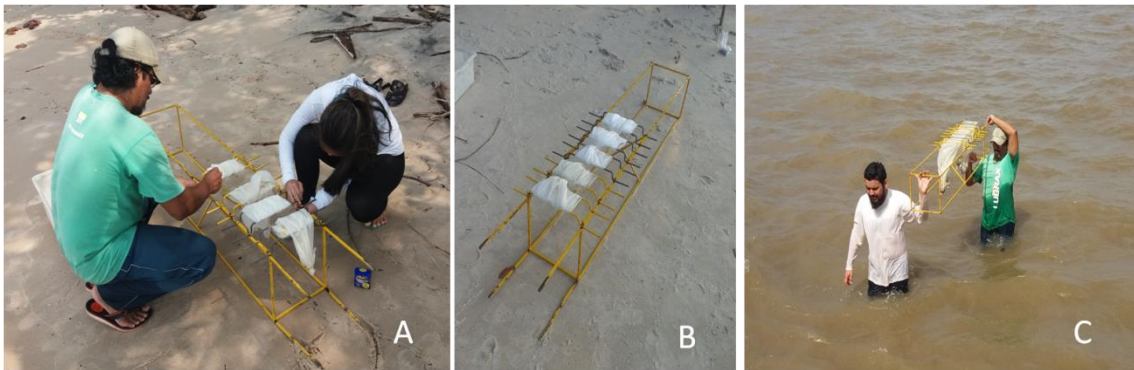


Figura 10- Traps portáteis para coleta de sedimento. Preparação das armadilhas (A). Torre de traps, vista de cima (B). Retirada da armadilha da água (C).

5.1.3 Hidrodinâmica

Com o auxílio de uma régua graduável de 5 m (mira) segura por um observador, foi verificada a medida da interseção de onda sobre a régua, um segundo observador próximo ao operador da régua foi responsável por informar a medida à pessoa próxima que está anotando os valores. Esta pessoa também é responsável por cronometrar o tempo da passagem de 11 cristas de ondas sucessivas, as 11 cristas com alturas medidas.

O período de ondas (T) é o resultado deste intervalo de tempo, é 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 é dividido por 10 (determinação do período médio).

Para o ângulo de incidência de ondas (Θ), ângulo das ondas ao incidirem na zona de arrebentação, um observador na face praial com o auxílio de uma bússola de geólogo verificou a direção da praia, no lugar da observação, ou melhor, a direção da inclinação da face praial (direção do ângulo de mergulho da face praial). Posteriormente, mediu-se a direção de aproximação das ondas na altura da arrebentação. O resultado da diferença entre as duas direções medidas fornece o Θ , além do entendimento da direção da corrente longitudinal.

Foi medida a intensidade e direção das correntes longitudinais através de bóia de deriva entre o ponto de quebra de onda e a linha de praia como sugerido por Fontoura (2004). Foi marcado o ponto de liberação do derivador e acionado um tempo de 2 min para a retirada do objeto que foi acompanhado 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. Assim calculou-se a intensidade das correntes. A direção registrada fornece apenas a informação de que a corrente está para N, S, E ou W.

5.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras de sedimentos coletadas em campo foram submetidas a tratamentos no Laboratório de Geologia Oceânica (LAGEOC) do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC). Esta etapa consiste, em primeiro caso, no tratamento das amostras brutas visando à separação das diferentes frações granulométricas. Este tratamento foi feito através de peneiramento a seco. Os sedimentos coletados nos *traps* portáteis foram pesados na balança de precisão Sartorius BL210S.

5.2.1 Classificação granulométrica dos sedimentos superficiais

Este método inicia-se com a lavagem das amostras e decantação das mesmas, para que houvesse a melhor remoção de sais contidos nestas amostras. Depois, as amostras foram secadas em estufa a 60°C até adquirirem condições ideais, e logo após esta etapa, foi feito o quarteamento destas amostras, a seleção de alíquotas de 100g para cada amostra quarteada e peneiramento das mesmas por cerca de 10 min., utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 2,00 – 1,40 – 1,00 – 0,71 – 0,50 – 0,35 – 0,25 – 0,18 – 0,125 – 0,09 – 0,063 – <0,063, de acordo com a

metodologia sugerida por Suguio (1973). Por fim, as diferentes frações encontradas no processo de peneiramento foram pesadas e os pesos anotados.

5.3 ANÁLISE DE DADOS

5.3.1 Classificação morfodinâmica e parâmetros morfométricos

Para a representação gráfica dos perfis topográficos, foi utilizado o programa *Grapher 9* da *Golden Software* e Excel. A superposição dos perfis topográficos possibilita o cálculo dos parâmetros morfométricos: variação do volume sedimentar (V_v); declividade da face praial (β), calculada através da equação “ $\tan\beta = \text{oposto/adjacente}$ ”; largura média da praia (Y_b) e índice de mobilidade da praia (σY_b), expressa em metros; e coeficiente de variação da linha de costa (CVY_b), calculada através da equação “ $CV\% = \sigma Y_b / Y_b \times 100$ ”.

A classificação morfodinâmica utilizada foi baseada no modelo sequencial de evolução morfológica proposta por Wright & Short (1984), e Masselink & Short (1993). Através do parâmetro empírico adimensional ômega (Ω), Wright & Short (1984) relacionaram os estados morfodinâmicos de praia às variáveis envolvidas no nível de energia da praia:

$$\Omega = H_b / W_s \cdot T$$

H_b é a altura de onda na arrebentação;

W_s é a velocidade de decantação;

T é o período médio de ondas.

Considerando-se também os efeitos relativos às marés na morfologia das praias, será utilizada a expressão estabelecida por Davis & Hayes (1984), sugerida por Masselink & Short (1993):

$$RTR = MSR / H_b$$

RTR é a variação relativa da maré (*Relative Tide Range*);

MSR é a variação da maré;

H_b é a altura de onda na arrebentação.

Para o MSR foram utilizados dados relativos ao marégrafo de Vila do Conde para cada dia de experimento.

5.3.2 Classificação da granulometria

Para realizar o tratamento estatístico das amostras de sedimento, as mesmas foram inseridas no programa SysGran 3.0, para calcular as características texturais dos sedimentos utilizados neste programa o método descrito por Folk e Ward (1957) e a classificação de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos e lamosos (Tabela 3).

Tabela 2- Classificação de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos e lamosos.

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

O método de Folk e Ward (1957) consiste na elaboração de uma curva granulométrica a partir do percentual encontrado pelos pesos de cada fração sedimentar (Ranieri 2014).

5.3.3 Cálculo da taxa do transporte de sedimentos

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 um *trap* 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 dois *traps* adjacentes, F_{i+1} e F_{i-1} são as quantidades medidas pelos dois *traps* em questão (superior e inferior), enquanto que Z_{i+1} e Z_{i-1} representam a dimensão vertical da boca do *trap* superior e inferior respectivamente (Fontoura 2004).

O fluxo total de sedimentos que passa através de uma estação de medição é dado pela soma dos fluxos individuais (F_i) que passam por cada *trap* somados aos fluxos nos espaços entre cada dois *traps* adjacentes (ΔF_i). O fluxo total é calculado pela equação:

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

5.4 CLASSIFICAÇÃO DA ORLA DA PRAIA DE BEJA

De acordo com o Projeto Orla desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (2006), é necessário tomar como base dois critérios: 1) a avaliação de características fisiográficas que indicam o nível de vulnerabilidade da orla em face de processos naturais; e 2) a verificação dos índices de ocupação humana instalada que referenciam os níveis de povoamento e a intensidade dos usos praticados de cada localidade.

Durante a visita à orla da praia de Beja, nos dois períodos estudados, foram observados e analisados todos os critérios apresentados no capítulo 3.3, além do registro fotográfico. Assim, foi elaborada a classificação da tipologia e classe da orla, segundo a metodologia do Projeto Orla (MMA 2006).

6 RESULTADOS

6.1 MORFOLOGIA DA FACE PRAIAL

A praia de Beja apresenta um traçado aproximadamente convexo, orientado segundo a direção NE-SW. Este segmento praial possui mais de 2.500 m de extensão, e sua largura média desde a base da orla até a linha de maré baixa média, varia entre 150 m e 360 m, com uma média em torno de 255 m.

Em função das diferenças morfológicas de alguns trechos da praia, a mesma foi dividida em três setores: Sul (perfis A e B), Central (perfil C) e Norte (perfis D e E) (Figura 5).

O levantamento topográfico dos setores norte, central e sul (Figura 11), revelou que a praia apresenta uma baixa declividade em toda sua extensão, com valores entre $0,18^\circ$ e $0,52^\circ$ no período chuvoso e entre $0,16^\circ$ e $0,30^\circ$ no período seco. Os setores sul e norte apresentaram similaridades, em ambos a declividade diminuiu do período chuvoso para o seco. O setor central se comportou de forma diferenciada, a declividade do perfil aumentou do período chuvoso para o seco.

A praia apresenta algumas variações topográficas, devido a presença de um sistema crista (*ridge*) e calha (*runnel*) suave, paralelo à linha de costa (Figura 11). O comportamento desse sistema no setor norte foi de migração em direção ao continente, do período chuvoso para o seco. Nos setores central e sul o sistema migrou em direção a parte submersa, do período chuvoso para o seco.

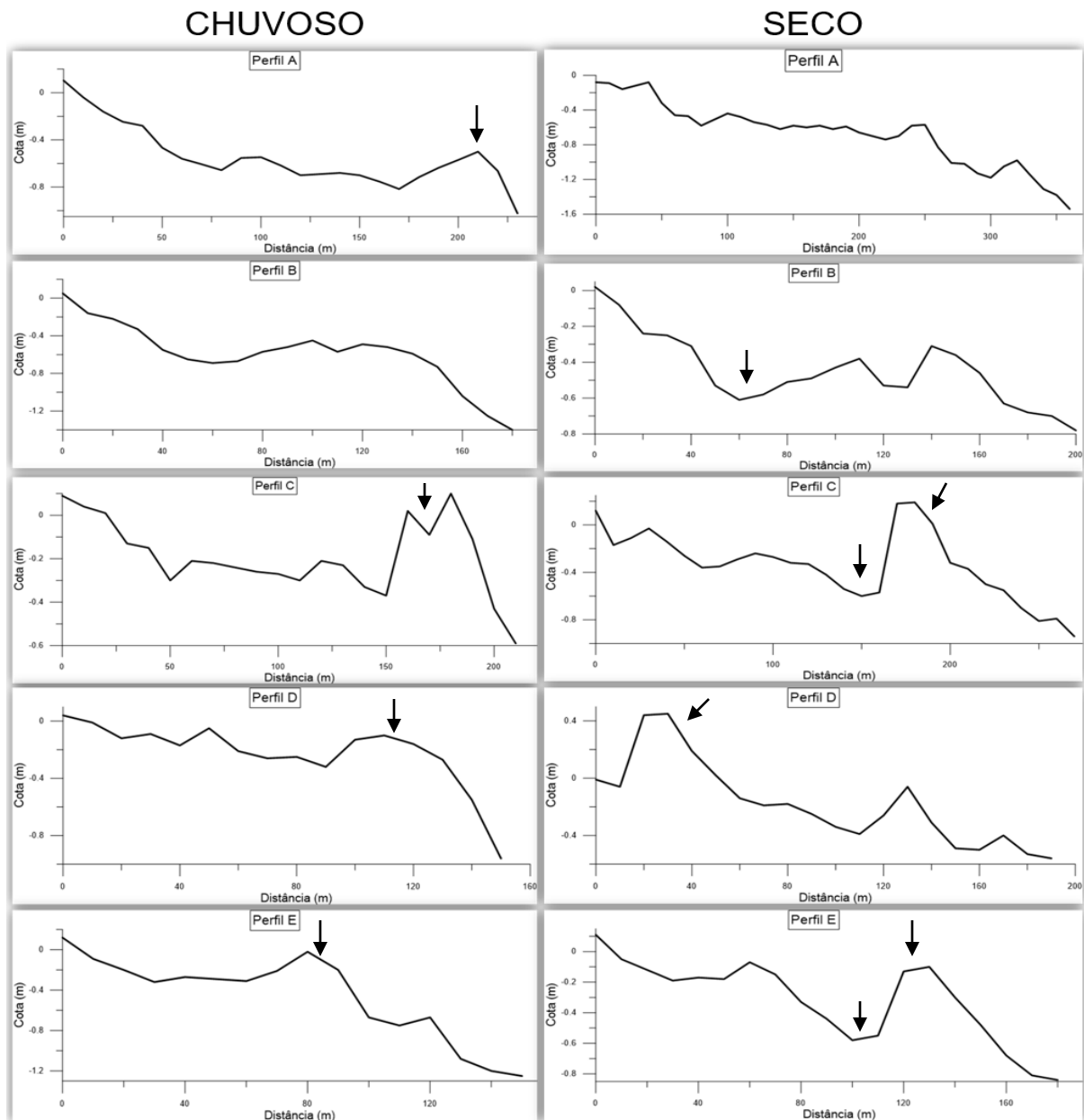


Figura 11- Perfis topográficos realizados nos setores Norte (D, E), Central (C) e Sul (A, B) da praia durante os períodos chuvoso e seco.

A largura da praia de Beja apresentou variações significativas entre os períodos, a maior e a menor variação na largura da praia ocorreram no setor sul. No perfil A, a largura da praia (Yb) no período chuvoso era 230 m e no período seco era 360 m, enquanto que no perfil B, a largura no período chuvoso era 180 m e no seco era 200 m. Implicando em um coeficiente de variação da linha de costa (CvYb) de 31,16 % no perfil A e de 7,44 % no perfil B (Tabela 3).

No setor central, a largura máxima da praia de 270 m (período seco) e mínima de 210 m (período chuvoso), acarretando em um coeficiente de variação da linha de costa de 15,04 % (Tabela 3).

O comportamento do setor norte foi semelhante aos setores sul e central. Neste setor a largura máxima da praia também ocorreu durante o período seco, com 190 m no perfil D e 180 m no perfil E, e largura mínima durante o chuvoso, com 150 m nos perfis D e E. Implicando em um coeficiente de variação da linha de costa de 16,64 % no perfil D e de 12,86 % no perfil E (Tabela 3).

Foi constatado em todos os setores da praia uma semelhança ao perfil de verão e perfil de inverno da regra de Brunn (1962), onde ocorre o estreitamento da praia durante o período chuvoso, assim como o seu alargamento durante o período seco.

No decorrer do período de monitoramento dos três setores, da estação chuvosa a seca, houve eventos predominantes de deposição (Tabela 3), com exceção do setor central que houve um evento erosivo considerável, com $-21,13 \text{ m}^3/\text{m}$ (Figura 12). O setor sul obteve a maior deposição sedimentar, com $22,10 \text{ m}^3/\text{m}$ no perfil B (Figura 12; Tabela 3). De um modo geral, as áreas de foram maiores principalmente na zona de inframaré e em menor quantidade na zona de supramaré, já as áreas de erosão concentram-se principalmente na zona de intermaré (Figura 12).

Tabela 3- Parâmetros morfométricos dos três setores da praia de Beja.

	Perfil A	Perfil B	Perfil C	Perfil D	Perfil E
Vol. (m^3/m) Deposição	17,42	22,10	9,71	17,26	15,43
Vol. (m^3/m) Erosão	-3,48	-1,15	-21,13	-4,54	-3,36
σY_b (m)	91,92	14,14	42,43	28,28	21,21
$C_v Y_b$ (%)	31,16	7,44	15,04	16,64	12,86
Y_b (m) Chuvoso	230	180	210	150	150
Y_b (m) Seco	360	200	270	190	180

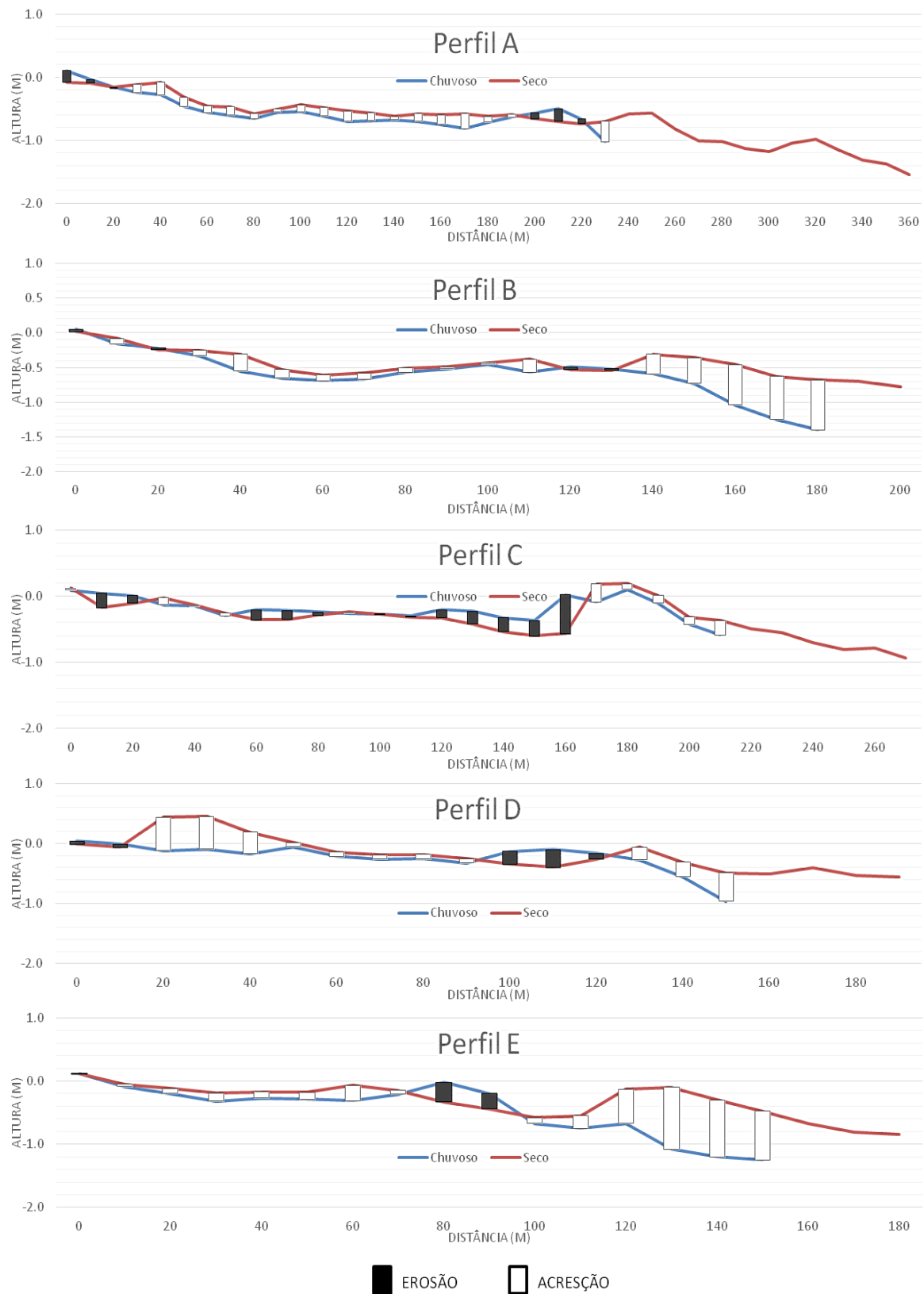


Figura 12- Áreas de acreção e erosão identificadas nos setores da praia entre as estações.

6.2 ESTADO MORFODINÂMICO

A praia de Beja enquadrou-se no estágio intermediário nos dois períodos de monitoramento. No período chuvoso, o parâmetro empírico adimensional (Ω) foi 3,06, classificando a praia como Bancos Transversais (BT), de acordo com o modelo proposto por Wright & Short (1984). O valor de RTR (variação relativa da maré) foi 6,85, indicando que a praia é modificada por maré.

Já no período seco, o parâmetro empírico adimensional (Ω) foi 2,12, dessa forma, a praia foi classificada como Terraço de Baixa Mar (TBM), de acordo com o modelo proposto por Wright & Short (1984). O valor de RTR foi 14,19, indicando que a praia é modificada por maré, assim como no período chuvoso.

6.3 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS

Os sedimentos da praia de Beja apresentaram média granulométrica variando entre 3,01 ϕ (areia muito fina) e 0,97 ϕ (areia grossa), sendo a areia média predominante em toda extensão da praia e nos dois períodos estudados (Figura 13). Sedimentos compostos de areia muito fina ocorreram apenas na zona de intermaré no setor sul (amostra A3) da praia no período chuvoso, assim como sedimentos de areia grossa ocorreram pontualmente na zona de intermaré no setor sul no período seco (Figura 14).

O grau de seleção variou de 0,15 (muito bem selecionado) a 1,03 (pobremente selecionado) nos períodos seco e chuvoso, entretanto no período seco os sedimentos moderadamente selecionados foram mais abundantes, totalizando 67% e no chuvoso predominaram sedimentos bem selecionados e moderadamente selecionados, com 36% cada (Figura 13). No período seco, a classificação de pobremente selecionado ocorreu apenas pontualmente na zona de intermaré no setor sul e no período chuvoso, sedimentos bem selecionados ocorreram somente na zona de supramaré no setor norte (amostra D1) (Figura 14).

O parâmetro assimetria apresentou sedimentos variando de -0,31 (assimetria muito negativa) a 0,55 (muito positiva) no período chuvoso e de -0,35 (assimetria muito negativa) à 0,26 (positiva) no seco. Na estação chuvosa predominou a classificação aproximadamente simétrica (40% das amostras), enquanto que no período seco houve um predomínio da assimetria

negativa (50% das amostras) (Figura 13). Assimetria muito positiva ocorreu somente na zona de intermaré no setor central (amostra C3), no período chuvoso (Figura 14).

O grau de curtose variou de 0,72 (platicúrtica) a 1,68 (muito leptocúrtica) no período chuvoso e de 1,03 (mesocúrtica) a 1,54 (muito leptocúrtica) no período seco. Em ambos os períodos predominaram sedimentos leptocúrticos, sendo 52% no período chuvoso e 58% no seco (Figura 13). Na estação seca, os sedimentos classificados como muito leptocúrticos ocorreram pontualmente apenas na zona de intermaré no setor sul.

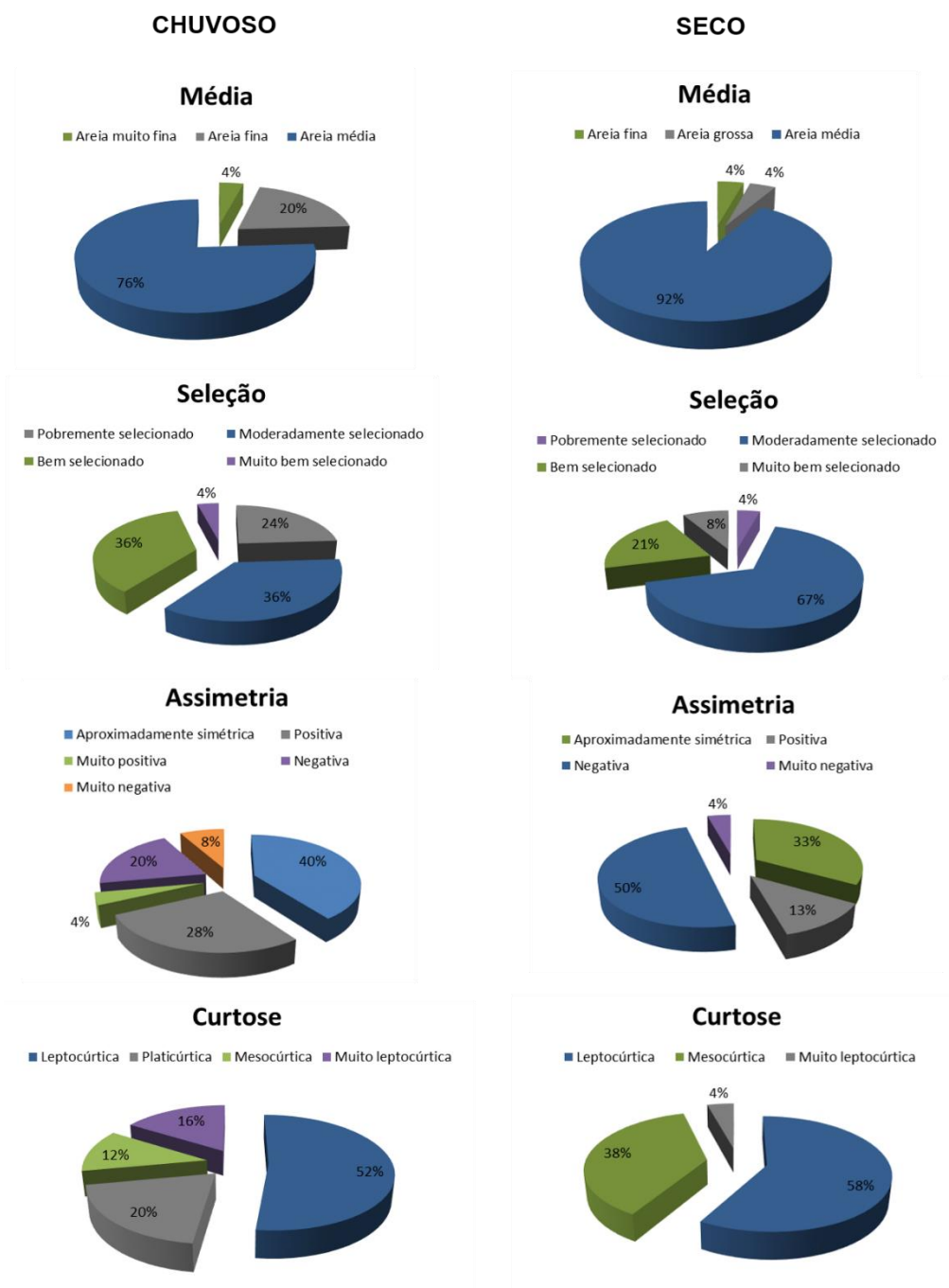


Figura 13- Parâmetros granulométricos referentes aos períodos chuvoso e seco.

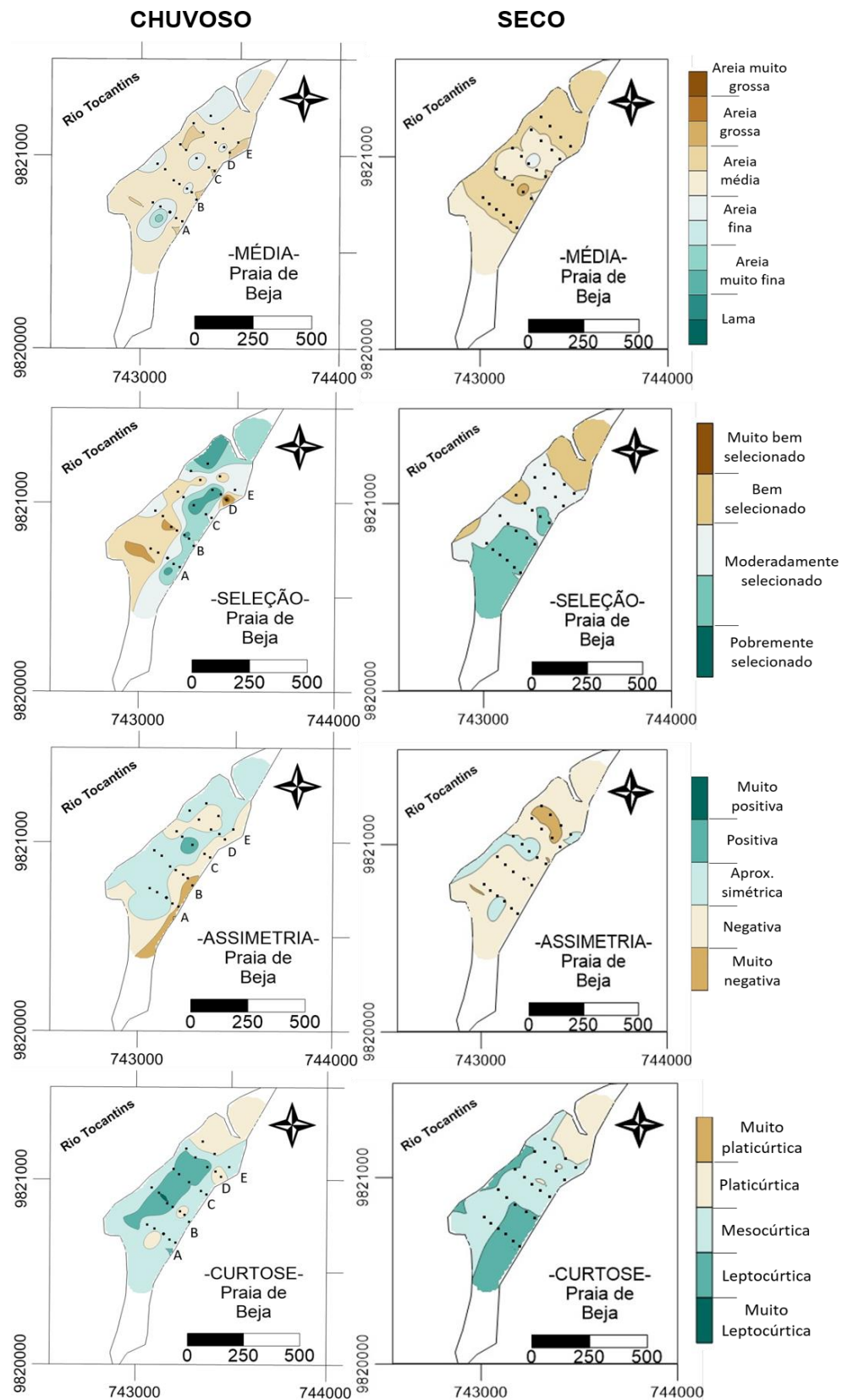


Figura 14- Mapa de distribuição dos parâmetros granulométricos na praia de Beja.

6.4 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

As maiores alturas de onda, assim como as maiores velocidades de correntes foram registradas durante o período chuvoso. A direção de transporte está diretamente relacionada com a entrada e saída da maré no rio Tocantins, tendo direção SW na enchente e NE na vazante nos dois períodos (Tabela 4).

No período chuvoso, a quantidade total de sedimentos transportados foi equilibrada entre a maré vazante e a maré enchente (Figura 15). No entanto, o transporte de sedimentos prevaleceu, em termos de porcentagem, em três *traps* (2, 3 e 5) durante a maré vazante (Figura 17). Nesta mesma estação do ano, obteve-se o maior fluxo de sedimentos transportados em relação ao período seco (Figura 18).

Tabela 4- Parâmetros hidrodinâmicos da praia de Beja.

Período	ONDAS			VENTOS		CORRENTES	
	Altura(m)	Período(s)	Direção	Vel. (m/s)	Direção	Vel. (m/s)	Direção
Chuvoso	0,54	3,6	NW	2,6	NE	0,34	NE/SW
Seco	0,31	2,9	NW	4,7	NE	0,28	NE/SW

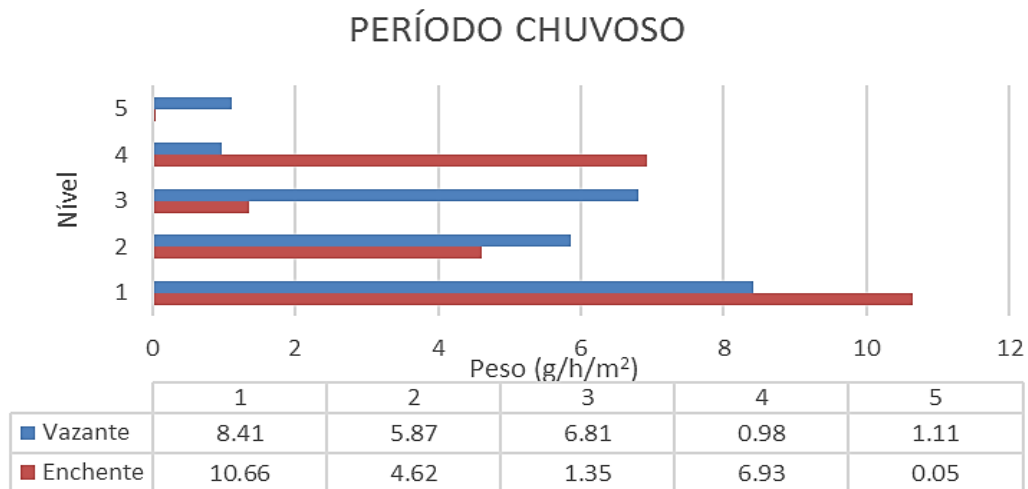


Figura 15- Fluxo de sedimentos obtidos em cada *trap* portátil durante o período chuvoso.

No período seco, a maior quantidade de sedimentos transportados longitudinalmente ocorreu durante a maré enchente (Figura 16; Figura 18). Em comparação a maré vazante, o fluxo

de sedimentos foi muito maior durante a maré enchente em todas as redes e aproximadamente 12x maior no nível 1. A massa de sedimentos retida nos *traps* foi muito inferior em comparação ao período chuvoso.

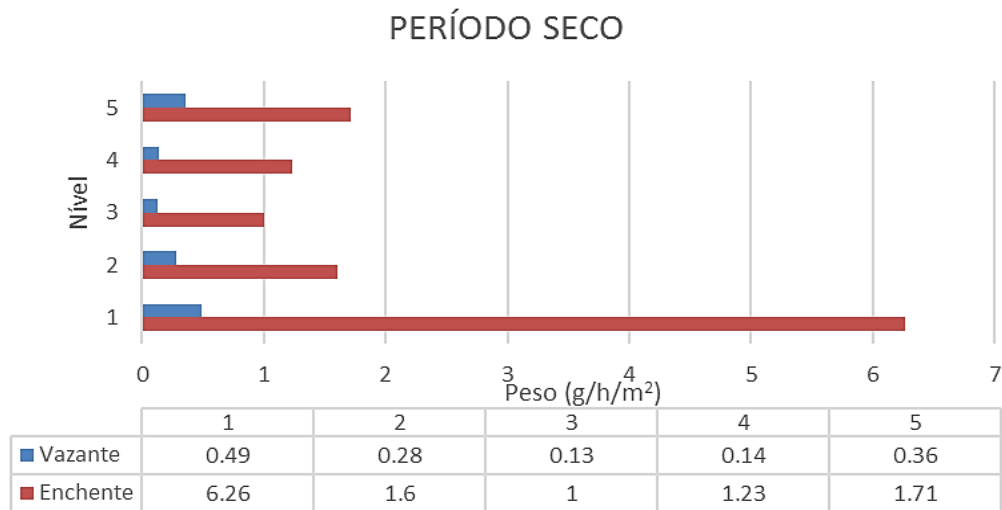


Figura 16- Fluxo de sedimentos obtidos em cada *trap* portátil durante o período seco.

Nos dois períodos e nos dois estágios de maré, o peso total dos sedimentos retidos foi muito maior nos primeiros *traps*, sendo que cerca de 54-66% do transporte longitudinal ocorreu na camada entre o fundo, indicando que o transporte de fundo é o mais expressivo na praia de Beja.

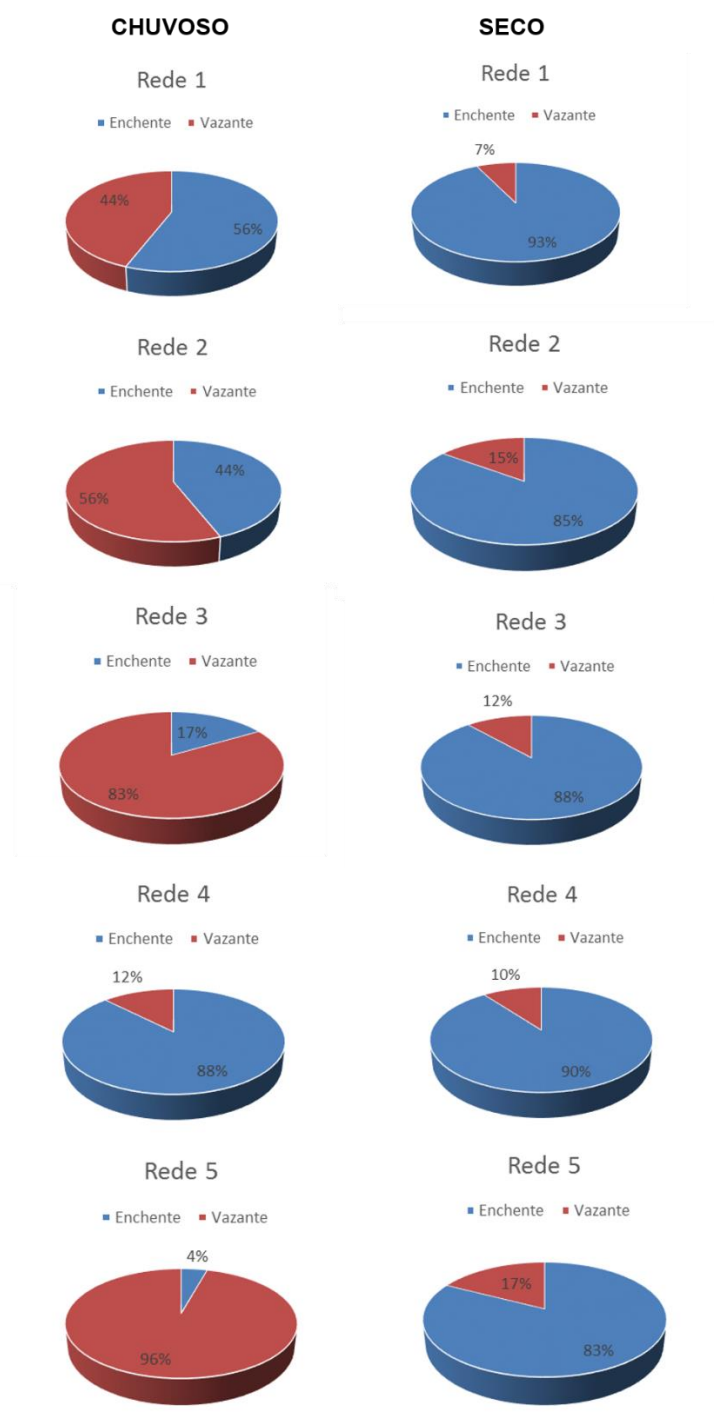


Figura 17- Comparação do transporte sedimentar em cada rede ou trap, durante a maré enchente e a vazante, nos períodos chuvoso e seco.

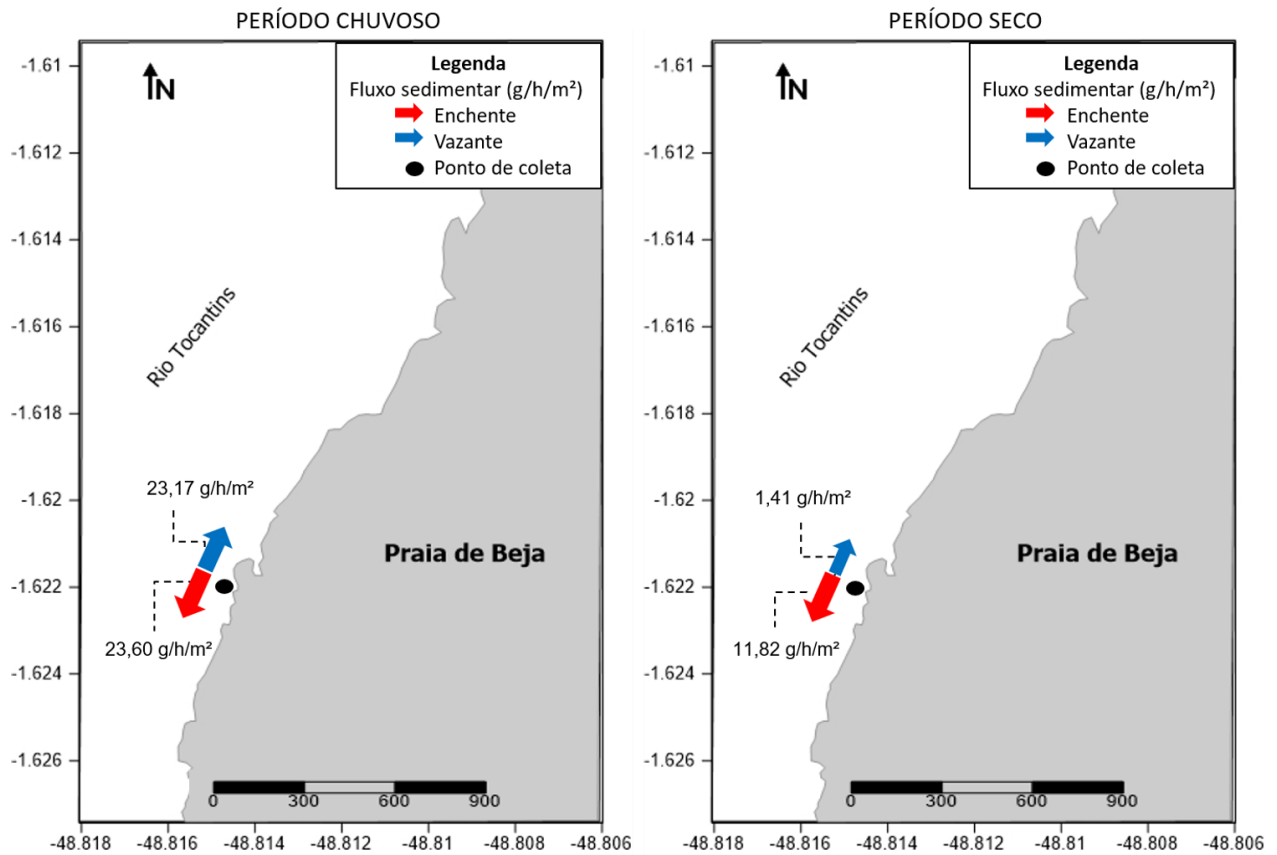


Figura 18- Intensidade e direção do fluxo sedimentar longitudinal na praia de Beja nos períodos chuvoso e seco.

6.5 CLASSIFICAÇÃO E TIPOLOGIA DA ORLA

De acordo com as observações visuais em relação ao grau de exposição da orla e o nível de ocupação foi possível classificar a tipologia da orla da praia de Beja em: Orla abrigada não urbanizada e Orla abrigada em processo de urbanização. No que se refere à utilização, ocupação e conservação da orla, foi possível identificar duas classes genéricas: Classe A e Classe B (Figura 19).

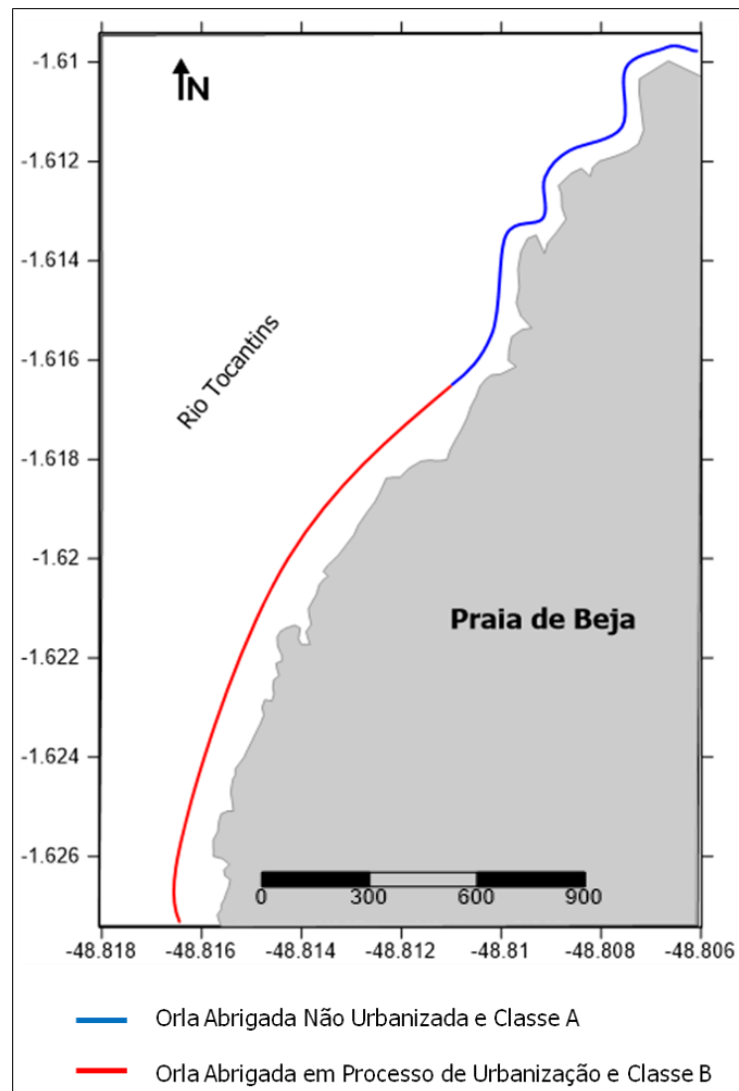


Figura 19- Classificação da orla da praia de Beja.

A Orla abrigada não urbanizada é encontrada do extremo norte da praia de Beja até aproximadamente 1300 metros rumo ao sul, também classificada como Classe A. Representa aproximadamente 46% da área de estudo. Este trecho da praia ainda não apresenta sinais de urbanização e possui uma vegetação nativa com árvores de pequeno a médio porte (Figura 20D).

A Orla abrigada em processo de urbanização é encontrada no restante da praia de Beja, ou seja, de 1300 metros de linha de praia, aproximadamente, até o extremo sul da mesma. É também classificada como Classe B e representa aproximadamente 54% da área estudada. Este trecho da praia apresenta vários pequenos restaurantes e casas de madeira de no máximo dois andares (Figura 20C, E), além disso, a orla exibe uma estrutura de muros de contenção desde 2007 (Figura 20A, B).

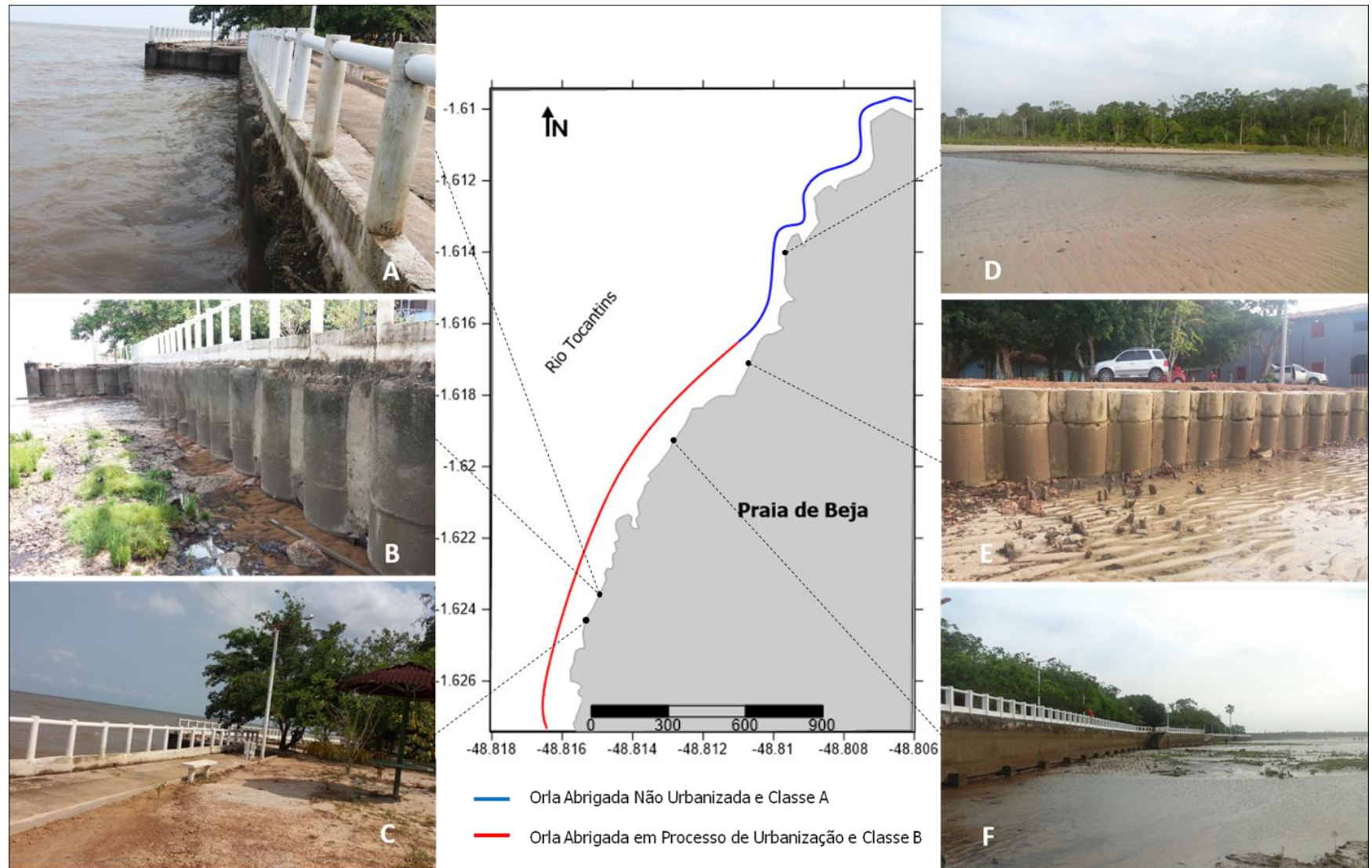


Figura 20- Trechos da praia de Beja.

7 DISCUSSÕES

7.1 CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA

Através da análise morfodinâmica dos três setores praias, foi constatado que a praia de Beja se apresenta como uma praia intermediária, sendo que no período chuvoso foi classificada como Bancos Transversais e no período seco como Terraço de Baixa Mar. É interessante observar a variação da morfodinâmica da praia de Beja, onde a mesma passa de um estágio praial de maior energia para um estágio praial de menor energia, coincidindo com os valores de altura de onda e período de onda encontrados para cada estação (Tabela 4).

Segundo Calliari *et al.* (2003), o estágio intermediário Bancos Transversais é caracterizado por mega cúspides ou bancos dispostos transversalmente à praia e fortes correntes de retorno, sendo que esta última não foi observada no período estudado. O Terraço de Baixa Mar é o tipo de praia intermediária com o menor nível de energia. As condições ideais para seu desenvolvimento incluem as partes extremas mais protegidas de longas praias ou em baías moderadamente abrigadas. É caracterizada por uma face de praia relativamente íngreme, a qual é conectada, no nível de baixa-mar, a um terraço plano ou banco.

Praias modificadas ou dominadas pela maré tendem a ocorrer nas porções abrigadas da incidência direta das ondas (Short 2006), o que se enquadra na classificação da orla da praia de Beja aqui apresentada e com os valores de RTR (6,85 no período chuvoso e 14,19 no período seco). A variação sazonal da morfologia da praia, é explicada por Masselink & Short (1993), que afirmam que as praias podem perder sedimento para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de maré apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas que as da estação seca. Enquanto que durante o período seco, a massa de água na zona de espraçamento, possui menor quantidade de energia turbulenta, sendo que o sedimento removido para trás da zona de arrebentação tende a migrar novamente, agora em direção à zona de espraçamento.

Os perfis praias indicaram uma alta mobilidade (σY_b) (Tabela 3) da praia de Beja e um predomínio de areia média nos dois períodos estudados, corroborando com a assertiva de Silva *et al.* (2004), na qual afirmam que os estágios intermediários apresentam maior complexidade morfológica e hidrodinâmica, caracterizam-se por praias com grande mobilidade e exibem sedimentos de granulometria fina a média.

A variação do volume sedimentar na praia de Beja tem balanço positivo crescente do período chuvoso para o seco, havendo exceção apenas no setor central com balanço negativo. Este comportamento erosivo pode estar relacionado a localização mais exposta deste setor em relação aos outros, juntamente com a superlua (que ocorreu um dia antes da coleta de dados), fenômeno este que tem como efeito uma maré alta mais forte devido ao aumento da atração gravitacional, fazendo com que os sedimentos sejam retirados desta área e remobilizados para outras. Outro possível fator determinante é a disposição na qual a orla foi construída, impedindo o transporte de sedimentos *crosshore* entre o pós-praia e a zona de espraiamento, já que a orla soterrou grande parte da zona de supramaré (Figura 20A, B).

Em relação aos parâmetros estatísticos granulométricos, a assimetria traduz a posição da mediana em relação à média aritmética (Folk & Ward, 1957). Valores positivos indicam um excesso de partículas finas e em contraste, uma assimetria negativa significa um excesso de partículas mais grossas. Isto é, houve um aumento na quantidade de partículas maiores no período seco, o que indica uma remoção de sedimentos finos da praia. O setor sul manifestou os valores negativos mais notáveis, o que significa que este setor da praia está sofrendo uma maior perda de sedimentos. O parâmetro curtose está relacionado com sucesso ao nível de energia das ondas ou ao nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais. A curtose foi heterogênea longitudinalmente na praia, com predominância de sedimentos leptocúrticos, demonstrando que a praia está sob influência erosiva. Os principais pontos de erosão situam-se na zona de intermarés no período chuvoso e na inframaré superior durante o período seco.

7.2 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

O transporte longitudinal de sedimentos na praia de Beja é bidirecional e influenciado principalmente pelo efeito das marés. Durante as marés enchentes, nos períodos chuvoso e seco ocorrem as maiores intensidades de correntes de maré, resultando em um transporte maior no decorrer desse estágio de maré.

No período chuvoso aconteceu o maior transporte de sedimentos, este fato pode ser explicado pelo aumento da intensidade da hidrodinâmica (ondas e correntes mais intensas) e da pluviosidade que retiram os sedimentos mais coesos da cabeceira do rio, incorporando-os nos

processos de transporte costeiro, o que também explica a maior ocorrência de sedimentos lamosos retidos nos *traps* (observados visualmente). Além disso, a praia de Beja possui um grande estoque de sedimentos na porção submersa no setor sul.

No período seco foi verificado um declínio no transporte longitudinal, tanto na maré enchente quanto na vazante, devido principalmente a menor descarga dos rios Tocantins e Pará nesse período, dessa forma menos sedimentos são transportados pelas correntes.

Em relação ao transporte ao longo da coluna d'água foi observado que nos dois períodos, seja na enchente como na vazante, o transporte próximo ao fundo foi predominante. Este padrão também foi verificado por Silva (2015) nas praias de Fortalezinha e Princesa e por Ranieri (2012) na praia da Romana. Segundo Fontoura (2004), os maiores transportes ocorreram quase sempre, próximos ao fundo, diminuindo gradativamente em direção à superfície, onde 50-80 % do transporte é realizado na camada entre o fundo.

Apesar do transporte de fundo ser predominante, durante o período chuvoso houve uma distribuição vertical mais aleatória. De acordo com Silva (2015), este fato pode estar relacionado com a alta turbulência da zona de surfe em praia de macromaré, principalmente neste período do ano, e à baixa profundidade da zona de surfe, que favorece a mistura das camadas próximas ao fundo com as demais.

7.3 CLASSIFICAÇÃO E TIPOLOGIA DA ORLA

A praia de Beja se encaixa na tipologia Orla Abrigada por se tratar de uma praia estuarina e ser protegida da incidência direta das ondas, assim como as praias Casa Caiada e Rio Doce em Olinda que foram classificadas nessa mesma tipologia por Araújo (2006), no entanto, são praias oceânicas. A tipologia Orla Abrigada apresenta maior interação com os sistemas continentais e baixa dinâmica de origem marinha, de acordo com MMA (2006), nesse caso sendo influenciada principalmente pelas marés. No entanto, segundo o Projeto Orla, as praias geralmente apresentam sedimentos de granulometria de areia fina a argila, o que vai de encontro com a granulometria da praia de Beja classificada como areia média.

A orla da praia de Beja está dividida em não urbanizada e em processo de urbanização e, também foi classificada como Classe A e Classe B. A Classe A está correlacionada com a orla não urbanizada, ou seja, com zonas que apresentam baixíssima ocupação ou nenhuma, como é

observado na praia de Beja, com paisagens com grau elevado de originalidade, ecossistemas primitivos em equilíbrio ambiental e baixo potencial de poluição, de acordo com MMA (2006).

A Classe B possui correlação com orlas em processo de urbanização. Segundo o Projeto Orla, essa tipologia apresenta um baixo a médio adensamento de população residente e construções, com paisagem parcialmente antropizada e potencial médio de poluição. Esse trecho da praia estudada possui algumas casas e, principalmente, pequenos restaurantes de moradores nativos, que servem como fonte de subsistência. Neste mesmo trecho, foi construído um muro de contenção, formado de tubos de concreto preenchidos com areia (Figura 20). Esta estrutura de proteção vem causando conseqüentemente alteração na hidrodinâmica local.

8 CONCLUSÃO

Investigou-se o comportamento morfodinâmico da praia de Beja durante as estações chuvosa e seca do ano de 2016. A praia de Beja apresentou predominância de areia média com grãos moderadamente selecionados e foi classificada como intermediária e modificada por marés nos dois períodos, sendo Bancos Transversais no período chuvoso e Terraço de Baixa Mar no período seco. No entanto, visualmente a praia de Beja apresenta características dissipativas, como a presença de bancos longitudinais e declividade muito suaves que não alcançaram 1°.

O transporte longitudinal de sedimentos na praia de Beja é bidirecional e é diretamente influenciada pela entrada e saída da maré no rio Tocantins, o qual bordeja a área de estudo. O maior transporte de sedimentos ocorreu durante a maré enchente nos dois períodos. Além disso, durante o período chuvoso o transporte foi muito maior do que no período seco, devido ao aumento da pluviosidade e hidrodinâmica. Quanto ao transporte ao longo da coluna d'água, a carga transportada próximo ao fundo (ou transporte por arrasto) foi prevalecente.

A orla da praia de Beja foi classificada como Orla abrigada não urbanizada ou Classe A no setor norte e Orla abrigada em processo de urbanização ou Classe B nos setores central e sul. Em função do processo de urbanização que vem ocorrendo nesta praia e sem o devido respeito a dinâmica característica deste ambiente, como ocorreu com a construção da orla da praia de Beja dentro dos limites da praia, considera-se preocupante a situação dessa região futuramente. Esta situação reforça a necessidade de estudos prévios para o conhecimento e entendimento dos processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros, considerando-se que tais processos assumem um papel importante na configuração e estabilização do ambiente.

REFERÊNCIAS

- Abreu J.J. 2011. *Transporte sedimentar longitudinal e morfodinâmica praial: exemplo do litoral Norte*. TS Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 484p.
- Almeida F.M. 2005. *Estudo dos recursos hídricos subterrâneos da região de Barcarena-Abaetetuba – Pará, Brasil como um fundamento para o zoneamento ecológico econômico do Baixo Tocantins*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 150p.
- Almeida F.M. 2007. *Estudo da contaminação por hidrocarbonetos em postos de serviços do município de Abaetetuba- PA utilizando georadar*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 142p.
- Araújo T.C.M., Silva V.B., Carvalho J.R. 2006. Classificação da tipologia da orla da cidade de Olinda- PE: Delimitação e Caracterização. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7 (1): 27-32.
- Bagnold R.A. 1963. Mechanics of marine sedimentation. In: Hill M.N. (ed.). *The sea*. New York, Wiley-Interscience, v. 3, p.507-528.
- Barbosa L.C. 2010. *Impactos socioambientais na praia de Beja e áreas adjacentes no município de Abaetetuba/PA*. DS Mestrado, Universidade de Taubaté, São Paulo, 72 p.
- Bascom W.N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Transactions of the American Geophysical Union*, 32 (6): 866-874.
- Bastos A.C., Silva C.G. 2000. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48 (1):41-60.
- Bittencourt L.A. 2016. *Morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna, Soure, Marajó – Pará*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 120p.
- 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*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 116p.
- Braga R.C. 2009. *Análise da instabilidade física da zona costeira de Salvaterra e Soure, Ilha do Marajó-PA: subsídios ao uso e ocupação*. DS Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém, 87p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2004. *Projeto orla: subsídios para um projeto de gestão*. Brasília, DF: MMA, MPO. 104p.

Brunn, P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Wyareways and Harbors Division*, **88** (1): 117-130.

Calliari L.J., Muehe D., Hoefel F.G., Toldo E. 2003. Morfodinâmica Praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51 (único):63-78.

Carter R. W. G. 1988. *Coastal environments*. London: Academic Press, 617p.

Carter R.W.G., Woodroffe C.D. 1995. *Coastal evolution: late quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge, Cambridge University Press. 255p.

Carvalho L.P.F. 2007. *Estudo morfoestratigráfico e sedimentológico dos depósitos holocênicos da planície costeira de Maracanã – NE do Pará*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 129 p.

Cohen J.C.P. 1996. *Mecanismo de propagação e estrutura das linhas de instabilidade da Amazônia*. TS Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 173p.

Costa M.S. 2014. *Aporte hídrico e de material particulado em suspensão para a Baía do Marajó: contribuições dos rios Jacaré Grande, Pará e Tocantins*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 71p.

Davis Jr, R. A. 1985. *Coastal sedimentary environments*. 2. ed. New York: Springer-Verlag.

Davis Jr. R.A., Hayes M.O. 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*, 60: 313-329.

Dean R.G. 1973. Heuristic model of sand transport in the surf zone. *Proceedings of conference on engineering dynamics in the surf zone*, Institute of Engineers, Sydney, Austrália. p.208-214.

DHN. 1986. *Informações sobre amostras geológicas*. Relat. Minist. Marinha. Banco Nacional de Dados Oceanográficos. 8p.

Evans J. 1939. Sorting and transportation of material in the swash and backwash. *Journal of sedimentary petrology*, **9** (1): 28-31.

Farias D.R. 2006. *Variabilidade morfo-sedimentar das praias estuarinas do Amor e dos Artistas (Ilha de Caratateua, Pará)*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 125p.

Ferranti A. 2013. *A política educacional no município de Abaetetuba (PA) no período de 2005 a 2008: realidade e limites*. DS Mestrado, Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Pará, Belém, 122p.

Folk R.L., Ward W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27** (1): 3-26.

Fontoura J. A. S. 2004. *Quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe da costa do Rio Grande do Sul (aplicação à praia do Cassino e adjacências dos molhes leste e oeste)*. TS Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 298p.

Horikawa K. 1988. *Nearshore dynamics and coastal processes*. Tokyo, University of Tokyo Press, 522p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. *Projeto levantamento e classificação do uso da terra*. Rio de Janeiro. (Relatório Técnico).

Instituto do Desenvolvimento Social, Econômico e Ambiental do Pará - IDESP. *Estatística municipal de Abaetetuba*. Belém: IDESP, 2013.

Khoury E.L., Dutra J.M.L. 1991. *Relatório Final Geologia da Sub-Área IX Município de Barcarena*. Projeto Nordeste do Estado do Pará. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Pará.

King D. B. 2005. Influence of grain size on sediment transport rates with emphasis on the total longshore rate. *Coastal and Hydraulics Engineering Technical Note*, CHETN-II-48, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Komar P. D. 1976. *Beaches processes and sedimentation*. New Jersey, Prentice-Hall, 429p.

Komar P. D. 1977. Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47** (4): 1444-1453.

Lopes M.N.G., De Souza E.B., Ferreira D.B.S. 2013. Climatologia regional da precipitação no Estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, **12**: 84-102.

Masselink G., Short A.D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics. A conceptual beach models. *Journal of Coastal Research*, **9** (3): 785-800.

Masselink G., Turner I. 1999. The effect of tides on beach morphodynamics. *In: Short A.D. (ed) Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. West Sussex, UK: Wiley, 379p.

MMA. 2006. *Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada*. Ministério do Meio Ambiente / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF, Brasil. 74p.

Moraes A.C.R. 1999. *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. São Paulo: Hucitec / Edusp, 229p.

Moraes B.C., Costa J.M.N., Costa A.C.L., Costa M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, **35** (2): 207-214.

Muehe D. 1996. Geomorfologia costeira. *In: Cunha S.B., Guerra A.J.T. (eds.) Geomorfologia: Técnicas e Aplicações*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 191-238.

Muehe D. 2001. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **2** (1): 35-43.

Oliveira T.C.R., Scherer M.E.G., Anfuso G., Almeida F.B., Diederichsen S.D., Williams A. 2016. Classificação dos cenários costeiros de praias de Ilha de Santa Catarina, Florianópolis – Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, **39**: 217-229.

PARÁ - Secretaria de Industria Comercio e Mineração do Pará (SEICOM). 1999. *Produção do mapa do município de Barcarena. Barcarena-Pa: Programa de Informação Básica*.

Planave S.A. 2005. *Estudo de Impacto Ambiental para a implantação do Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena-Pará*.

Porto L.J.L.S. 2009. *Análise da qualidade de sedimento de fundo no rio Barcarena-Pa*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 110p.

RADAMBRASIL. 1974. *Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. P. Folha SA. 22. Rio de Janeiro.

Ranieri L.A., El-Robrini M. 2012. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). *Geociências*, **31** (1): 103-116.

Ranieri L.A. 2014. *Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará)*. TS Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 195p.

Ranieri L.A., El-Robrini M. 2016. Condição oceanográfica, uso e ocupação da costa de Salinópolis (Setor Corvina-Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **16** (2): 133-146.

Rodrigues T.E., Santos P.L., Junior R.C.O., Silva J.M.L., Valente M.A., Junior E.Q.C. 2000. *Zoneamento agroecológico do município de Cametá, Estado do Pará*. Embrapa Amazônia Oriental.

Rosati J., Walton T. e Bodge K., 2002. *Longshore Sediment Transport*. Coastal Engineering Manual, Part III, Coastal Sediment Processes, Chapter III-2, Engineer Manual 1110-2-1100, Morang, A. (Ed.), U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, 113 p.

Santos I.N.L., Silva M.F.V. 2012. Saberes da tradição na produção de brinquedos de miriti – patrimônio cultural. *Revista Educação, Cultural e Sociedade*, **2** (2): 63-77.

Sauma Filho M. 1996. *As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 128p.

Short A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de História Natural*, **69**: 589-604.

Short A.D. 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics e an overview. *Journal of Coastal Research*, **7** (2): 417-436.

Short A.D. 1999. Beaches. In: Short, A.D. (Ed.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester. p. 3-20.

Short A.D. 2006. Australian beach systems – nature and distribution. *Journal of Coastal Research*. **22** (1): 11-27.

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 de costa. In: Neto J.A.B., Ponzi V.R.A., Sichel S.E. *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência.

Silva P.V.M. 2015. *Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)*. DS Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 89p.

Sobrinho G.H.B. 2006. Decreto presidencial que regulamenta o uso e a ocupação da zona costeira e estabelece os critérios para gestão da orla marítima. *Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado*, **5**: 9-12.

Sousa L.N. 2010. *Variação morfológica e sedimentar em praias da ilha de Algodão (litoral amazônico)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 53p.

Souza Filho P.W.M., Tozzi H.A.M., El-Robrini M. 2003. Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sand beach, Northern Brazil. *Journal of Coastal Research*, **SI** (35): 580-589.

Suguio K. (eds.).1973. *Introdução a sedimentologia*, Edgard Blucher, São Paulo, 342 p.

Suguio K., Angulo R.J., Carvalho A.M., Corrêa I.C.S., Tomazelli L.J., Willwock J.A., Vital H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: Souza *et al.* (ed.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto, Holos Editora, p. 114-129.

Szlafsztein C.F. 2009. Indefinições e obstáculos no Gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **9** (2): 47-58.

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*, **14** (1): 269-282.

Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, **30** (5): 377-392.

Wiegel R.L. 1964. *Oceanographical engineering*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. 532p.

Wright L.D., Thom B.G. 1977. Coastal depositional landforms: a morphodynamics approach. *Progress in Physical Geography*, **1** (3): 412-59.

Wright L.D., Short A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56**: 93-118.