

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

FERNANDO GOMES MACHADO

**ASPECTOS MORFODINÂMICOS E VULNERABILIDADE EROSIVA
DA PRAIA DE CARAPEBUS, SERRA – ESPÍRITO SANTO**

Vitória – ES

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

FERNANDO GOMES MACHADO

**ASPECTOS MORFODINÂMICOS E VULNERABILIDADE EROSIVA
DA PRAIA DE CARAPEBUS, SERRA – ESPÍRITO SANTO**

Monografia apresentado ao Programa de Graduação em Oceanografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Prof.(a) Dr^a. Jacqueline Albino

Vitória – ES

2010

FERNANDO GOMES MACHADO

**ASPECTOS MORFODINÂMICOS E VULNERABILIDADE EROSIVA
DA PRAIA DE CARAPEBUS, SERRA – ESPÍRITO SANTO**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em oceanografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia

COMISSÃO EXAMINADORA

**Prof.(a) Dr.(a) Jacqueline Albino
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora**

**Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno**

**Msc. Kleverson Alencastre Nascimento
Examinador Externo**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Localização da praia de Carapebus, Serra – ES.....	15
Figura 2:	Mapa faciológico da baía do Espírito Santo.....	17
Figura 3:	Regime dos ventos no litoral capixaba em condições normais.....	18
Figura 4:	Frequência das alturas e períodos de ondas mais freqüentes incidentes no litoral do Espírito Santo.....	19
Figura 5:	Subunidades de um perfil de praia, com feições e processos correspondentes.....	21
Figura 6:	Localização dos perfis na praia de Carapebus, Serra-ES.....	25
Figura 7:	Representação em perfil e em planta dos seis estágios morfodinâmicos praias da praia de Carapebus, Serra-ES.....	31
Figura 8:	Relação de equilíbrio entre o estado de praia e o parâmetro Ω	34
Figura 9:	Correlação entre a declividade da face praial e a granulometria do sedimento.....	36
Figura 10:	Ganhos e perdas de sedimento de praia.....	37
Figura 11:	Variação da topografia do perfil P1 da área de estudo (Praia de Carapebus – Serra).....	43
Figura 12:	Variação da topografia do perfil P2 da área de estudo (Praia de Carapebus – Serra).....	44
Figura 13:	Variação da topografia do perfil P3 da área de estudo (Praia de Carapebus – Serra).....	45
Figura 14:	Variação da topografia do perfil P4 da área de estudo (Praia de Carapebus – Serra).....	46
Figura 15:	Histogramas representativos da granulometria da região submersa e face praial da estação P1 e P2.....	47
Figura 16:	Histogramas representativos da granulometria da região submersa e face praial da estação P3 e P4.....	48
Figura 17:	Histogramas representativos de análise composicional da região submersa e face praial das campanhas realizadas nos meses de Abril e Maio.....	50

Figura 18:	Histogramas representativos de análise composicional da região submersa e face praial das campanhas realizadas nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro.....	51
Figura 19:	Parâmetro ômega e a relação com o estado modal da estação P1 (foto: 14/11/2009).....	52
Figura 20:	Parâmetro ômega e a relação com o estado modal da estação P2 (foto: 19/10/2009).....	53
Figura 21:	Parâmetro ômega e a relação com o estado modal da estação P3 (foto: 19/10/2009).....	54
Figura 22:	Parâmetro ômega e a relação com o estado modal da estação P4 (foto: 17/12/2009).....	55
Figura 23:	Classificação de praia quanto ao grau de exposição que correlaciona à declividade da face praial e a granulometria do sedimento.....	56
Figura 24:	Delimitação do recuo da linha de costa a uma elevação do nível do mar (linha vermelha) e faixa de segurança proposta por Muehe, 2001 (linha amarela).....	63
Figura 25:	Destaque para as estações P1 e P2 em relação ao recuo costeiro e limites de segurança.....	63
Figura 26:	Destaque para as estações P3 e P4 em relação ao recuo costeiro e limites de segurança.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Data dos levantamentos topográficos, coletas de sedimentos e dados oceanográficos.....	24
Tabela 2: Coordenadas das 4 estações de perfis praias transversais.....	24
Tabela 3: Diâmetro das peneiras utilizadas.....	27
Tabela 4: Intervalos de classes estabelecidos por Wentworth (1922).....	28
Tabela 5: Grau de seleção segundo Folk (1968) apud Muehe (1996).....	28
Tabela 6: Grau de assimetria segundo Folk (apud Muehe, 1996).....	29
Tabela 7: Relação de equilíbrio entre estado da praia e valor médio de Omega (Wright et al., 1985).....	35
Tabela 8: Dados de altura (H_b) e período (T) de ondas coletadas em campo H_b (m) e T (s).....	41
Tabela 9: Valores das incógnitas da equação de Bruun e resultado do recuo da linha de costa em relação ao aumento de 0,30 do nível do mar.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBEJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
2 ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.1 LOCALIZAÇÃO; GEOLOGOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	15
2.2 CLIMA E OCEANOGRAFIA.....	17
2.2.1 Aspectos climáticos.....	17
2.2.2 Ondas.....	18
2.2.3 Marés.....	19
3 O AMBIENTE PRAIAL.....	20
3.1 LIMITES E NOMENCLATURA DE PRAIA.....	20
3.1.1 Zonação morfológica.....	20
3.1.2 Zonação hidrodinâmica.....	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	23
4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS.....	23
4.2.1 Topografia.....	23
4.2.2 Dados sedimentológicos.....	26
4.3 FUNDAMENTOS TÉCNICO-CIENTÍFICO EMPREGADOS NO TRATAMENTO DE DADOS.....	29
4.3.1 Variação morfodinâmica: superposição dos perfis, trocas de sedimentos; condições meteoceanográficas.....	30
4.3.2 Tipologia da praia e grau de exposição.....	34
4.3.3 O sedimento, transporte e balanço sedimentar.....	36
4.3.4 Recuo e susceptibilidade.....	39

5 RESULTADOS.....	41
5.1 CARACTERIZAÇÃO E VARIAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA.....	41
5.1.1 Condições meteoceanográficas dos dias de monitoramento.....	41
5.1.2 Topografia.....	42
5.1.3 Distribuição granulométrica das areias da praia.....	46
5.1.4 Composição das areias.....	49
5.2 MORFODINÂMICA E GRAU EXPOSIÇÃO.....	52
5.2.1 Tipologia.....	52
5.2.2 Grau de exposição.....	56
5.3 ADAPTAÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL TRANSVERSAL SOB INCREMENTO DO NÍVEL RELATIVO DO MAR.....	57
6 DISCUSSÃO.....	58
6.1 MORFODINÂMICA PRAIAL.....	58
6.2 VULNERABILIDADE EROSIVA.....	61
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
8 REFERÊNCIAS.....	67

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao final de conquistas refletem o companherismo, a amizade e toda a colaboração advinda de pessoas especiais. Estejam elas próximas, distantes ou que não se encontram, mas serão guardadas pelo resto de nossas vidas em nosso coração.

Aos pais, Florenço e Nelcy e filhos, Bernardo e Gabriel que sempre estavam na platéia para assistir meu esforço e determinação;

À Adriana, minha irmã, que nunca me deixou pensar que alguma coisa seria impossível;

À excelente amiga, professora e orientadora Dr(a). Jacqueline Albino, pelo incentivo, paciência e ensinamentos que culminaram na realização deste trabalho;

A todos os professores do Departamento, em especial Gilberto;

Aos amigos do LabMar (Marcel, Xuxa, Tobias e Lucas Bermudes) pelos momentos de estágio, orientações e oportunidade para tratamento das amostras;

Ao amigo Léo Klumb, que jamais vou esquecer a sua presteza e colaboração;

Aos amigos que contribuíram para as coletas de campo, em especial André e Tobias, Renato, Ronaldo, Lucas e Tuta;

E a ajuda divina, responsável por tudo citado anteriormente, OBRIGADO!!!

“Para quem sabe esperar
Tudo vem a tempo”
(*Clément Marot*)

RESUMO

A investigação dos processos atuantes em praias embaçada requer a interpretação da composição e granulometria sujeitas ao clima de ondas no ambiente. Tais características revelam o comportamento da dinâmica que envolve o ambiente, ora podendo ser cíclicos ora transversais e/ou longitudinais.

Praias serranas apresentam diferentes níveis de exposição às condições hidrodinâmicas, experimentando níveis de energia de onda diferentes e conseqüentemente características morfodinâmicas distintas.

Efeitos antrópicos parecem sobrepor às condições naturais desses eventos, o qual reflete impactos negativos no ambiente, que numa escala temporal-espacial respondem de forma erosiva as novas condições praias.

Entender as características destas praias, suas variações e os processos atuantes são ramos da morfodinâmica de praias, que relaciona aspectos entre a interação das ondas e do sedimento, combinado com uma possível aceleração urbana.

O presente trabalho objetivou analisar as características morfodinâmicas e granulométricas do arco praial de Carapebus, uma praia de enseada situada no município da Serra-ES, em relação ao balanço sedimentar, bem como sugerir limites seguros de uso e ocupação ao planejamento urbano. Os resultados indicaram tratar-se de uma praia protegida, de sedimento litobioclástico, com classificação refletiva e intermediária de acordo com a energia das ondas, que apesar do predomínio do transporte transversal apresenta um fluxo residual no sentido de sul para norte do arco. Os resultados ainda sinalizaram que o limite de segurança estabelecido para orlas urbanizadas se mostrou satisfatório, no entanto, cabe a adequação deste limite na urbanização da praia estudada.

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os ambientes praias compõem a linha frontal de muitos ecossistemas costeiros, e por essa razão, tornam-se um importante componente no cenário litorâneo, adicionando elementos notáveis à interação homem-ambiente. Apesar disso, o uso incessante desse ambiente desempenhando o papel de hábitat de populações ou sendo acolhedor de atividades de turismo e lazer, vem gerando conflitos de uso e muitos impactos.

Conforme destacam Monteiro Neto e Mendonça Neto (2009) em virtude do grande desenvolvimento turístico e urbano, têm-se notado uma grande valorização do espaço costeiro que, de certa forma, vêm substituindo o ambiente costeiro por obras urbanas, imobiliárias e de recreação.

Essas construções feitas sobre ou próximo à linha de costa, por um lado satisfazem o pensamento humano de desenvolvimento e conforto, mas, por outro lado, limita os processos naturais refletindo em riscos consideráveis como erosão.

Segundo Souza *et al* (2005) a capacidade de suporte ou estrutura morfológica de uma determinada região, descreve a relação entre o tamanho da população que dela faz uso e as mudanças causadas pela mesma nos recursos naturais.

Nesse contexto destaca a região da Grande Vitória, formada por inúmeras praias, desenvolvidas sob a estreita faixa de contato da Formação Barreiras com a planície costeira (ALBINO & OLIVEIRA, 1995), em que os impactos erosivos são nitidamente mostrados em praias como Capuba, Manguinhos (ALBINO et al., 2006) e Praia Mole.

Nos estudos de Bird (1981) já identificavam que 70% das costas arenosas do mundo caracterizam-se em erosão, 10% em progradação (avanço) e somente 20% sem mudanças significativas.

Posto que a erosão costeira trata-se de problema mundial, ligado a um déficit no balanço sedimentar, diversos são os estudos direcionados a análise de processos

que envolvem o ambiente praial. Dentre esses, destacam-se os desenvolvidos por Muehe (2001), que reúnem critérios de tendência erosiva ou construtiva, de recuo manifestado por uma possível elevação do nível do mar e de aspectos de estrutura paisagística.

Short e Wright (1983), inserindo características como grau de exposição, compartimentação e físicas locais, classificaram os ambientes praias em estado refletivo representado por praias de grande declividade e extremamente compartimentadas e dissipativas, ao contrário, com pequena declividade e tendência à exposição, além dos estágios intermediários.

Sabendo que somente através do planejamento e de controle do processo, inclusive da escala de urbanização, se pode evitar o comprometimento do patrimônio costeiro em áreas urbanizadas ou em processo de urbanização. O presente trabalho objetiva analisar o comportamento morfodinâmico e avaliar o recuo costeiro, em função de uma provável subida relativa do nível do mar de 0,3m, na Praia de Carapebus, Serra-ES. E com essa informação, discutir a adequação da ocupação em função de seu grau de vulnerabilidade erosiva. Praia essa escolhida, inserida no pólo turístico do município da Serra, onde a tendência erosiva é identificada em diversas praias.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 **Objetivo geral**

Identificar a vulnerabilidade erosiva da praia de Carapebus, Serra-ES, considerando alterações e/ou intensificações energéticas das condições meteoceanográficas.

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Classificar a praia em função de sua tipologia e o grau de exposição;
- Inferir as principais proveniências e balanço sedimentar da praia a partir do conhecimento das propriedades físicas e composicionais das areias da praia e;
- Identificar os limites seguros para uso e ocupação a fim de subsidiar o planejamento urbano;

2 ÁREA DE ESTUDO

2.1 LOCALIZAÇÃO; GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Inserido entre os estados do Rio de Janeiro ($21^{\circ} 30' S$ e $40^{\circ} 96' O$) e da Bahia ($18^{\circ} 20' S$ e $22^{\circ} 56' W$), na região sudeste do Brasil, está localizado o Estado do Espírito Santo. Nesse estado e situada ao norte do município de Vitória, está a praia de Carapebus, Serra-ES, conforme Figura 1. A praia de Carapebus forma uma enseada compreendendo uma área de aproximadamente 1,5km de areia, com destaque para a Lagoa de Carapebus ao norte e formação arenítica e de couraças lateríticas ao sul.

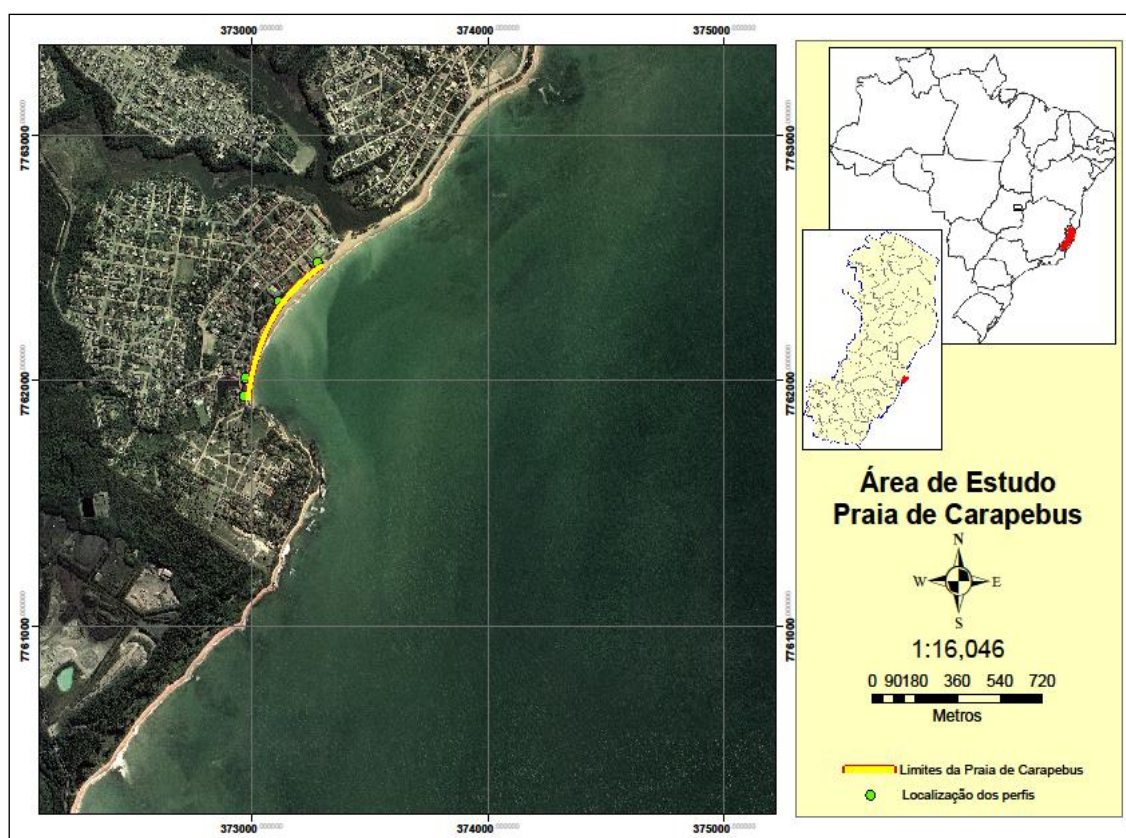


Figura 1: Localização da praia de Carapebus, Serra - ES
Fonte: Instituto Jones Santos Neves (2007)

Esta região está inserida no compartimento fisiográfico, reconhecido na plataforma continental do Espírito Santo, que se estende desde Regência até Itapemirim (embaçamento de Tubarão). Nessa unidade, verifica-se uma plataforma

variavelmente estreita, com larguras médias aproximadamente em torno de 40 a 50 km, na região de Aracruz e 45 km ao largo do norte de Vitória Albino *et al.* (2006).

Também se inclui, precisamente no setor 3, segundo a subdivisão fisiográfica da costa do Espírito Santo proposta por Martin *et al.* (1996), onde salienta a presença da Formação Barreiras disposta de forma irregular, por vezes mesclando-se com afloramentos do Embasamento Cristalino.

Esse setor, estendido de Barra do Riacho a Ponta de Tubarão (Baía do Espírito Santo), é caracterizado por falésias vivas da Formação Barreiras, ora em contato direto com a praia, ora com o pouco desenvolvimento de depósitos quaternários (MARTIN *et al.*, 1996). A Formação Barreiras estende-se também, segundo Albino *et al.* (1999) até a região de plataforma interna, encontrados na forma laterizada, formando terraços e dissipando ondas que chegam a costa.

As planícies quaternárias desse setor são pouco desenvolvidas, sendo somente pronunciada por depósitos flúvios-marinhos, nas regiões próximas a incisão de vale dos rios Piraquê-Açu, Reis Magos e Santa Maria de Vitória (ALBINO *et al.*, 2006).

A partir dos dados de composição textural, Albino *et al.* (2001a), determinou a distribuição faciológica da plataforma continental interna e da Baía do Espírito Santo, sendo identificados três grupos de diferente composição: material litoclástico (azul), material misto (verde) e material bioclástico (vermelho) como mostrado na figura 2.

Segundo Albino *et al.* (2001a), a faciologia dos sedimentos superficiais da plataforma da Baía do Espírito Santo mostra-se limitada na contribuição de material terrígeno. Definição esta, identificada na região marinha da área de estudo, na qual é caracterizada por sedimentos litobioclásticos grossos (tons verde), onde esses altos teores desse sedimento comprovam a contribuição biológica da área fonte.

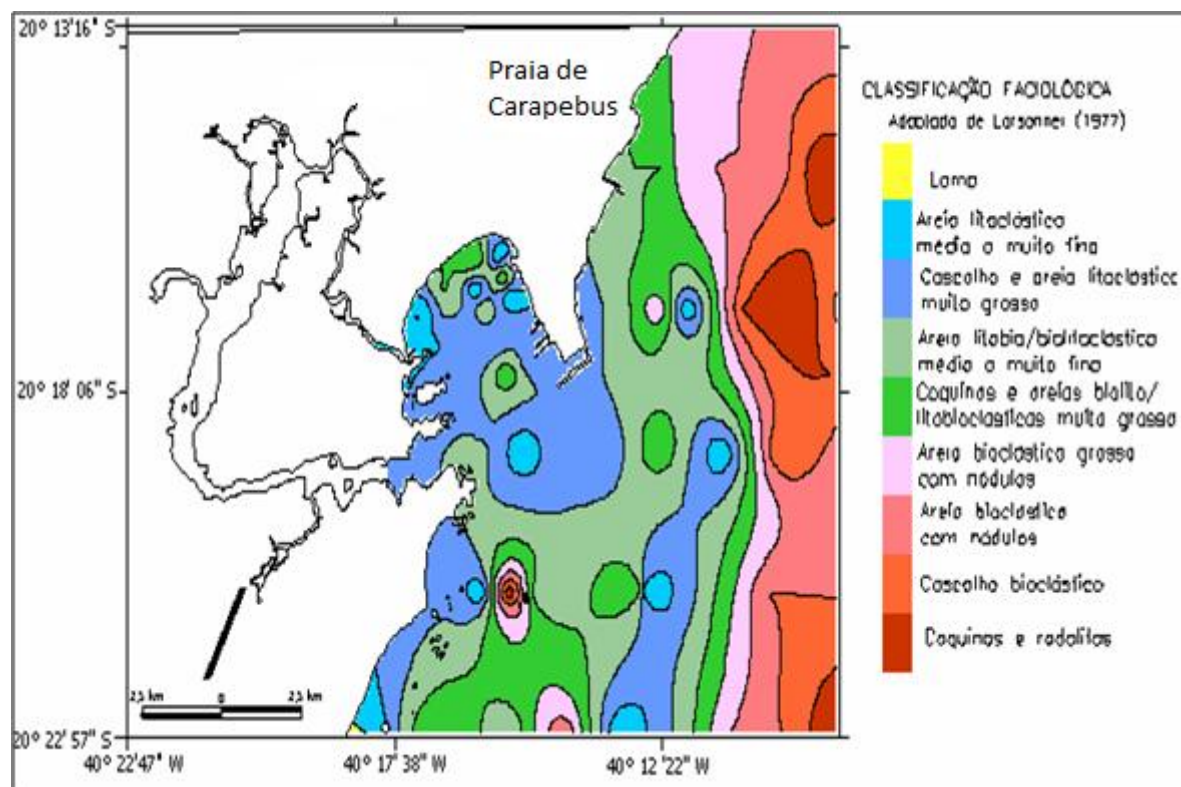


Figura 2: Mapa faciológico da baía do Espírito Santo.
Fonte: Albino et al. (2001a)

2.2 CLIMA E OCEANOGRRAFIA

2.2.1 Aspectos climáticos

O clima deste trecho do litoral brasileiro é do tipo pseudo-equatorial, segundo a classificação de Köppen (1948, *apud* MARTIN et al. 1993, *apud* ALBINO 1999). A região encontra-se em zona caracterizada por chuvas tropicais de verão, com a estação seca durante o outono e inverno. Ademais, as duas últimas estações podem registrar precipitações de descargas frontais, devidas às massas polares. A temperatura média anual é de 22° C, ficando a média das máximas entre 28° e 30° C, enquanto que as mínimas apresentam-se em torno de 15° C.

Os dados levantados pelo Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo (CTH/USP) entre fevereiro e 1972 e janeiro de 1973 (BANDEIRA et al. 1975), e os fornecidos pela EMCAPA (1981, *apud* ALBINO 1999), demonstram que os

ventos de maior frequência e maior intensidade são os provenientes dos quadrantes NE-ENE e SE, respectivamente.

Os de NE-ENE estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto que os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa capixaba (Figura 3).



Figura 3: Regime dos ventos no litoral capixaba em condições normais.
Fonte: Martin *et al.* (1996).

2.2.2 Ondas

As ondas são geradas pelos dois sistemas de ventos existentes na região. Segundo Albino *et al.* (2001b), as ondas do setor sul (S-SE) estão associadas às frentes frias, demonstrando assim, uma maior energia do que as do quadrante NE, porém são menos frequentes, mas nem por isso são menos importantes devido à intensidade e capacidade de erosão das praias.

Dados de clima de onda para o litoral brasileiro são escassos e limitados aos levantamentos nas áreas próximas aos portos por ocasião de suas construções (HOMSI, 1978). Segundo Albino *et al.* (2001b), para a área estudada, os dados obtidos pelo INPH (Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias), entre março de 79

a setembro de 80, nos arredores do Porto de Tubarão, Vitória, foram utilizados pela RAM Engenharia (1994) para a determinação do clima de ondas, exposto na Figura 4.

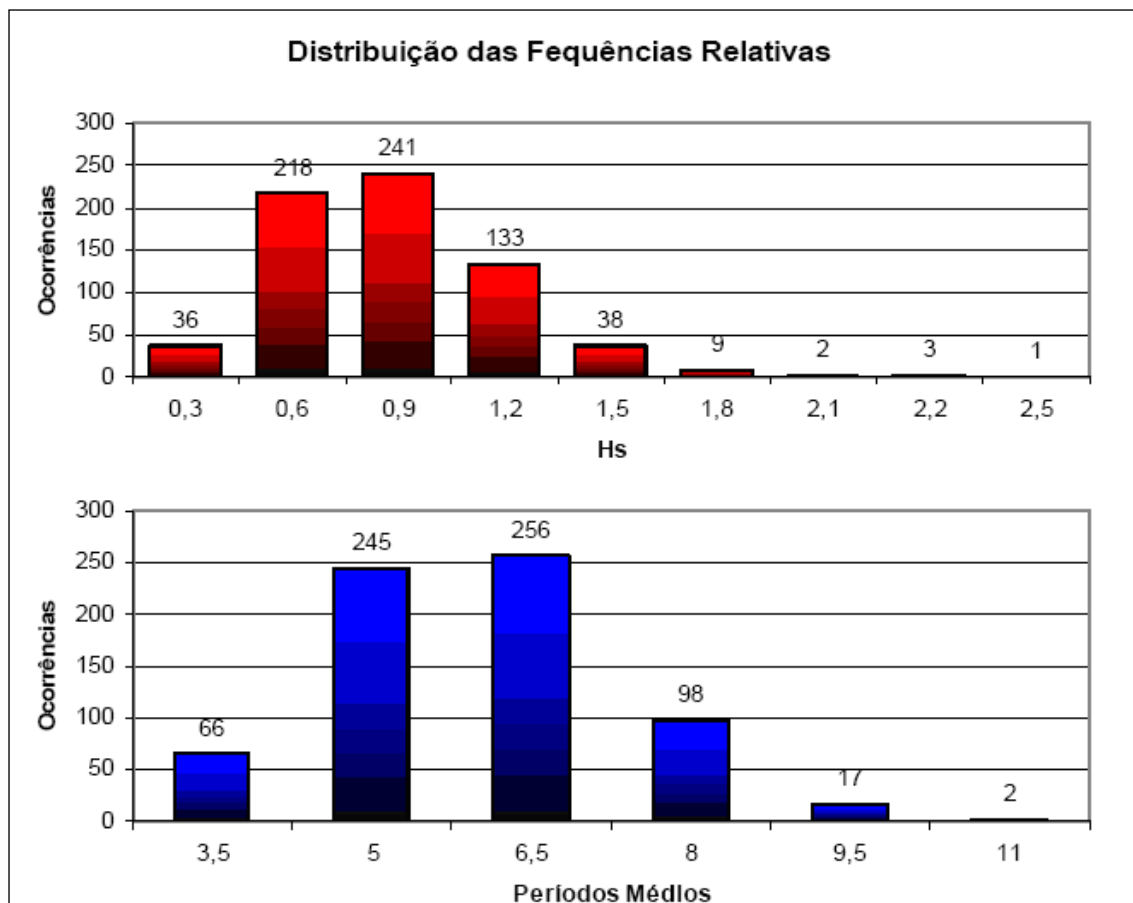


Figura 4: Frequência das alturas e períodos de ondas mais frequentes incidentes no litoral do Espírito Santo. Fonte: Albino, 1999 (adaptado).

2.2.3 Marés

De acordo com o DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação (2006), o litoral do Espírito Santo tem a sua amplitude de maré variando entre 1,40 e 1,50m. Estes valores são característicos de litoral submetido a um regime de micromaré (menor que 2m).

3. O AMBIENTE PRAIAL

3.1 LIMITES E NOMENCLATURA DE PRAIA

Praia é definida como estoque de qualquer material inconsolidado, principalmente areia, cascalho e seixo, estendendo-se paralelamente à costa, ou seja, no contato direto terra-mar. Que se estende do limite médio de maré baixa até alguma mudança fisiográfica como um rochedo, campo de dunas ou uma vegetação natural (KOMAR, 1976).

3.1.1 Zonação morfológica

Devido falta de padronização da nomenclatura, tanto na literatura internacional quanto na brasileira, dos ambientes praias, incluindo as feições (setores ou zonas) e respectivos processos, será definido, neste trabalho, a terminologia segundo proposto por Davis (1985) adaptado por Albino (1999).

A zona denominada **pós-praia** (*backshore*) consiste na região somente atingida por efeitos de ondas ressacadas e marés muito altas ou tempestade. Essa região é formada por estruturas de inclinação abruptas denominadas berma, que mergulham de forma acentuada em direção ao mar e se alongam horizontalmente ao continente. Na pós-praia também podem ser encontradas feições de maior inclinação - escarpas praial - que aparecem ocasionalmente, em virtude de recortes por intensificação da energia (ondas) na porção superior (DAVIS, 1985).

O termo **antepraia superior** (*foreshore*), no ambiente praial, indica o setor limitado pela porção submersa pelos níveis máximos e exposta pelos níveis mínimos de maré. Este setor é composto pela **face de praia**, ou seja, porção onde ocorrem efetivamente as ações de espraiamento e refluxo da água. A **antepraia inferior** (*Nearshore*) estende-se do limite externo da antepraia superior até a região submersa dos bancos de areia. Esta região compreende parte da zona de surf e a zona de arrebentação. Na Figura 1 têm-se uma visão desse ambiente apresentado por Davis (1985) e Albino (1999).

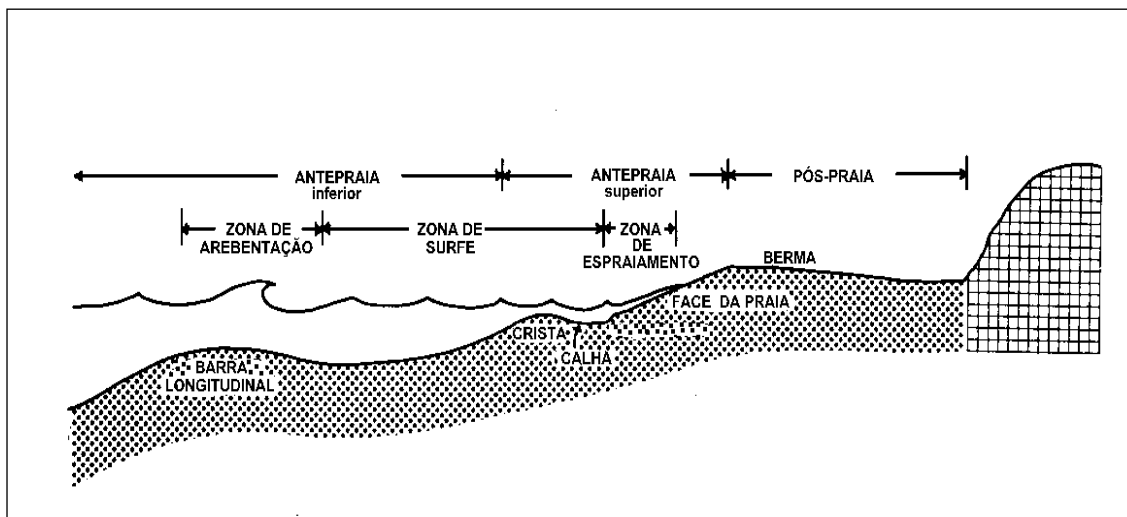


Figura 5: Subunidades de um perfil de praia, com feições e processos correspondentes. Fonte: Davis (1985) modificado de Albino (1999).

Diversos autores abrangem, ainda mais, as terminologias de praia em direção ao mar aberto. Komar (1976) utilizou o termo **offshore** para denominar a porção mais afastada da costa, ou seja, porção submersa aplainada que se estende dos bancos longitudinais até a margem da plataforma continental.

Niedoroda, Swift e Hokins (1985), reconhecem uma zona de transição entre a praia e plataforma interna, a qual denomina de **shoreface**, onde dependendo no regime de ondas atuantes envolveria a praia ou a plataforma interna.

Ainda inserindo parâmetros de profundidade Komar (1998), sugere que águas rasas delimitam a praia propriamente dita. Águas intermediárias envolvem a **shoreface** e a plataforma continental interna e a região sucessiva e de águas profundas, a plataforma média e externa.

3.1.2 Zonação hidrodinâmica

Relacionado aos aspectos hidrodinâmicos, atuantes no ambiente praial, pode ser verificada a zona de surf (*surf zone*), zona de espraçamento (*swash zone*) e arrebentação (*breaking zone*). Sendo que sua delimitação depende diretamente do modo de dissipação de energia das ondas incidentes, ou seja, do tipo de quebra e amplitude de maré. Praias de baixa declividade tendem a extensas zonas de surf, e as ondas que inicialmente quebraram se constituem como vagalhões, espraçando-se

ao longo dessa zona. No percurso até a linha de praia, grande parte da energia é transferida para a geração de correntes longitudinais e transversais à praia (HOEFEL, 1998).

Ao atingirem águas progressivamente mais rasas, as ondas incidentes tendem a diminuir sua velocidade e aumentar sua altura, até que a velocidade exceda ao ponto no qual a sustentação se torna negligenciável e quebra. A **zona de arrebentação** (*Breaking zone*) é aquela porção do perfil praial individualizada por esse processo, caracterizada no modo de dissipação da onda sobre a praia (HOEFEL, 1998).

Ainda conforme Hoefel (1998), a **zona de espraçamento** (*swash zone*) pode ser definida como a região da relativamente estreita que se estende desde o ponto de colapso da onda bem como o limite superior de excursão da onda (SHORT, 1999). Esses espraçamento são influenciados por uma série de processos, incluindo tipo de onda, morfologia da face e tamanho e/ou volume de sedimento. Deste modo, nota-se nessa região grande variabilidade espacial e temporal ao longo da costa, caracterizada em feições rítmicas como cúspides praiais.

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Esta etapa é referente ao planejamento pré-campo e consistiu na elaboração exata das estações amostrais; juntamente com a coleta de informações e dados meteoceanográficos, levantando os dias e horários satisfatórios ao campo.

O levantamento de dados cartográficos foi adquirido, tendo como base carta topográfica e náutica da região, além de informações de trabalhos, como o relatório de pesquisa elaborado por Albino *et al.* (2001), no litoral de Vitória, ES.

Os dados metereológicos e oceanográficos foram obtidos na Internet, nos sites do CPTEC / INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e do DHN (Diretoria de Hidrologia e Navegação).

Através desses dados foi determinada a realização das campanhas, definidas por coletas de dados topográficos, de sedimento, climáticos locais e outros verificadas em campo.

4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

4.2.1 Topografia

A variação topográfica foi elaborada por perfis em quatro diferentes locais, como pode ser verificado na Figura 5. As estações P2 e P4 foram escolhidas de acordo com as estações utilizadas no Relatório de Pesquisa (Processos Atuais de Sedimentação Marinha e Praial do Litoral de Vitória-ES (2001)) da professora Dra. Jacqueline Albino em 2001, no intuito de uma possível discussão posteriormente. Já as estações P1 e P3 foram determinadas de acordo com a ajuda de carta topográfica e visita ao local, utilizando estruturas permanentes para demarcar a estação (tabela 2).

Essas campanhas ocorreram no ano de 2009, nos dias e meses como podem ser vistos na Tabela 1, sempre em condições de maré baixa, que proporcionasse um melhor aproveitamento do perfil.

Tabela 1: Data dos levantamentos topográficos, coletas de sedimentos e dados oceanográficos

MÊS	Abril	Maio	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
DIA	07	10	04	18	14	17

Inicialmente, determinou-se a orientação de cada perfil, no intuito de estabelecer uma direção perpendicular a linha de praia. Esta definição foi realizada com o auxílio de uma bússola e estacas de madeira, que, através do ponto na pós-praia, pode-se obter a orientação desejada. Após essa determinação realizou-se o nivelamento topográfico, desde o ponto fixo no pós-cordão litorâneo até o ponto limite de visão, em direção ao mar.

Tabela 2: Coordenadas das 4 estações de perfis praias transversais.

Estação	Coordenadas UTM	Referenciais	Azimute
P1	0372967 7761936	Poste de luz em frente à residência nº 13(Rua Minas Gerais-parte sul da praia)	84°
P2	0372966 7762010	Alinhamento do 2º poste (de cimento) com caixa de luz do quiosque ao norte do rio preso	122°
P3	0373117 7762320	Alinhamento do muro com a margem sul do Ed. Sintel	150°
P4	0373281 7762480	Alinhamento do poste de luz com o muro da margem sul do clube (Restaurante QG drink's)	156°

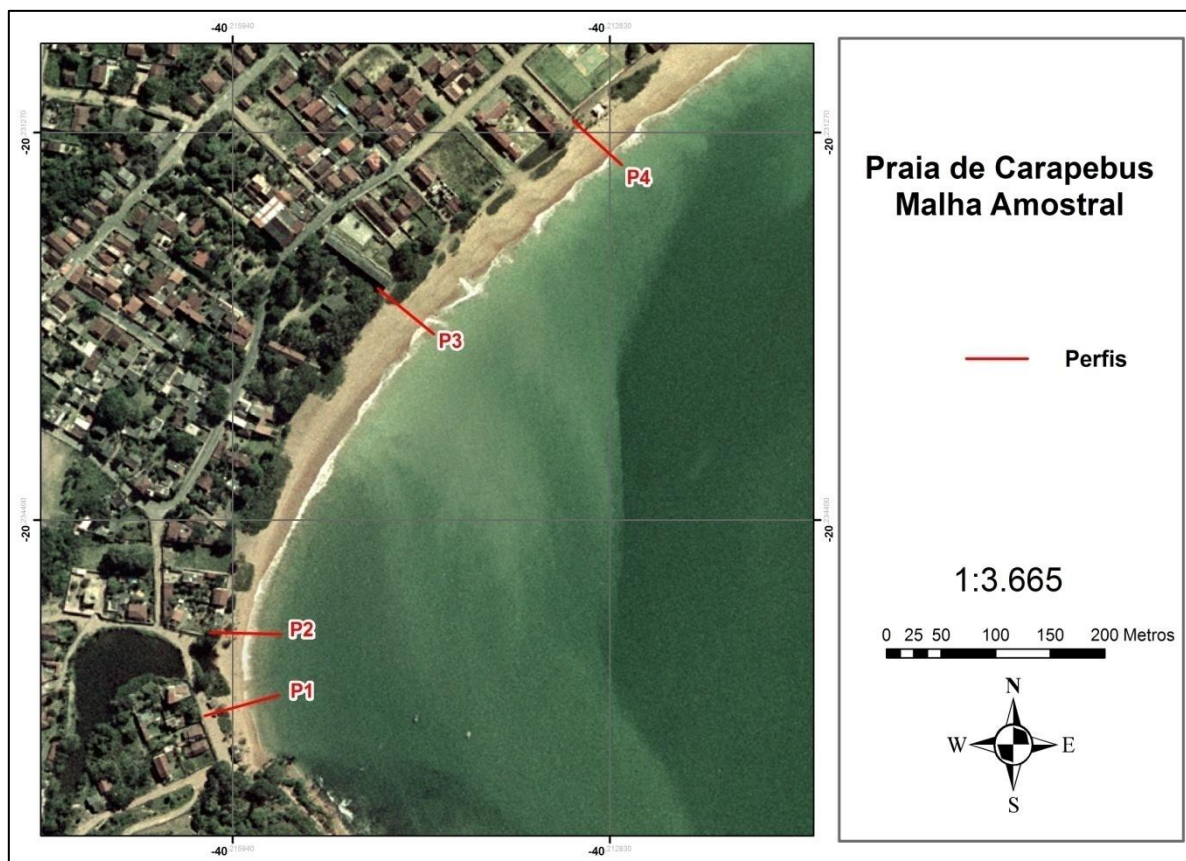


Figura 6: Localização dos perfis praias na praia de Carapebus, Serra-ES.
Fonte: Instituto Jones Santos Neves (2007)

O levantamento topográfico foi realizado pela utilização de um nível de precisão, mira graduada e uma trena (digital), na qual foram medidas as distâncias e as alturas de um ponto a outro, ao longo do perfil. Para a determinação da altura inicial do perfil foi utilizado como referencial, o nível médio do mar (DHN), que após a correção da maré no horário da perfilagem (no máximo recuo) foi plotado em gráfico. Esse procedimento consistiu no somatório dos desníveis desde o início do perfil até o máximo recuo da onda, no momento dos levantamentos. Com esses resultados a partir de equações matemáticas simples, foi determinado a cota inicial do perfil em relação ao nível médio do mar.

Assim, os perfis de cada estação foram plotados e sobrepostos com uso do softer para reconhecimento das variações a cada campanha.

Também foram verificados e anotados nos dias de campo, parâmetros como altura (H_b), período (T) e direção de incidência das ondas, além de características geomorfológicas locais. A altura da onda (H_b) foi determinada, colocando-se a baliza

de Emery no ponto máximo de recuo de onda, em que foi visualizada uma linha imaginária com o horizonte, mar adentro. Os dados de período foram obtidos através da cronometragem de 11 ondas atingindo a zona de arrebentação, e dividindo-se o resultado por 10. Já a direção de incidência das ondas, foi medida com o auxílio da bússola, se posicionando perpendicular a crista das ondas que atingiam a praia.

4.2.2 Dados sedimentológicos

A coleta de sedimentos foi efetuada simultaneamente aos dados de perfilagem topográfica, em duas regiões distintas, ao longo do perfil. Uma na face de praia e outra na região submersa, numa distância de aproximadamente 15 metros em a partir do máximo recuo. Todo o sedimento coletado foi armazenado em sacolas plásticas, devidamente identificadas.

O tratamento das amostras de sedimento foi realizado no Laboratório de Análises Ambientais – LABMAR, por ocasião oportuna de estágio supervisionado. Os procedimentos de tratamento das amostras serão detalhados nesta seção.

Inicialmente, os sedimentos provenientes das amostras, foram devidamente lavados em bacias plásticas para a eliminação totalmente dos sais. Em seguida, cada amostra foi colocada em becker e levados à estufa, numa temperatura de aproximadamente de 80°C. Para uma melhor representação de todas as classes granulométricas foram quarteadas e posteriormente pesadas, sendo 50g para a granulometria (análise granulométrica) e 20g para a determinação da quantificação composicional.

A metodologia empregada para a determinação dos parâmetros estatísticos, que definem as distribuições granulométricas caracterizadas por fração grossa, foi à proposta por FOLK & WARD (1957). Nesta proposta, os valores para o cálculo dos parâmetros são referenciados através da determinação de percentis, a partir da acumulação granulométrica, na curva traçada em gráfico de probabilidade aritmética.

Como o sedimento da área de estudo é predominantemente arenoso, somente foi efetuado o peneiramento a seco, no qual a porção fracionada (50g) foi inserida num jogo de 15 peneiras com malhas distintas em milímetro, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Diâmetro das peneiras utilizadas.

mm	Phi (Φ)
4	-2
2,8	-1,5
2	-1
1,41	-0,5
1	0
0,71	0,5
0,5	1
0,35	1,5
0,25	2
0, 177	2,5
0, 125	3
0, 090	3,50
0, 062	4
Fundo	Fundo

Para as análises estatísticas (média, mediana, seleção e assimetria) foi utilizado o programa Sysgran 3.0, na qual foi adotada a escala granulométrica proposta por Wentworth (1922). Onde o diâmetro dos sedimentos retidos em cada peneira, foram expressos em escala ϕ (Φ), introduzida por KRUMBEIN (1934), que corresponde ao logaritmo negativo de base 2 ($\Phi = -\log_2 \text{mm}$) do valor da granulometria expressa em milímetros. A classificação estatística desses parâmetros, de acordo com Wentworth (1922) e Folk (1968), pode ser visualizada nas tabelas 4, 5 e 6, conforme se segue:

Tabela 4: Intervalos de classes estabelecidos por Wentworth (1922) apud Muehe (1996).

Classificação	Phi (Φ)	mm
Grânulo	-2 a -1	4 a 2
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 0,031
Silte médio	5 a 6	0,031 a 0,016
Silte fino	6 a 7	0,016 a 0,008
Silte muito fino	7 a 8	0,008 a 0,004
Argila	>8	<0,004

Fonte: Adaptado de Muehe (1996)

Tabela 5: Grau de seleção segundo Folk (1968) apud Muehe (1996).

Grau de seleção	Phi (Φ)
Muito bem selecionado	0 a 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente bem selecionado	0,50 a 0,71
Moderadamente selecionado	0,71 a 1
Mal selecionado	1 a 2
Muito mal selecionado	2 a 4
Extremamente mal selecionado	>4

Fonte: Adaptado de Muehe (1996)

Tabela 6: Grau de assimetria segundo Folk (1968) *apud* Muehe (1996).

Phi (Φ)	Assimetria	Valores de Phi (Φ)
	Matematicamente	Graficamente
1 a 0,3	Muito positiva	Muito negativos (grossos)
0,3 a 0,1	Positiva	Negativos
0,1 a -0,1	Aproximadamente simétrica	Simétrico
-0,1 a -0,3	Negativa	Positivos
0,3 a -1	Muito negativa	Muito positivos (finos)

Fonte: Adaptado de Muehe (1996)

A separação entre sedimentos carbonáticos e não carbonáticos (siliciclásticos e bioclásticos) se deu em todas as amostras coletadas, na qual 20g do sedimento coletado em cada ponto, anteriormente lavados, secados e quarteado foram colocado em becker e adicionado solução de ácido clorídrico (HCl). Após a reação com o ácido, os resíduos permanentes, ou seja, parcela não carbonática passaram novamente por um sistema de pesagem, em que se pode concluir através da diferença inicial e final a porcentagem composicional.

4.3 FUNDAMENTOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS EMPREGADOS NO TRATAMENTO DOS DADOS

Para tratamento dos dados, utilizou-se como referência os autores estudados como Wright e Short (1983); Wright *et al.*, (1979); Wright *et al.*, (1985); Albino *et al.*, (2001a); Albino, Girardi e Nascimento (2006), dentre outros que mostram a interferência da variação morfodinâmica, superposição dos perfis, troca de sedimentos e condições meteoceanográficas, bem como a necessidade de análise do grau de exposição e tipologia da praia em relação à sua vulnerabilidade erosiva.

4.3.1 Variação morfodinâmica: superposição dos perfis, trocas de sedimentos; condições meteoceanográficas

A praia de Carapebus, foco desse estudo, é arenosa em função do resultado da ação das ondas e sua interação com os sedimentos acomodados na linha de costa, tendo suas características resultantes da variação das marés, altura e período de ondas, pela interferência dos tamanhos dos grãos e formato da praia.

Entende-se, também, que as variações morfológicas ocorrem de forma sequencial, de estágios com um menor nível de energia de onda, evoluindo para um maior nível de energia tendo como consequência saltos morfológicos, com alterações temporais pequenas, se comparados com períodos de acresção da porção subárea da praia.

Muitos estudos confirmam a migração de sedimento durante eventos de alta energia de onda, da porção subaérea da praia em direção ao mar, desenvolvendo formas preferencialmente lineares, com perfil mais plano. Quando há um decaimento subsequente do nível de energia hidrodinâmico, ocorre um movimento contrário, com o sedimento e barras arenosas sendo deslocadas para a porção subaérea da praia, muitas vezes desenvolvendo formas rítmicas, como barras crescentes (SHORT & AAGARD, 1993), concentrando o estoque de sedimentos cada vez mais próximo a face praial.

O tamanho e constituição do grão que formam as praias exercem um papel importante no comportamento e na declividade das praias arenosas. Grãos unimodais mais finos tendem a gerar um perfil com pendente mais suave, enquanto grãos progressivamente mais grossos geram perfis gradualmente mais íngremes (KOMAR, 1976). A declividade da face da praia pode variar com as condições de energia de ondas atuantes.

Esta evolução morfológica foi fundamentada pela observação diária da morfodinâmica de praias durante seis anos, análise de fotografias aéreas, medições de correntes na zona de surfe, registros do clima de ondas e sobreposição de perfis praias, tendo ampla aceitação inclusive no Brasil, que, apresenta regime de micromaré.

A comparação entre vários parâmetros possibilitou que WRIGHT & SHORT (1984) formassem um modelo evolutivo baseado na descrição de seis estágios praias, definindo dois extremos, um dissipativo e outro refletivo e quatro estágios intermediários (figura 7), caracterizados por assembléias morfológicas e processos hidrodinâmicos peculiares.

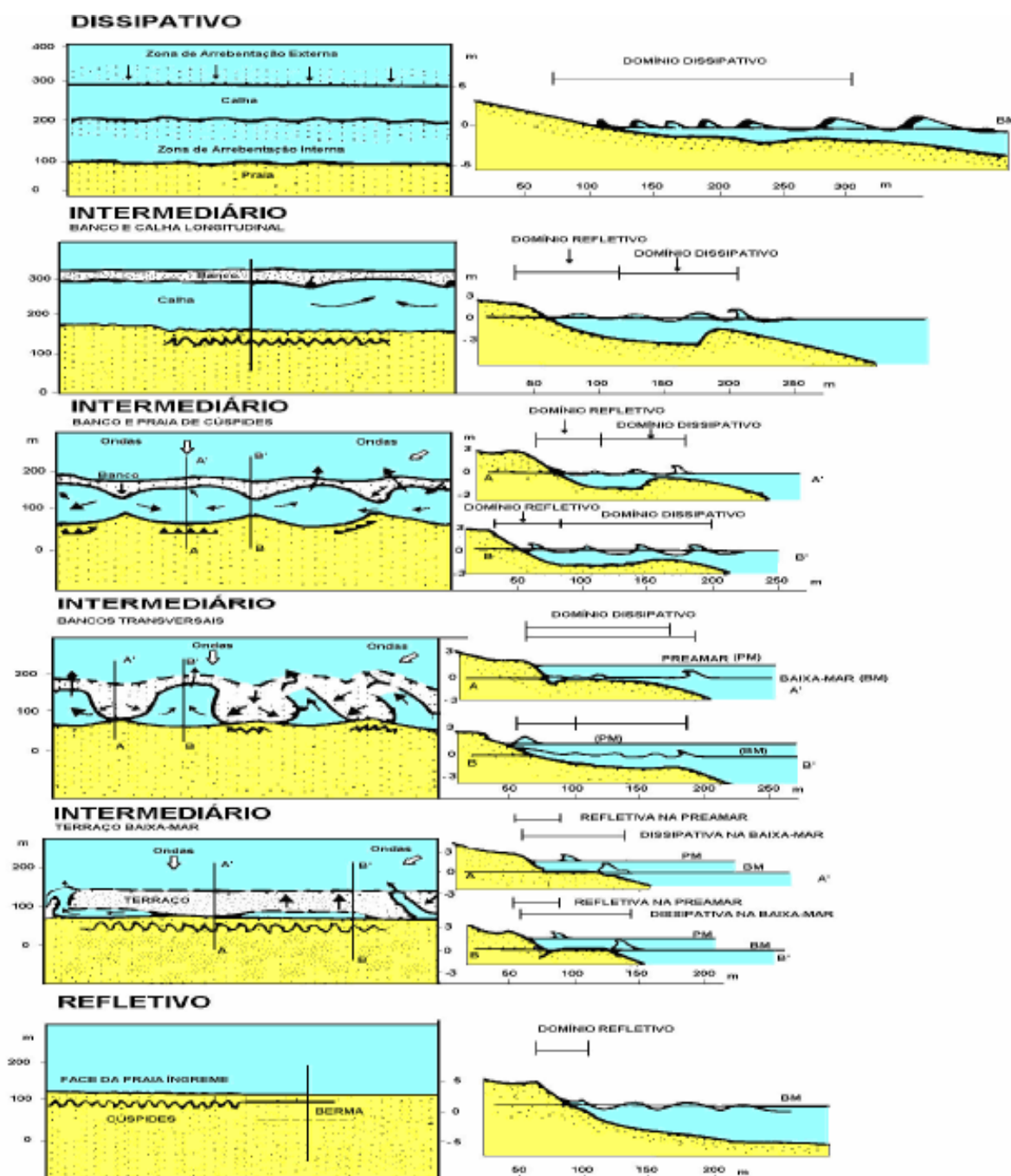


Figura 7: Representação em perfil e em planta dos seis estágios morfo-dinâmicos praias. Fonte: Wright e Short, 1984. Adaptado.

- Dissipativo: caracterizado pela alta energia de onda, com zona de surfe larga composta por dois ou mais bancos. As ondas arrebentam longe da linha de costa, geralmente de maneira deslizante, e dissipam sua energia ao longo da zona de surfe, quebrando e reformando várias vezes através dos bancos que caracterizam esse ambiente. Possui elevado estoque sedimentar na porção subaquosa da praia, baixa declividade, areias de granulometria fina a muito fina em todos os setores da praia (CALLIARI et al., 1998).

- Refletivo: extremo contrário do dissipativo ocorre sob baixa energia de onda, apresentando elevados gradientes na topografia, o que reduz sensivelmente a zona de surfe (CALLIARI et al., 1998). O ponto de quebra das ondas ocorre praticamente na face praial. Este estágio tende a prevalecer em praias fortemente compartimentadas, em zonas protegidas por promontórios, na presença de material grosso ou após longos períodos de acreção. O estoque sedimentar fica depositado na porção subaérea da praia, com pouca areia depositada na porção subaquosa.

- Intermediário: representam a transição do refletivo ao dissipativo, ou vice-versa, da condição da baixa a alta energia de onda. São mais freqüentes em praias expostas com ondas moderadamente altas e areias médias (CALLIARI et al., 1998). Podem conter um ou mais bancos, longitudinais, rítmicos ou transversais. Estes estágios podem apresentar uma variabilidade ao longo da linha de costa gerada pela alternância entre correntes de retorno e bancos, sendo responsáveis por erosão localizada, junto ao embaçamento (SHORT, 1999).

- Intermediário barra - cava longitudinal (LBT) e banco e praia rítmicos (RBB): desenvolvem-se a partir de um perfil dissipativo numa seqüência acrescional. Neste estágio o relevo banco-cava é bem mais pronunciado que no estágio dissipativo. As ondas incidentes inicialmente quebram progressivas no banco para reformar-se na cava e avançar sobre a praia até nova quebra, desta vez de forma bastante abrupta e turbulenta, do tipo mergulhante. Assim, a porção proximal do perfil exhibe uma refletividade localizada, não observada na porção distal em relação à terra. Cúspides praias de larga escala são comumente observadas na face praial, porém, sem qualquer expressão subaquosa. Correntes de retorno incipientes podem ser notadas.

- Intermediário barra transversal e rip (TBR): gera o desenvolvimento de ondas de retorno, em especial, quando as extremidades dos bancos se soldam à porção subaérea da praia. Trata-se de um estágio que representa a máxima segregação lateral de fluxo, formando feições típicas como cúspides e megacúspides, na face praial pelo espraiamento.

- Intermediário crista canal - terraço de maré baixa (LTT): Este estágio de baixa energia é caracterizado por um perfil relativamente plano na maré baixa, precedido por uma face praial bastante íngreme na maré alta. Assim, na maré alta a praia é tipicamente refletiva, enquanto que na maré baixa assume caráter dissipativo. Apesar da grande deposição de sedimentos junto à porção proximal do perfil, ainda podem ser observadas correntes de retorno, mesmo que fracas.

Utilizando o parâmetro empírico adimensional Ω , $\Omega = H_b / ws \cdot T$, Wright e Short (1983) relacionaram quantitativamente as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico de praias com moderada a alta energia de onda, em ambientes de micromaré. As variáveis envolvidas são altura da arrebentação (H_b), velocidade de sedimentação das partículas sedimentares (ws) e período da onda (T).

Valores médios de Ω foram sugeridos por WRIGHT e Short (1983), uma vez que, a praia pode ser considerada dissipativa quando há altos valores de Ω (>6), refletiva quando os valores de Ω são baixos (<1) e intermediários quando valores de Ω oscilarem entre 1 e 6.

Na Figura 7 observa-se a combinação entre o estado da praia e o parâmetro Ω . As setas do lado direito e abaixo da faixa central de equilíbrio indicam erosão no estoque sedimentar subaéreo da praia, com estabelecimento de estados mais dissipativo, enquanto que à esquerda e acima demonstram acresção no estoque sedimentar e tendência ao estado refletivo (WRIGHT; SHORT, 1983). As setas são proporcionais à taxa de mudança.

Através da Figura 8, observa-se que as maiores taxas de erosão e acreção subaérea são maiores conforme cresce o valor de ômega.

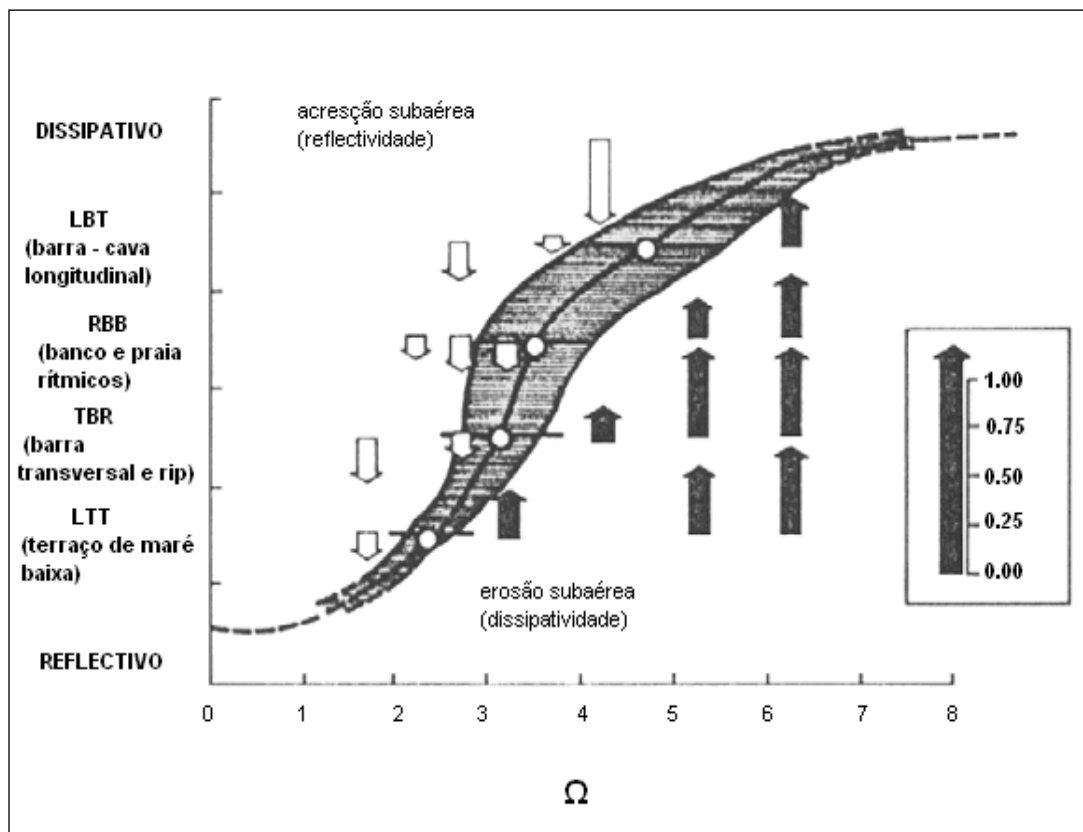


Figura 8: Relação de equilíbrio entre o estado da praia e o parâmetro ômega (Ω)
Fonte: Wright; Short (1983) adaptado.

4.3.2 Tipologia da praia e grau de exposição

A determinação da tipologia, dos segmentos de praia, ao longo da área de estudo foi procedida através do parâmetro ômega (Ω) de Dean (*apud* CALLIARI *et al.*, 2003) com descrito na equação 1. As variações desse parâmetro é utilizado para identificar a tipologia dos segmentos segundo o modelo proposto por Wright *et al.*, (1985), como pode ser verificado na Tabela 7.

$$\Omega = \frac{Hb}{\omega_s T} \quad (1)$$

Sendo H_b a altura das ondas medida na área de arrebentação, w_s referente à velocidade de decantação do sedimento, na qual é definido a partir da correspondência com o diâmetro grão (ϕ), e T o período da onda na arrebentação.

O significado físico das relações entre altura, período de onda e a velocidade de sedimentação das partículas foi primeiramente pesquisado por DEAN (1973). O valor do ômega indica se um grão de areia, colocado em suspensão pela passagem de uma onda, pode ou não se decantar, durante o tempo em que o deslocamento resultante pelo efeito das ondas movimentando as partículas, é em direção a praia (CALLIARI *et al.*, 1998).

Valores médios de ômega (Ω) foram sugeridos por WRIGHT *et al.* (1985). Podendo uma praia ser considerada dissipativa quando há altos valores de ômega ($>5,50$), refletiva quando os valores de ômega são baixos ($<1,5$) e intermediários quando valores de ômega variar entre 1,5 e 5,5.

Tabela 7: Relação de equilíbrio entre estado da praia e valor médio de ômega (WRIGHT *et al.*, 1985)

Estado	Ômega (Ω)	Desvio Padrão (σ)
Refletivo	$<1,50$	—
Terraço de Baixa-mar	2,40	0,19
Bancos Transversais	3,15	0,64
Banco de praia de cúspides	3,50	0,76
Banco de calha longitudinal	4,70	0,93
Dissipativo	$>5,50$	—

Fonte: Wright *et al.*, (1985). Adaptado.

O grau de exposição dos perfis foi inferido através de correlação entre a declividade da face praial e a granulometria média dos sedimentos em função da exposição às ondas, como proposto por Wiegel (1964, *apud* MUEHE, 2001). Esta classificação

destaca uma idéia da ação do clima de ondas em termos de erosão e capacidade de mobilização dos sedimentos da zona submersa (antepraia) (MUEHE, 2001).

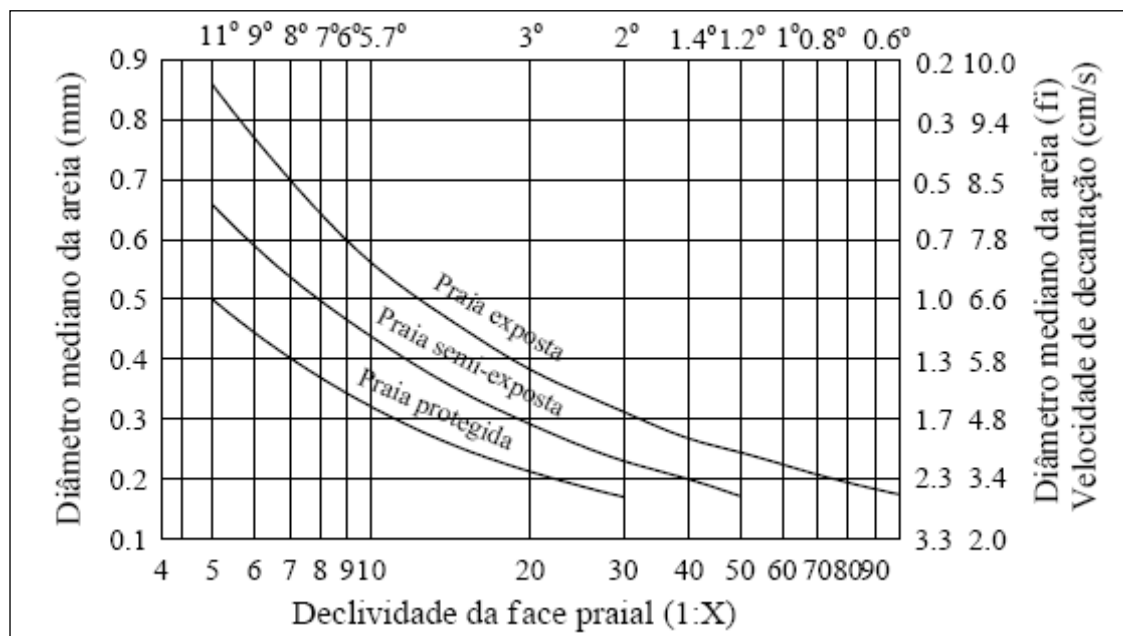


Figura 9: Correlação entre a declividade da face praial e a granulometria do sedimento. Fonte: Adaptado de Wiegel (1964, *apud* MUEHE, 2001).

4.3.3 Os sedimentos, transporte e balanço sedimentar

De acordo com Bird (1996), as praias estão inseridas num grande trânsito de sedimentos, seja em direção transversal ou longitudinal ou ainda em ambas as direções. E isso é a causa da grande capacidade de extensão desses ambientes, representados nas entradas de sedimentos por diversas formas.

As praias podem ser abastecidas por sedimentos de diversas fontes. Algumas praias são supridas com areia e pedregulho de dimensões maiores, carregados costa a fora pelo fluxo dos rios. Outras são acrescentadas, de material erodido de falésias adjacentes e levadas ao longo do ambiente marinho por ondas e correntes, ou distribuídas por ventos que sopram do continente, conforme pode ser observado na Figura 10.



Figura 10: Ganhos e perdas de sedimento de praia.
Fonte: Bird, 1996. Adaptado.

A partir de décadas passadas, muitas praias também passaram a ser engordadas com a chegada de sedimento de atividades antrópicas, como agricultura e mineração na costa e continente. Algumas praias, ainda, foram abastecidas ou reabastecidas artificialmente, especialmente em estâncias balneárias, com o próprio sedimento submerso. Entretanto, enquanto muitas praias ainda estão sendo ponto base de entrada de sedimento de uma ou mais destas fontes, algumas consistem em depósitos acumulados no passado, mas, que não recebem mais o sedimento (BIRD, 1996).

As praias também perdem sedimento para o meio, principalmente pela variação sazonal de sua morfodinâmica, ocasionado por processos costeiros. Nos eventos de maior energia, em estações mais chuvosas, quando os estuários e canais de marés apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas, os sedimentos são transportados transversalmente para a região submersa. Durante os períodos menos chuvosos, a massa de água na zona de espriamento, possui menor quantidade de energia turbulenta, sendo que as areias

removidas para trás da zona de arrebentação tendem a migrar novamente, agora em direção a zona de espraio (MASSELINK & SHORT, 1993).

A geometria e extensão destes depósitos são provenientes de diversos fatores, dentre os quais o volume e disponibilidade do aporte sedimentar, a granulometria e a composição mineralógica dos sedimentos, a topografia antecedente do local de sedimentação e a intensidade e frequência dos agentes energéticos do meio receptor (SILVA *et al*, 2004).

O material encontrado no depósito praiado dependerá da fonte de sedimento que está localmente disponível ou transportável pela circulação local, e ainda, dos permanentes aos efeitos da hidrodinâmica (THURMAN, 1994).

Em áreas onde o sedimento é abastecido por montanhas costeiras, as praias são compostas dos minerais contidos nas rochas dessas montanhas e devem ser relativamente grossos em textura. Quando o sedimento é transportado principalmente por rios que drenam áreas das encostas, os sedimentos que alcançarão as regiões costeiras serão normalmente finos em textura.

Conforme Brheme (2001), na ausência de rochas do intemperismo ou de outros minerais (feldspato, zirconita, ilmenita e outros), formadores de rocha, a maioria do material das praias é derivada organismos provenientes de plataforma, ou seja, de produtividade biológica (KOMAR, 1976). As praias destas áreas são compostas predominantemente de fragmentos de estrutura carbonática, como de moluscos, de foraminíferos, de algas calcárias, e de resíduos de animais microscópicos. No entanto, a atuação dos processos hidrodinâmicos torna este material mais vulnerável à fragmentação, podendo este atingir uma fração granulométrica passível de transporte em suspensão, deixando assim o ambiente ou sendo transportado por toda sua extensão.

Praias de ilhas vulcânicas em oceano aberto serão compostas de fragmentos de minerais escuros, originados da lava basáltica, ou de fragmentos grossos de corais provenientes dos recifes que se desenvolvem no entorno dessas ilhas.

Muitas praias ocupam compartimentos distintos, intercalados por recifes rochosos ou promontórios protuberantes (DAVIS, 1974, apud BIRD, 1996). Onde são

encontradas diferenças visíveis na natureza, como na costa íngreme so sudoeste da Inglaterra em que o tamanho do grão ou composição mineral varia em ambientes próximos.

Segundo Bird (1996), algumas praias mostram uma variação na concentração de sedimentos finos para sedimentos grossos em uma ou outra direção ao longo da costa. A composição granulométrica dos sedimentos de praia tem influência direta em sua morfologia, na qual os diferentes diâmetros de grão mostram um distinto grau de variabilidade espacial, respondendo de forma diferente a mesma hidrodinâmica (MEDINA *et al*, 1994).

As maiores partículas de areia de qualquer praia são encontradas no ponto de mergulho, indicando ser o ponto de máxima turbulência. Partículas de granulometria média são encontradas no topo do berma de verão, onde o material é colocado em suspensão e carregado pelo espriamento até o limite onde não consegue retornar. A areia mais fina é encontrada na região pós-berma e dunas, pois, esta é transportada pelo vento, que age seletivamente sobre os grãos mais leves.

No posicionamento de Bascom (1951, *apud* NETO; PONZI; SICHEL, 2004), na porção submersa, o sedimento se torna menor com o aumento da profundidade. Nessas áreas, a cobertura atual reflete a natureza predominantemente de seus componentes (terrígena e/ou marinha), e a ação de transporte e retrabalhamento dos mesmos, promovida pela atividade hidrodinâmica (ondas, marés e correntes).

4.3.4 Recuo e susceptibilidade

A determinação da faixa de proteção da praia em questão, levando em conta somente os efeitos há uma elevação do nível do mar, foi feita pela lei de Bruun (1962) utilizando-se a equação 2:

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

No qual R é o recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m), S elevação do nível do mar (m), L o comprimento do perfil ativo (m), H altura do perfil ativo (m) e G a proporção de material erodido que se mantêm no perfil ativo. Em se tratando de uma praia arenosa, o local de estudo, será adotado para G o valor 1. O valor adotado para S foi de 0,30m considerando uma elevação periódica do nível do mar frente a passagens de frente frias.

Para o cálculo da altura do perfil ativo, será calculada primeiramente a profundidade de fechamento do perfil, que segundo Muehe (2001) se traduz no local onde as variações da topografia do fundo são resultantes dos efeitos do transporte sedimentar. Para esse cálculo será utilizada a equação empírica de Hallermeier (1981) (equação 3).

$$d_{1,1} \cong 2\overline{H_s} + 11\sigma \quad (3)$$

Em que $d_{1,1}$ é a profundidade de fechamento do perfil (m), $\overline{H_s}$ é a altura média significativa anual das ondas (m), que segundo dados fornecidos pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) para região será usado 0,90 e σ é o desvio padrão anual das ondas significativas, que será adotado 0,38, segundo orientação de Muehe (2001).

Após o cálculo do fechamento do perfil pôde-se chegar ao valor do comprimento do perfil ativo, através de aferição em carta náutica do DHN, em escala 1:50.000. Determinando assim, pela somatória da altura da porção emersa ativa (altura da duna frontal) com a profundidade de fechamento do perfil a altura do perfil ativo (H).

Nesse trabalho será calculada a susceptibilidade em que a área de estudo, ou seja, orla local estará sujeita em caso de uma provável subida do nível do mar, em vista aos limites de ocupação descritos por Muehe (2001). A distância mínima definida pelo autor, para orla urbanizada, relacionando o estabelecimento de uma faixa mínima de proteção e de manutenção da estética da paisagem é de 50 metros a partir do limite de praia ou da base do reverso da duna frontal. Sendo assim, as regiões que possuem taxa de recuo maior que 50m, foram consideradas com susceptibilidade alta frente a uma elevação de 0,3m do nível do mar.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO E VARIAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA

5.1.1 Condições meteoceanográficas dos dias de monitoramento

Os dados das observações visuais, referentes à altura de onda na arrebentação (Hb) e período (T) compilados em saídas de campo, nos quatro perfis, durante as seis campanhas estão representadas na tabela 8. Também são apresentados os dados referentes à altura, período e direção predominante das ondas em águas profundas obtido pelo CPTEC/ INPE, para os mesmos dias de monitoramento.

Tabela 8: Dados de altura (Hb) e período (T) de ondas coletadas em campo. Hb (m) T (s).

	P1		P2		P3		P4		INPE/CPTEC		
Data	Hb(m)	T(s)	Hb(m)	T(s)	Hb(m)	T(s)	Hb(m)	T(s)	Altura	Período	Direção
07/04/09	0,9	11	1,1	11	1,5	10	1,3	11	1,3 a 1,5	8	ESSE-SE
10/05/09	0,9	17,5	1,2	13	2,2	11,6	1,6	13	1,8 a 2,1	13 a 16	S-SSW
04/09/09	1,1	9,5	1,1	12	2,3	12	2,5	14	1,6 a 1,9	5 a 13	NE-S
19/10/09	0,3	9,4	0,3	9,4	1,6	10,5	1,6	10,5	1,6 a 1,7	8	E-ESE
14/11/09	0,3	12,7	0,5	14	1,1	11,5	1,7	11,5	1,4 a 1,5	6 a 11	ENE-SSW
17/12/09	0,5	8,2	0,3	8	1,7	9	1,3	10	1,4 a 1,8	9 a 10	S

De maneira geral, a tabela 8 mostra um progressivo aumento na altura significativa de onda ao longo do arco praial em direção ao norte, no entanto, pode-se perceber que os padrões de ondas, que atinge a área, apresentados pelo CPTEC/INPE somente são retratados nas estações P3 e P4.

Nas estações P1 e P2 situadas na porção sul da praia, e, que receberam maior altura significativa de ondas provenientes de NE, as quais incidiram diretamente com maior energia, apresentaram amplitude de onda oscilando entre 0,3 - 1,1m e 0,3 - 1,2m respectivamente, demonstrando dados inferiores aos obtidos pelo CPTEC/INPE, mesmos nos meses representados por condições de tempestades.

No entanto, estas estações se caracterizaram por altos valores de períodos, principalmente nos meses de Maio e Novembro, refletindo os mesmos valores apresentadas em águas profundas para a região.

A estação P3, localizada na porção central da praia, apresentou amplitude de onda (Hb) relativamente alta em todas as campanhas, tendo sua maior representatividade nos meses de Maio (2,2m) e Setembro (2,3m) sob condições de mau tempo, na qual refletiu as características de águas profundas nas ondas que chegam à praia. Com relação aos períodos, na estação P3 percebe-se uma pequena variação de valores, porém, apresentando certa semelhança entre ambas as fontes de dados.

Na estação P4 foram registrados altos valores de altura de onda durante toda a campanha, principalmente nos meses de Maio (1,6m), Setembro (2,5m) com mal tempo e Novembro (1,7) sob condições de tempo bom, refletindo notadamente na estação uma maior incidência de ondas com características apresentada pelo CPTEC/INPE.

Esta estação encontra-se mais exposta a ondas que atingem diretamente a praia, no entanto, a maior altura de onda e período representado pelo mês de Setembro foi caracterizada por ondas proveniente de NE.

5.1.2 Topografia

O arco praial da praia de Carapebus apresenta grande inflexão da linha de costa, com presença de dunas frontais vegetadas e variação sazonal dos perfis entre 40 a 65m de comprimento ao longo de todas as estações.

O perfil 1 situado na extremidade sul do arco praial, e sujeita a área de sombra que praia mole (Ponta de Tubarão) exerce sobre a praia quando sujeito a ondas provenientes de S-SE, apresentou extensão média de 30m de comprimento e altura média de 3m.

Neste ponto a declividade da face se mostrou com média de [1: 6,4], indicando uma praia relativamente plana, cuja variação morfológica ocorre principalmente na berma

e face praial. A praia apresentou maior declividade na face praial com o desenvolvimento de berma, como ocorreu nas campanhas de Maio, Setembro e Outubro (figura 11).

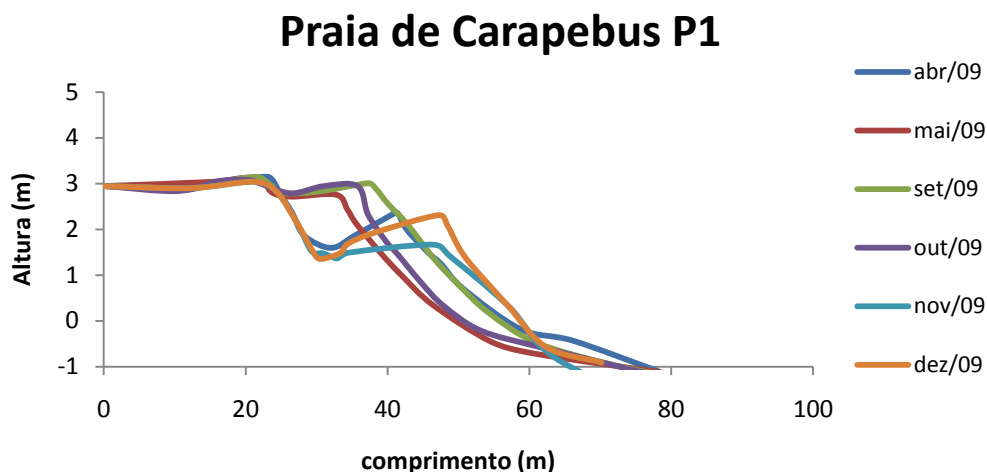


Figura 11: Variação topográfica do perfil P1 da Praia de Carapebus–Serra.

No perfil 2 ocorreu grande variabilidade topográfica nos meses de campanha, com extensão média de 33m e altura média de 3,3 m. A inclinação da face apresentou média de [1: 6,24].

Nesta estação, que no início das campanhas mostrava-se recuada, apresentou acresção ao longo dos meses monitorados, com exceção do mês de maio, que apresentou certo recuo da face do perfil, como demonstrado na estação P2. Isto pode está relacionado com uma maior condição hidrodinâmica neste setor, pois, foi o mês em que se registrou maior altura de incidência de onda (1,2m).

Pode-se observar neste perfil, que na maior parte do monitoramento ocorreu um acentuado acréscimo na inclinação da face, da primeira para a última campanha, passando por um momento de decréscimo na face do perfil e sucessiva diminuição da inclinação (mês de maio). Nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro em que se constata no gráfico da figura 12(estação P2) um período de continua acresção, ocorreu um aumento da tendência granulométrica para grãos grossos na face praial, contrariando o registro de granulometria média dos três meses iniciais da estação.

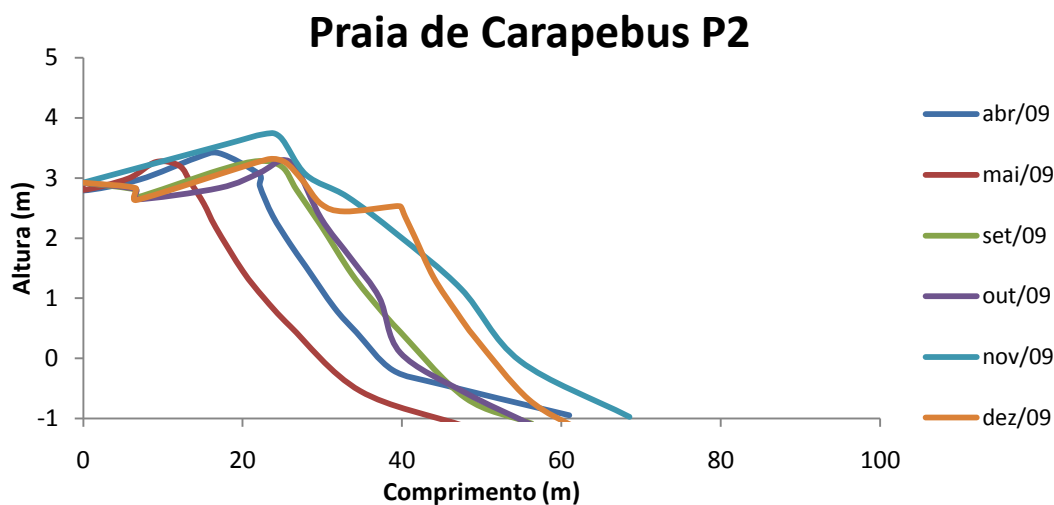


Figura 12: Variação topográfica do perfil P2 da Praia de Carapebus–Serra.

O perfil 3 (figura 13), localizado na região central da praia, apresentou valores médios de extensão e altura de perfil praial de 44m e 4,7m respectivamente, e, gradiente da face de [1: 5,97]. A alta declividade da face praial respalda o tipo de arrebatção mergulhante das ondas incidentes.

Umas das principais características morfológicas desse setor da praia é a presença de feições rítmicas, como cúspides, além da presença de uma faixa de cordão litorâneo vegetado. Este trecho da praia pode estar representando significativos aportes sedimentares, visto que, juntamente com a estação P4 possui uma maior faixa de sedimento, onde possivelmente é justificado pela localização mais próxima da Lagoa de Carapebus.

Nesta estação os perfis apresentaram comportamento similar ao caracterizado na estação P1, com maior inclinação do perfil nos meses de Maio e Setembro, e presença de um berma escarpado, com acresção da face, no mês de Abril, Outubro, Novembro e Dezembro na estação.

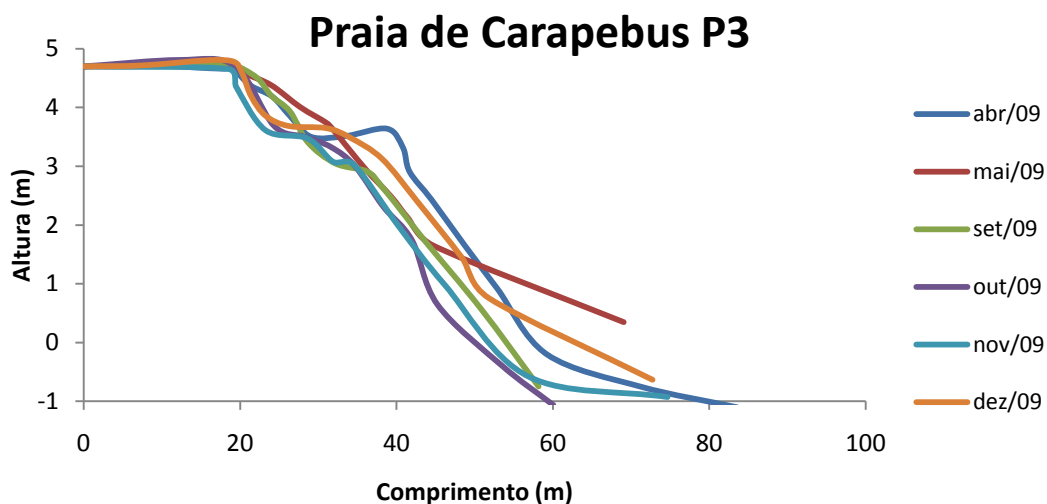


Figura 13: Variação topográfica do perfil P3 da Praia de Carapebus–Serra.

A estação P4 apresentou-se praticamente estável durante o ano, não apresentando variações significativas em termos de acúmulo ou perda de sedimentos, com exceção do mês de Setembro que apresentou recuo, onde foi registrada maior altura de onda no setor (2,5m).

Este perfil, localizado na região norte da praia, e assim, com maior exposição às ondas incidentes apresentou valores médios de 43m de extensão e 4,4m de altura, representados num gradiente de [1:5,57].

De modo geral, comparando a estação P4 (figura 14) com as demais estações ao longo do arco praial, durante os meses de campanha, pode se notar nitidamente um crescente aumento na média tanto da altura quanto extensão de perfis. Isto pode está ratificando a contraposição de uma região sul da praia, abrigada dos efeitos hidrodinâmicos das ondas provenientes de eventos de maior energia, e, um setor norte da praia, que recebe maior aporte e carga hidrodinâmica de ondas mergulhantes.

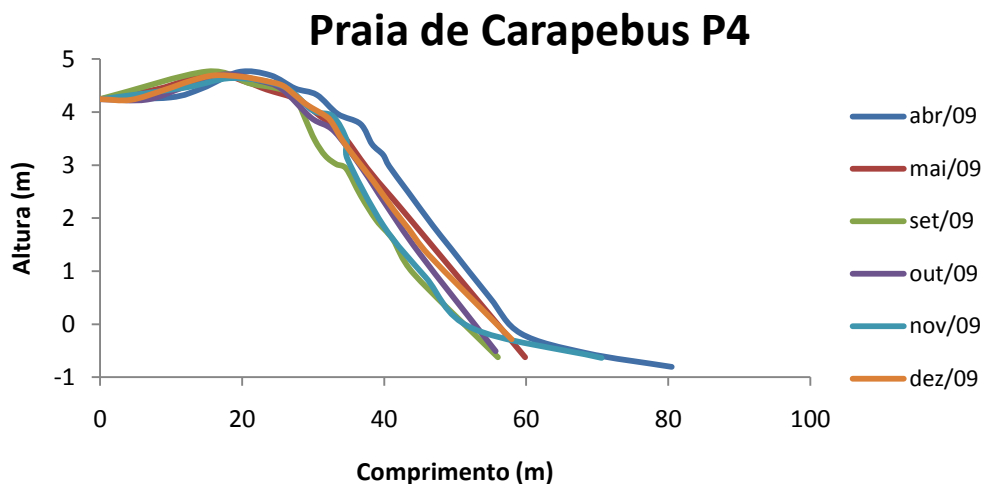


Figura 14: Variação topográfica do perfil P4 da Praia de Carapebus–Serra.

5.1.3 Distribuição granulométrica das areias da praia

As areias que compõem o arco praial da praia de Carapebus são predominantemente caracterizadas por média a grossas, possuindo coloração amarelada, variando a composição entre bioclástica e siliciclástica, na qual as duas populações (mineralógica e biogênica) que compõe a praia ocorrem de forma intercalada (ALBINO, 2001).

O grau de seleção pôde ser observado nos meses de monitoramento como moderado ao longo de todo o arco praial (estação P1 a P4).

A variação ao longo do monitoramento foi pequena, apresentando período de grande similaridade granulométrica nas estações, com exceção do Mês de Novembro e Dezembro onde ocorreu variação deste padrão com aumento de granulometria.

Na estação P1 (figura 15), a distribuição granulométrica da face se mostrou bastante similar ao longo dos meses, apresentando classificação modal em areia média, com assimetria negativa. Exceto nos meses de Outubro (simétrica) Novembro (assimetria positiva) e Dezembro (simétrica).

Já na região submersa de P1, as areias apresentaram granulometria predominantemente fina, alterando nas últimas campanhas (Novembro e Dezembro) para areia média, com frequência assimétrica negativa. Ambos os locais de coleta da estação P1 apresentaram curtose variando entre mesocúrtica e leptocúrtica indicando uma variável entrada de energia hidrodinâmica nesta região abrigada da praia.

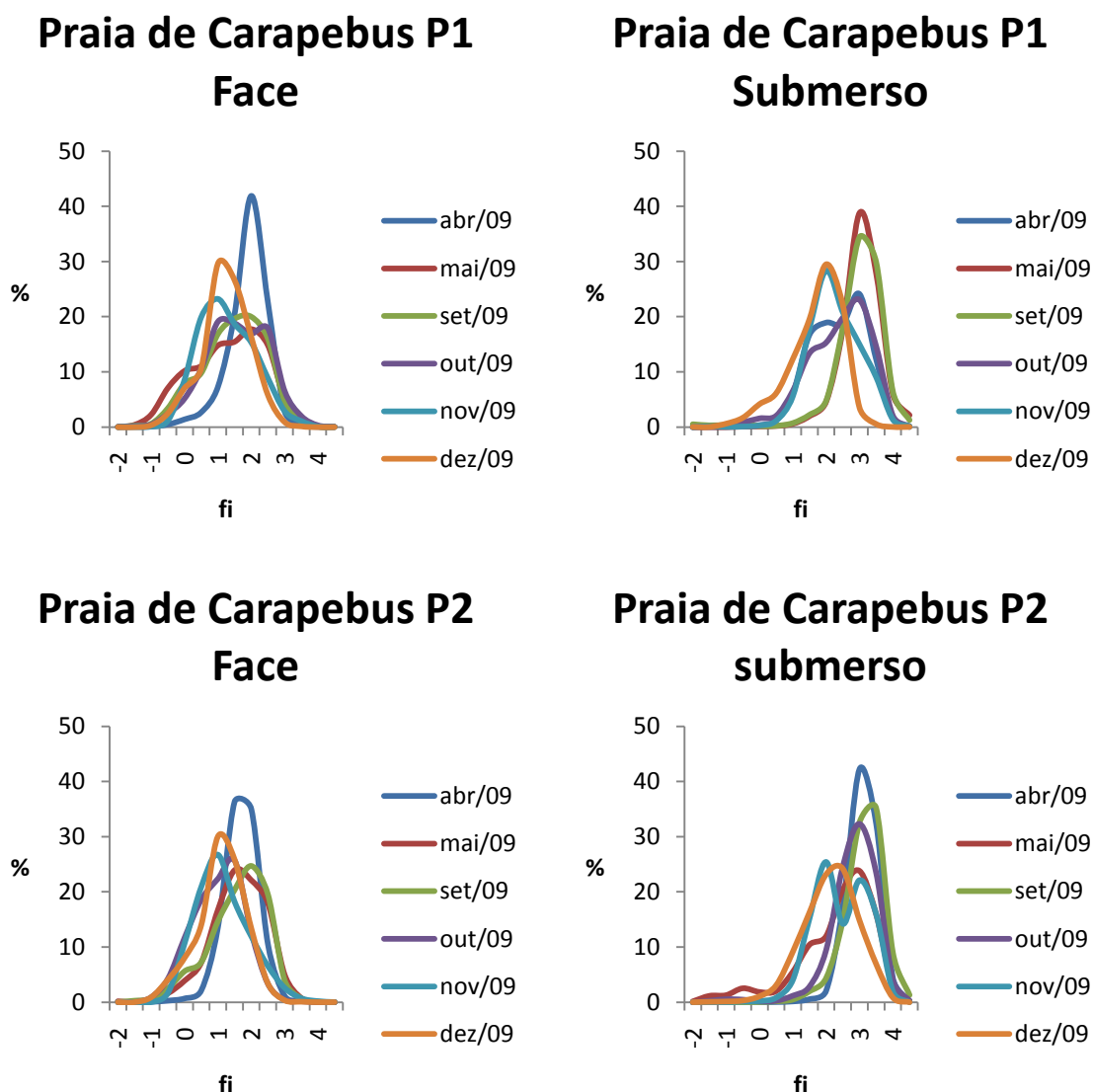


Figura 15: Histogramas representativos da granulometria da região submersa e face praial da estação P1 e P2.

Na face de praia da estação P2 a classificação granulométrica variou entre areias médias (Abril, Maio e Setembro) e areias grossas (Outubro, Novembro e Dezembro),

com curtose negativa em todos os meses. Esta variabilidade granulométrica da estação reflete os momentos de erosão e acreção de perfil durante os meses de coleta de dados.

O gráfico de frequência simples (figura 15) apresenta amostras unimodais, com diâmetro modal médio em 1,5 phi, com algumas amostras com significativas concentrações em 1phi. No ponto submerso desta estação a granulometria se apresentou homogeneamente fina, com modas em 3phi.

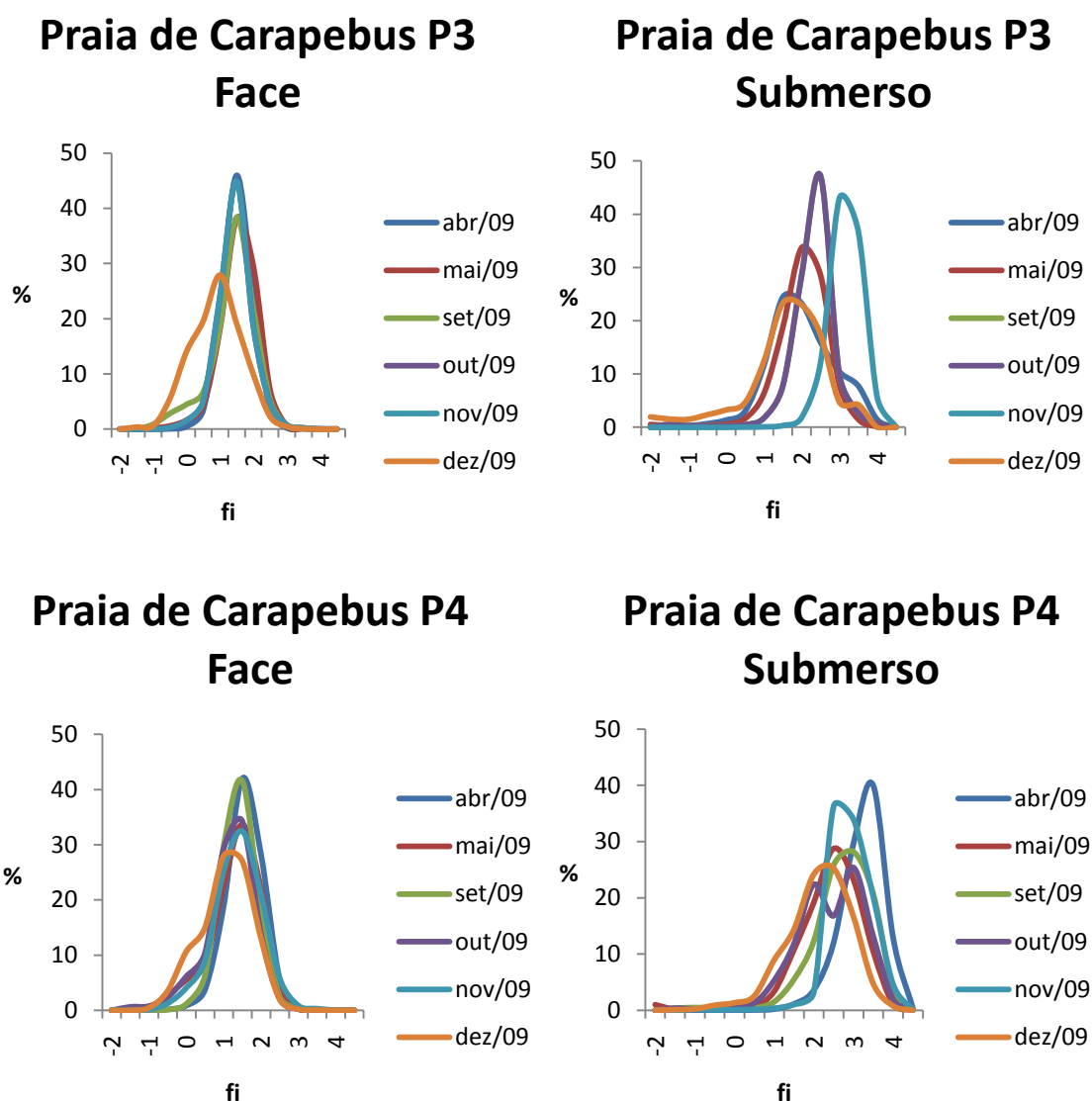


Figura 16: Histogramas representativos da granulometria da região submersa e face praial da estação P3 e P4.

As areias da estação P3, comparando-se os dados granulométricos durante os meses de monitoramento, apresentaram classificação homoganeamente em areia média (1,5 phi) para a face praial, corroborando assim, com a pouca variação da face do perfil para a mesma estação (figura 16). No entanto, a coleta da região submersa ficou classificada em areias médias (1,5 phi) para os meses de Abril, Maio e Dezembro e classificação em areias fina (2,5 e 3,0 phi) para os demais meses.

A estação P4 apresentou grande estabilidade textural, com granulometria de areia média para a face (1,5 phi) e areia fina (2,5 a 3,0 phi) para a região submersa (figura 16).

A face praial dessa estação apresentou-se com variável alternância de assimetria e curtose ao longo das campanhas, com classificação simétrica e mesocúrtica para os meses de Abril, Setembro e Novembro e classificação em assimetria negativa e Leptocúrtica para os meses de maio, Outubro e Dezembro.

Já a classificação assimétrica das amostras submersas dessa estação se mostrou predominantemente negativa em todas as campanhas, com curtose mesocúrtica, exceto no mês de Novembro que apresentou platicúrtica.

5.1.4 Composição das areias

De modo geral, as areias da praia de Carapebus apresentaram composição mista, com a existência de duas populações composicionais, se expressando ora litobioclástica ora biolitoclástica de acordo com a estação e energia das ondas.

Segundo estudos de Carter (1993), em praias com dois aportes de sedimentos de naturezas e proporções distintas, a distribuição espacial dos mesmos apresenta-se complexa, no entanto, esta complexidade é de maior grandeza quando as proporções de bioclastos e de quartzo são semelhantes (ambos > 35%), pois eles parecem exibir comportamentos independentes.

No campo 01 as estações indicaram o predomínio de siliciclastos na face e bioclastos na região submersa, com maiores teores da fração biogênica

(carbonática) na região submersa de P2 e P4, ambos respectivamente 89% e 82%. Onde possivelmente deve ter ocorrido o deslocamento sedimentar para a região submersa, uma vez que, a data do campo ocorreu num momento pós-frente fria, ratificados com a classificação granulométrica fina e maior inclinação do perfil.

Para o campo 02 a fração siliciclástica mostrou certa estabilidade na face das estações, variando entre 50% a 60%, com exceção de P2 que apresentou porcentagens em torno de 46%. Já para a região submersa, predominou os bioclastos com concentrações variando em torno de 54% a 84%, sendo a amostragem submersa de P3 a menor e de P1 a maior (figura 17) .

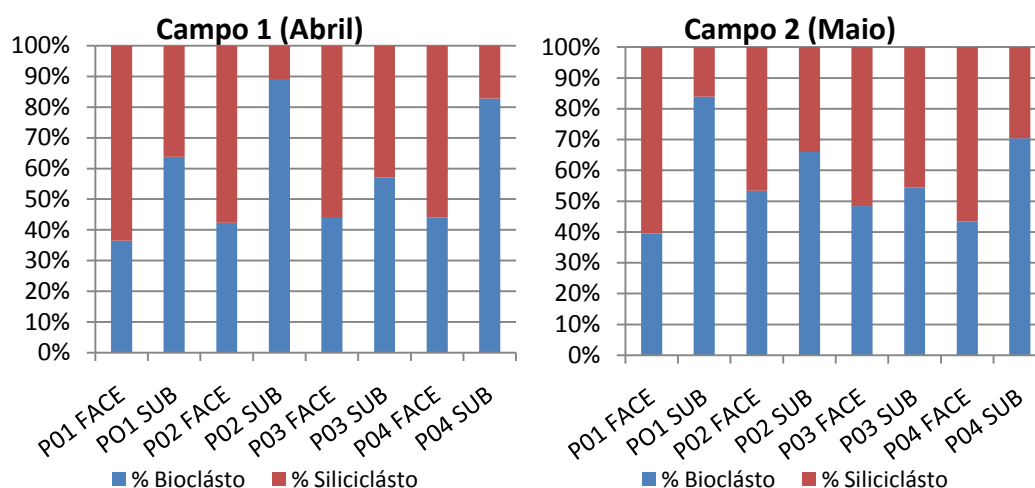


Figura 17: Histogramas representativos de análise de composição da região submersa e face praial das campanhas realizadas nos meses de Abril e Maio.

No campo 03, as estações apresentaram proporções variavelmente iguais na região submersa, variando entre 70% a 80% de bioclastos. E na região da face das estações, concentrações em torno de 45% a 55% de siliciclastos, refletindo o predomínio da classificação litobioclástica na face e biolitoclástica na região submersa.

No campo 04 ambas as regiões da face e submersa da estação P1 apresentaram predominantemente classificação biolitoclástica, com teores de 60% e 73% de carbonato, respectivamente. Contudo, nas outras estações as areias apresentaram classificação litobioclástica, com exceção da região submersa da estação P2 e P4.

O campo do mês de Novembro e Dezembro foi marcado pelo acréscimo no perfil e presença de um degrau na região das pós-face. As areias da face, no mês de Novembro, apresentaram composição granulométrica com teores de siliciclásticos entre 40% a 56% e com aumento gradativo da estação P1 a P4. O contrário foi verificado na região submersa das estações, com teores de bioclásticos variando entre 57% a 90% neste mesmo sentido.

No campo 6, representado pelo mês de Dezembro, as areias das estações apresentaram estabilidade em composição, uma vez que, os teores de silicilastos da face oscilaram em concentrações de aproximadamente 55% e na região submersa teores em torno de 30% a 40%, com exceção de P3 com 44% (figura 18).

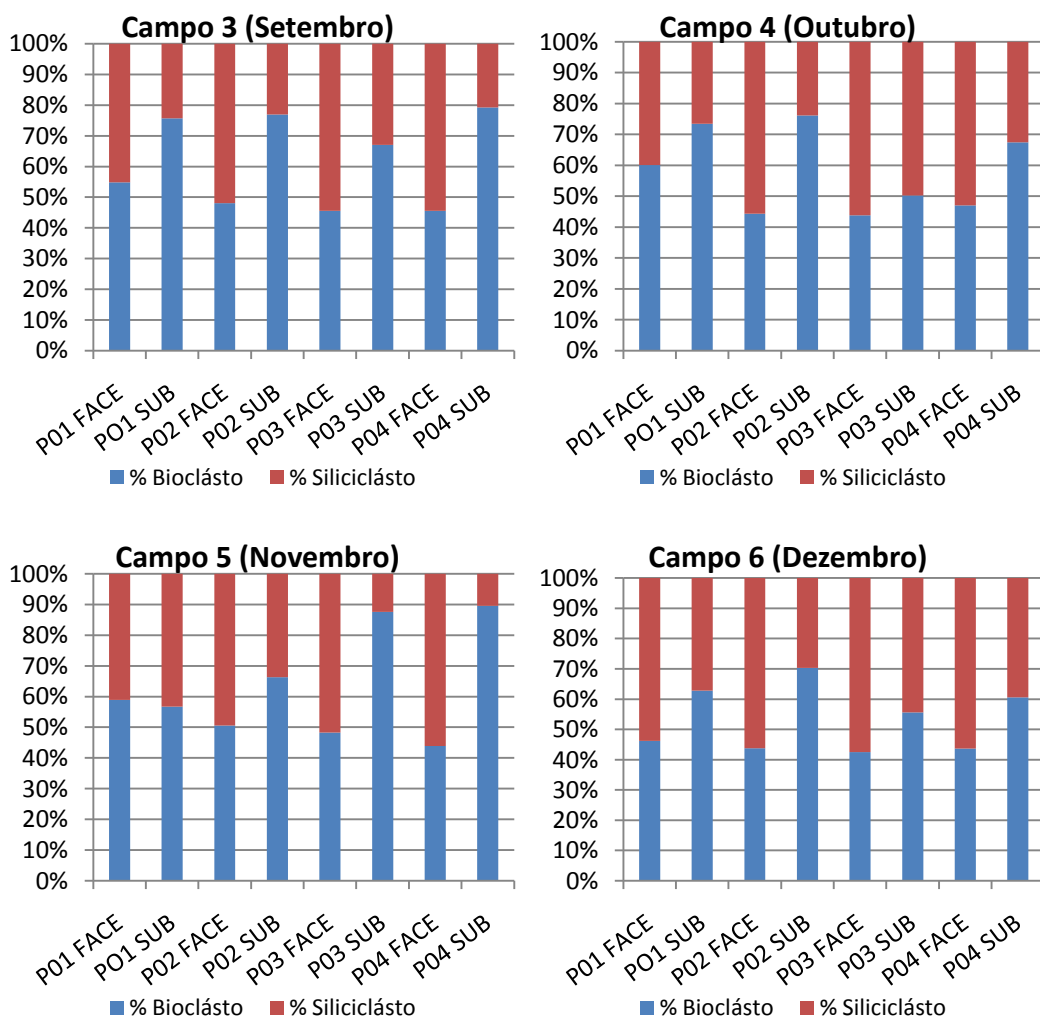


Figura 18: Histogramas representativos de análise de composição da região submersa e face praial das campanhas realizadas nos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro.

5.2 MORFODINÂMICA E GRAU DE EXPOSIÇÃO DA PRAIA

5.2.1 Tipologia

O parâmetro Omega (Ω) de Dean (1993, *apud* CALLIARI *et al.*, 2003) apresentou classificação de tipologia de praia, no modelo proposto por WRIGHT *et al.* (1985), variando entre os estágios refletivo e intermediário.

ESTAÇÃO P1

Campanha	Diâmetro médio da face (ϕ)	Ws	Ω	Estado da Praia
07/04/09	1,68	4,60	1,78	Terraço de Baixa-Mar
10/05/09	1,04	6,40	1,28	REFLETIVO
04/09/09	1,22	5,90	2,33	Terraço de Baixa-Mar
19/10/09	1,33	5,90	2,33	Terraço de Baixa-Mar
14/11/09	1,00	5,70	0,58	REFLETIVO
17/12/09	1,00	5,70	1,10	REFLETIVO



Figura 19: Parâmetro Omega e a relação com estado modal para estação P1 (foto 14/11/2009).

A estação P1 (figura 19) apontou alternância de estágio praial, durante o monitoramento, entre refletivo e terraço de baixa mar. Estes estágios podem indicar a mudança na granulometria ou a transição hidrodinâmica de menor energia

(refletivo) para energia moderada (intermediário), atestado pela menor granulometria no estágio de baixa mar.

Nesta porção da praia a influencia por ondulações na morfologia parece não corresponder com os dados de ondas referenciados junto ao CPTEC/INPE, no entanto, pode ser explicado pelo embaçamento e isolamento da praia pelos efeitos da Ponta de Tubarão no setor.

ESTAÇÃO P2

Campanha	Diâmetro médio da face (ϕ)	Ws	Ω	Estado da Praia
07/04/09	1,46	5,20	2,10	Terraço de Baixa-Mar
10/05/09	1,40	5,20	2,10	Terraço de Baixa-Mar
04/09/09	1,39	5,50	1,82	Terraço de Baixa-Mar
19/10/09	0,77	7,50	0,44	REFLETIVO
14/11/09	0,88	7,10	0,70	REFLETIVO
17/12/09	0,85	7,20	0,46	REFLETIVO



Figura 20: Parâmetro Omega e a relação com estado modal para estação P2 (foto 19/10/2009).

A estação P2 (FIGURA 20) indicou estado modal intermediário, nas três primeiras campanhas (Abril, Maio e Setembro) e de estado modal refletivo nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro.

Estes estágios apresentam-se subseqüentes no modelo proposto por WRIGHT *et al.* (1985), indicando um período de menor energia das ondas para estágio refletivo e moderada energia para o intermediário. Fato esse correspondido pelos dados colhidos em campo, como pode ser visto na tabela 8 da pag. 38. Verificou-se ainda o engrossamento das areias nos meses representados pelo estado modal refletivo, característica que ratifica a morfologia.

ESTAÇÃO P3

Campanha	Diâmetro médio da face ($\emptyset$)	Ws	Ω	Estado da Praia
07/04/09	1,26	5,70	2,81	Banco Transversal
10/05/09	1,32	5,50	4,13	Banco Praia Cúspide
04/09/09	1,21	5,90	3,39	Banco Praia Cúspide
19/10/09	1,17	6,20	2,58	Banco Transversal
14/11/09	1,21	5,90	1,69	Terraço de Baixa-Mar
17/12/09	0,64	7,80	2,42	Banco Transversal



Figura 21: Parâmetro Omega e a relação com estado modal para estação P3 (foto 19/10/2009).

A estação P3 (figura 21) apresentou-se predominantemente com morfologia intermediária, variando entre Banco transversal, Banco praia cúspide e Terraço de baixa mar, durante os seis meses de campanha.

Neste setor ocorre à incidência de ondas com maiores alturas, e assim, a morfologia tende a responder com maior mobilidade, quando comparado as outras estações. Isso pode ser verificado com o aparecimento cúspides e correntes de retorno no na estação na maioria dos meses de campanha.

ESTAÇÃO P4

Campanha	Diâmetro médio da face ($\emptyset$)	Ws	Ω	Estado da Praia
07/04/09	1,31	5,50	1,82	Terraço de Baixa-Mar
10/05/09	1,10	6,30	2,31	Terraço de Baixa-Mar
04/09/09	1,15	6,10	4,17	Banco calha Longitudinal
19/10/09	0,94	6,90	2,32	Terraço de Baixa-Mar
14/11/09	1,16	6,20	1,03	REFLETIVO
17/12/09	0,80	7,30	1,51	Terraço de Baixa-Mar



Figura 22: Parâmetro Omega e a relação com estado modal para estação P4 (foto 17/12/2009).

A estação P4 (figura 22), também, apresentou estado modal predominantemente intermediário, com exceção do mês de Novembro que destacou uma morfologia de estágio modal refletivo.

Esta estação, apresentou uma certa semelhança em morfologia com a estação P3, porém, dentro dos seis estágio intermediário somente em Setembro indicou Banco calha longitudinal, passando o restante dos meses em estado de Terraço de baixa mar. Desta forma, na maioria dos meses, este setor apresentou características de perfil relativamente plano na maré baixa e mais íngreme na maré alta.

5.2.2 Grau de exposição

A Praia de Carapebus apresentou classificação protegida quanto ao grau de exposição às condições hidrodinâmicas, de acordo com as características de inclinação da face praial e granulométrica dos sedimentos obtidos em campo, e, inseridas no modelo proposto por Wiegel (1964, APUD Muehe, 2001). Esta classificação está de acordo com o ambiente estudado, pois, a praia possui forma de arco e assim caráter protegido.

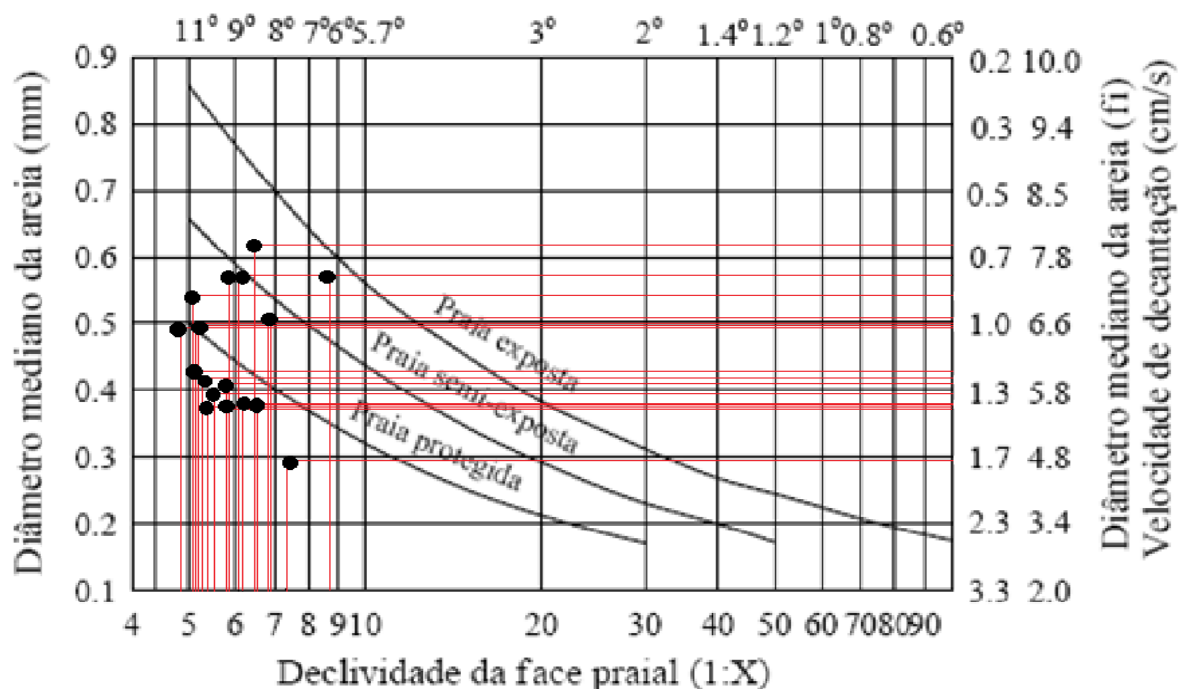


Figura 23: Correlação entre a declividade da face praial e a granulometria do sedimento. Fonte: Adaptado de Wiegel (1964, apud MUEHE, 2001).

5.3 ADAPTAÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL TRANSVERSAL SOB INCREMENTO DO NÍVEL RELATIVO DO MAR

A partir da aplicação do modelo proposto por Bruun (1962) e considerando hipoteticamente uma elevação do nível do mar de 0,30m, foram estimados recuos em cada estação praial, visualizados na tabela 9 abaixo.

Nesta tabela estão representados os valores das incógnitas da equação de Recuo costeiro de Bruun (1962), na qual L é o comprimento do perfil ativo, H a altura do perfil ativo, S possível elevação do nível do mar e G a proporção do material erodido que se mantém no perfil, além dos resultados e diferenças em metros entre a taxa de recuo e extensão do perfil emerso para cada estação. Na coluna representada pela letra **R (m)** são demonstrados os resultados de recuo costeiro em que a praia deveria se adaptar, em caso, se mantivesse uma possível elevação do nível do mar de no mínimo 0,3m, associado a tempestades.

A coluna representada por **EXT (m)** demonstra a extensão da largura atual da faixa de praia, existente em cada estação da área de estudo.

A coluna representada por **DIF (m)** demonstra a posição em metros dos limites da adaptação praial, antes (sinal positivo) ou depois (sinal negativo) da largura atual da faixa de praia em cada estação.

Tabela 9: Valores do recuo da linha de costa em relação ao um aumento de 0,30m do nível do mar.

ESTAÇÕES	L(m)	H(m)	S(m)	G	R(m)	EXT(m)	DIF(m)
P1	1000	9,005	0,3	1	39,97	30	-9,97
P2	1100	9,329	0,3	1	38,58	33	-5,58
P3	1200	10,68	0,3	1	30,89	44	13,11
P4	1200	10,53	0,3	1	28,49	43	14,51

De acordo com os resultados na estação P1 e P2, os limites da faixa de praia atual não comportariam uma adaptação frente a uma elevação de 0,3m do nível do mar, e, neste caso a adaptação ocorreria a retroterra em 9,97m na estação P1 e 5,58m na estação P2.

Ao contrário, nas estações P3 e P4 a extensão de faixa de praia apresentou limites superiores, em 13,11m na estação P3 e 14,51 na estação P4, aos limites de adaptação praial frente a um recuo costeiro sob a elevação de 0,3m do nível do mar.

6 DISCUSSÃO

6.1 MORFODINÂMICA PRAIAL

De acordo com os resultados obtidos pôde ser observado que a praia de Carapebus apresenta grande variação morfológica em resposta às alterações meteoceanográficas, respondendo em diferentes níveis de erosão e acresção ao longo do arco praial.

Segundo Sunamura (1988) variações morfológicas baseadas em estudos de curta variação temporal, em praias arenosas, são referenciadas primordialmente por movimentos transversais de sedimentos ao longo do arco praial.

Este padrão pode ser observado na área de estudo através da existência de cúspides praiais, que são considerados produtos de correntes de retorno e/ou trocas transversais.

Por outro lado, mesmo não sendo observados graus de incidência nos ângulos de chegada de ondas na praia, nas observações de campo, e sim um padrão complexo ao longo do arco praial, a morfologia dos perfis sugere a atuação de correntes longitudinais no sentido de sul para norte.

Este padrão pode ser ainda respaldado pela comparação entre as estações do arco praial, onde os perfis da porção sul com menor gradiente e largura indicam a possível saída de sedimento enquanto os perfis ao norte, com maior inclinação e

mais largo, submetidos às ondas mais altas e/ou maior empinamento das ondas indicam a chegada de corrente de deriva e de sedimentos.

Assim, pode-se diagnosticar de acordo com os resultados, que as variações ocorrentes na praia de Carapebus estão associadas aos processos hidro-sedimentares introduzidos por ondas incidentes, marés e correntes de retorno induzidos pelo seu caráter protegido.

No entanto, Calliari & Klein (1993) atentam para as mudanças sofridas pelas ondas à medida que se propagam em águas rasas, sendo alterados pela declividade, largura, batimetria e tipo de fundo da plataforma continental. Na área de estudo este aspecto é citado em Albino et al. (2001), que salientam que o padrão dinâmico apresentado ao longo da praia de Carapebus deve-se inicialmente a atuação da morfologia da plataforma e distribuição caótica dos terraços da Formação Barreiras. Os terraços dissipariam as ondas rumo à costa, as quais à medida que se deslocam para regiões mais rasas sofrem variações espaciais refletidos na tipologia ao longo do perfil.

Os valores de ω obtidos nos quatro perfis refletem uma praia com estado modal variando ligeiramente entre refletiva e intermediária, segundo a classificação proposta por Wright & Short (1984). Variando na porção sul da praia entre o intermediário terraço de baixa mar e refletivo, e, na porção norte entre banco-calha longitudinal, banco praia cúspide, banco transversal e terraço de baixa mar

Esta classificação de estado refletivo e intermediário condiz com praias acrescionais, já que segundo Whight et.al. (1979) a aproximação destas tipologias refletem momentos construtivos de ciclo praias. Disto estaria de acordo com a forma arqueada da praia e possível processo rotacional que equilibra o balanço sedimentar, podendo ainda, considerar a fonte terrígena próxima e carbonática tão significativa.

A maior intensidade e incidência do clima de ondas nas estações P3 e P4 refletem a maior variabilidade de estado modal, no entanto, a menor variação morfológica retrata a maior abundância de sedimento nestas estações, ocasionalmente revelando uma região de deposição. Este aspecto reconhece a necessidade do tipo,

composição e disponibilidade de material que compõem o ambiente aliados a ação das ondas, no que tange ao transporte de sedimento (CALLIARI et. al, 2003).

A similaridade entre as estações durante os meses de monitoramento, representadas pela textura e composição, pode evidenciar o processo rotacional combinado entre correntes longitudinais e transversais e/ou predomínio de transversais. Os resultados de textura das areias em Novembro e Dezembro de 2009 quando apresentam o aumento dos grãos médios para grossos na face, e, de finos para médios na região submersa de ambas as estações respaldam as possíveis trocas sedimentares.

A composição mista (litobioclástica) das areias da face praial e os maiores teores de sedimento carbonático, nas amostras submersas, indicam a grande contribuição biogênica como área fonte no ambiente estudado. Esta contribuição foi citada por Albino (2001) onde caracteriza a plataforma continental interna com altos teores de material de origem marinha, na qual, respalda a contribuição composicional nas praias adjacentes.

A distribuição granulométrica, contudo, indica o bom grau de retrabalhamento das areias pelos processos costeiros e no caso processos rotacionais. Segundo MaClaren (1981) a composição e propriedades como média, desvio padrão e assimetria de um depósito sedimentar são herdadas da área fonte, cabendo o clima de ondas a distribuição granulométrica e melhor seleção ao longo do transporte. O aumento das concentrações carbonáticas simultâneo aos períodos de maior energia refletem a relação entre as condições energéticas e a composição do sedimento na área de estudo. No entanto, o afinamento granulométrico da face praial para a região submersa, indica o transporte da fração grossa pelas ondas e correntes e/ou a simultânea fragmentação dos grãos bioclásticos.

Não foi possível observar balanço sedimentar negativo no ambiente e sim, um padrão cíclico envolvendo transporte transversal entre o perfil emerso e submerso, com retorno de sedimentos da antepraia para praia após eventos mais energéticos e/ou de recuo da praia, e, longitudinal com atuação predominante de S para N, principalmente por ocasião de entrada de ondas de NE, S e SE. Este padrão

promove grande mobilidade topográfica dos perfis e mantém sua morfologia em planta e volume de sedimentos equilibrados.

Destacam-se neste equilíbrio os aspectos geológicos e a presença dos terraços de abrasão que, ora dissipam as ondas na antepaia ora funcionam como barreira de sedimento, permitem o retorno dos sedimentos a praia emersa mesmo sob condições mais energéticas.

A comparação dos resultados aferidos neste trabalho com os resultados de perfil obtidos por Albino et al (2001), mostrou semelhança na morfologia e extensão dos perfis, variando entre 40 a 60m de extensão sob condições de verão e inverno. Esta comparação indica a estabilidade na praia ao longo dos anos e destaca a manutenção das areias no sistema praial.

De maneira geral, após a análise composicional e granulometria existente na praia de Carapebus, bem como as variações de perfis ao longo do arco praial verifica-se que na porção sul do arco, mais curvada, delimitada por promontórios, com declividade moderada e perfis mais estreitos, há a existência de um fluxo residual longitudinalmente, principalmente com entrada de ondas de NE. E uma porção norte, mais retilínea, caracterizando uma região de deposição de sedimentos, ou seja, representado por perfis de caráter construtivo, em que sua maior exposição e abundância de sedimento refletem na tipologia e feições espaço-temporais com o desenvolvimento de cúspides.

Este comportamento também foi observado ao longo da praia de Camburi, vitória por Leão (2005), que destaca a existência de deriva litorânea de sul para norte por ocasião de NE devido ao grau de exposição da praia.

6.2 VULNERABILIDADE EROSIVA

Apesar da análise preliminar dos dados obtidos neste trabalho não revelarem um balanço sedimentar negativo no ambiente, a aplicabilidade do método de Bruun (1962), sob incremento de 0,3m no nível do mar apresentou respostas distintas ao longo do arco praial.

De acordo com os resultados pode-se evidenciar que a praia de Carapebus sob uma elevação do nível relativo do mar de 0,3m, sofreria uma alteração na qual parte de toda a sua porção subaérea seria ocupado pelo limite dinâmico do clima de ondas (Figura 24).

A região sul da praia, representada pelas estações P1 e P2 com largura de faixa de praia em torno de 30 e 33m respectivamente, apresentou resultados de recuo com média de 39m, excedendo a largura atual da faixa arenosa no suficiente para alcançar as construções nesta porção do arco (Figura 25).

Já a porção norte da praia, com largura de faixa de praia em torno de 44m para ambas as estações P3 e P4, apresentou resultados de recuo com média em torno de 30m. Com este recuo a praia apresentaria condições de adaptação, o qual de maneira condizente não implicaria em danos ou impactos a ocupação local, não obstante, a sua proximidade afetaria os critérios estéticos e paisagísticos da região (Figura 26).

Este resultado já era esperado, pois, a praia de Carapebus apresenta-se atualmente mais larga no extremo norte e mais estreita no extremo sul. Tal diversidade na largura pode ser explicada pela provável maior contribuição de sedimento biogênico, pelos processos que incidem a parte norte da praia e/ou pela contribuição de sedimento terrígeno, ocasionada pela abertura natural ou induzida da barra da lagoa de Carapebus, gerando perfis mais construtivos.

Pode-se perceber que, neste ambiente os limites de proteção estabelecidos por Muehe (2001) proporcionaria certa adequação a migração natural, se caso, o projeto de infra-estrutura e urbanização fosse em conformidade com a faixa de proteção mitigada pelo autor. Relação que pode ser observada a partir do posicionamento dos limites de recuo costeiro (linha verde) em síntese ao limite de proteção proposto (linha laranja) na figura 24.

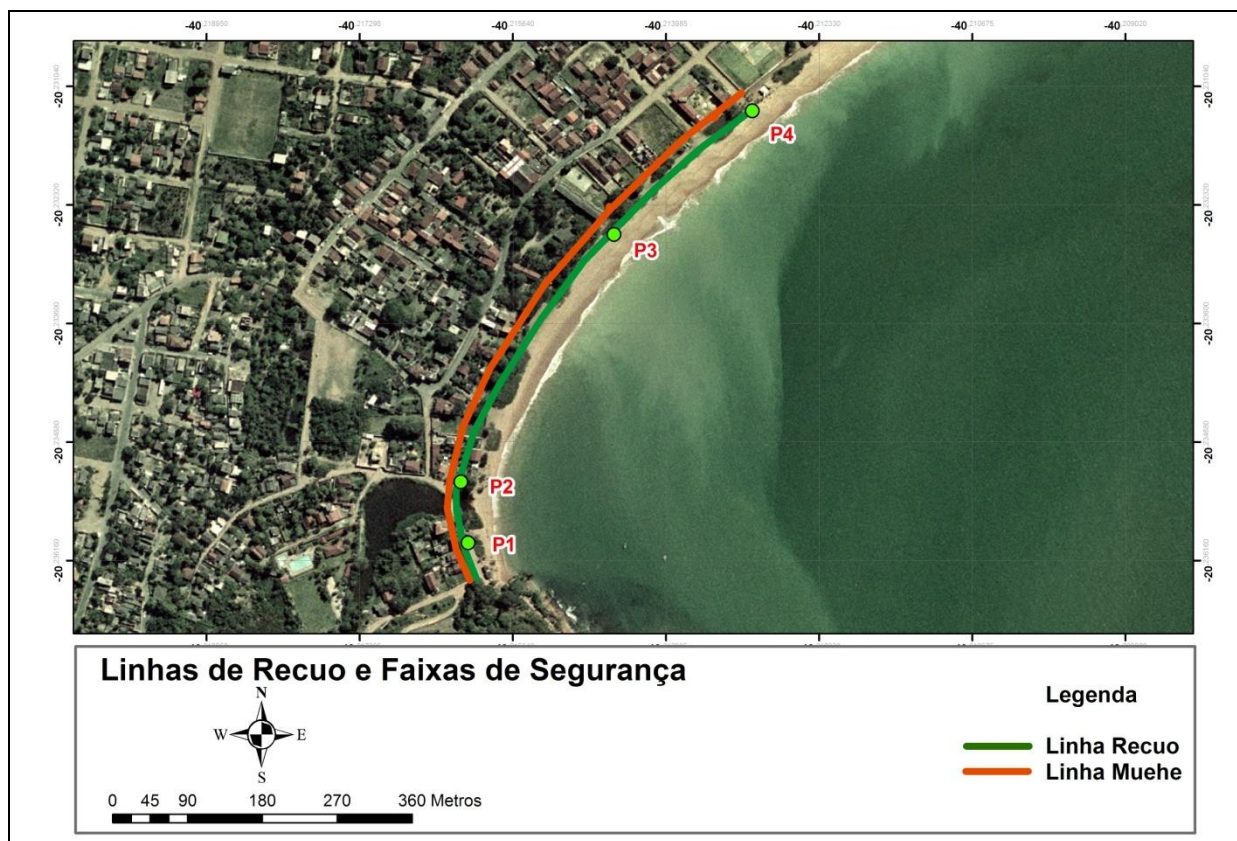


Figura 24: Delimitação do recuo da linha de costa a uma elevação do nível do mar (linha verde) e faixa de segurança proposta por Muehe, 2001 (linha laranja).

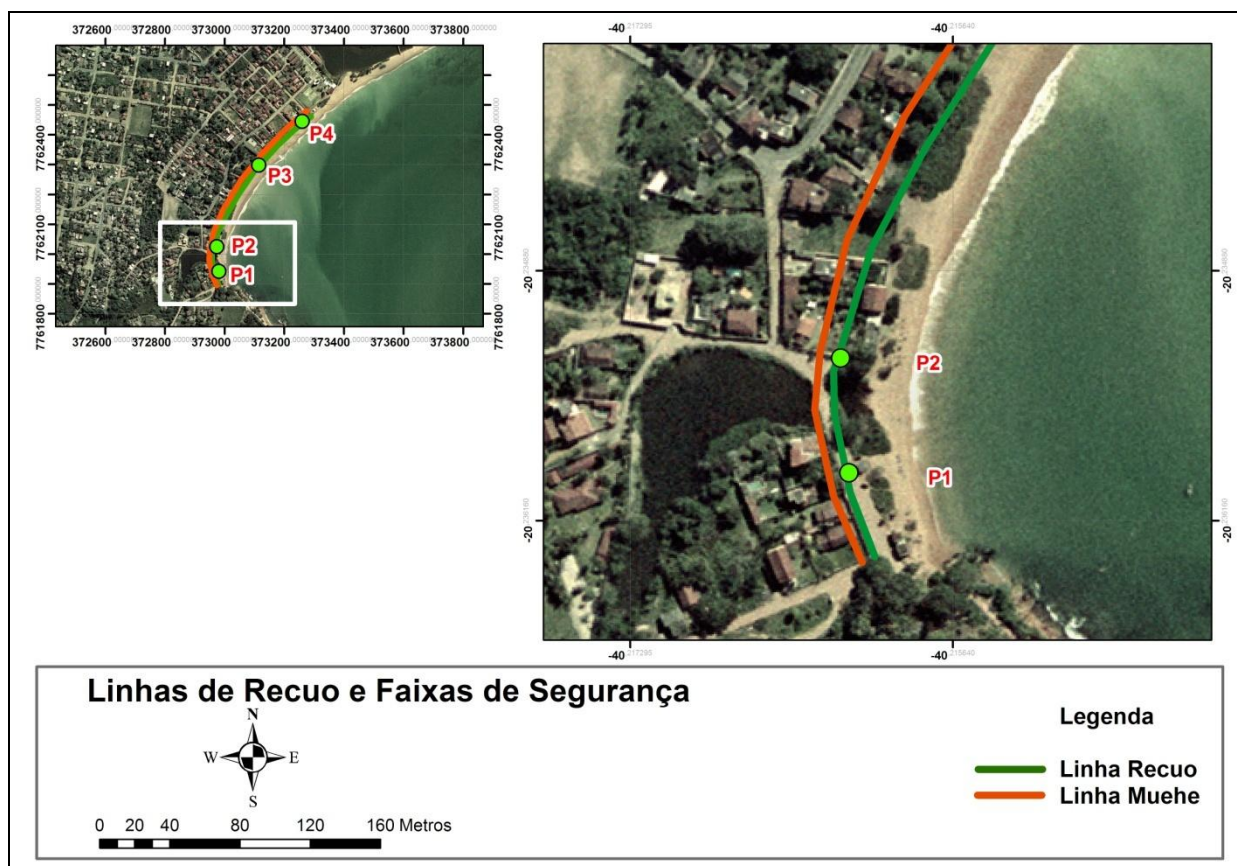


Figura 25: Destaque para as estações P1 e P2 em relação ao recuo costeiro e limites de 50 metros de segurança proposta por Muehe.

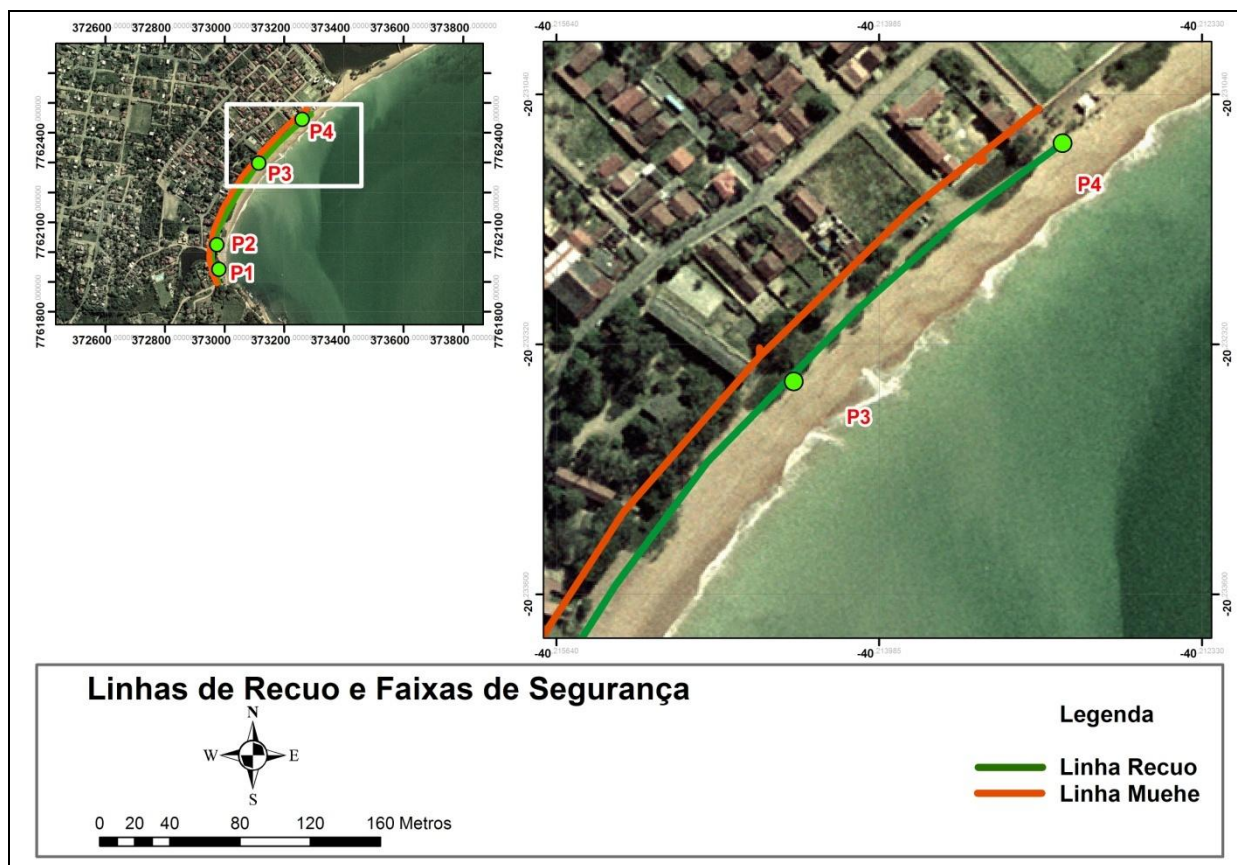


Figura 26: Destaque para as estações P3 e P4 em relação ao recuo costeiro e limites de 50 metros de segurança proposta por Muehe.

De maneira geral, a aplicabilidade do modelo de Brunn, em análise a vulnerabilidade erosiva local se esboçou como uma importante ferramenta para fixação dos limites de proteção, quando se leva em questão, simplesmente os efeitos da elevação do nível do mar.

Entretanto, mesmo com tendências locais existentes, a implantação dos limites proposto por Muehe (2001) para as condições atuais de urbanização se mostrou prevalecente, para as condições do nível do mar adotado neste trabalho. Considerando-se a readaptação hidrodinâmica e morfodinâmica sob as condições hipotéticas aqui levantadas, seria necessária uma faixa de segurança em torno de 60m do limite anterior, ou seja, os mesmos 50m sob o novo limite de praia de forma que adequasse a urbanização aos processos em questão.

Assim, após toda análise e caracterização que envolve este ambiente em questão é notório e sabido que, se mostra impraticável a adoção dos limites previstos nesta discussão, pois, a urbanização se encontra previamente instalada.

Cabe então, salientar que este trabalho teve a perspectiva de contribuir no aspecto investigativo, da Praia de Carapebus, com informações de cunho anual sobre os processos atuantes e, que, podem servir como subsídios para programas de gerenciamento urbanos posteriores. Correspondendo de forma positiva tanto nos processos naturais e ambientes biológicos que suprem a praia com areias que a compõem, quanto em alterações no balanço sedimentar que leve a prejuízos de caráter ambiental, econômico e conseqüentemente sócio-culturais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Monitoramentos podem indicar a amplitude de variação dos perfis e contribuir na aplicação de ferramentas de adaptação da costa a subida do nível do mar;
- Praias com urbanização merecem faixa de proteção independente a hidrodinâmica, sendo o trabalho de Muehe (2001) de grande utilidade;
- As edificações provenientes da urbanização são elementos de desequilíbrio e de difícil predição quanto à intensificação da erosão, já que não existem dados anteriores disponíveis;
- O balanço sedimentar foi preliminarmente inferido devido ao curto período de monitoramento (6 meses), pois, mudanças de caráter minucioso na morfologia das praias arenosas são aparentes numa escala temporal de anos ou décadas (SUNAMURA, 1988);
- Trabalhos futuros nesta área devem prosseguir o monitoramento, a fim de caracterizar as trocas sedimentares transversais e/ou longitudinais observadas;
- O conhecimento da dinâmica praial com o predomínio de troca sedimentar transversal a praia, bem como a presença de ecossistema marinho como fonte potencial de sedimento biogênico, esclarece quanto à necessidade de conservação/preservação do ambiente marinho próximo a área;
- O presente trabalho poderá ser ferramenta útil no que diz respeito a banco de dados em um litoral sujeito a iminente crescimento demográfico;

8 REFERÊNCIAS

ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a povoação, ES.** 1999. Tese de doutoramento em Ciências–Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ALBINO, J. e OLIVEIRA, R. Influência das couraças lateríticas da formação Barreiras na topografia e distribuição granulométricas dos perfis praias de Bicanga e Manguinhos- ES. **Anais I Simp. Processos Sedimentares e Problemas Ambientais da Zona Costeira do NE do Brasil**, 1995, p. 74-80. Recife-PE.

ALBINO, J. e OLIVEIRA, R. Monitoramento topográfico e granulométrico das areias da praia de Camburi, Vitória, ES, durante e após o engordamento artificial. **Simpósio Brasileiro Sobre Praias Arenosas.** 1999.

ALBINO, J.; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. *Geografares*, Vitória, n.2, p. 63-69, 2001a.

ALBINO, J. (coord.); OLIVEIRA, R. M. S.; MAIA, L. P.; NASCIMENTO, K. A. Processos atuais de sedimentação marinha e praias do litoral de Vitória, ES. **Relatório (FACITEC)**, Vitória, 2001b.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. do. **Atlas de erosão e progradação costeira do litoral do Estado do Espírito Santo.** 2000

ALBINO, J. ; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Erosão e progradação do litoral do Espírito Santo. In: DIETER Muehe. (Org.). **Erosão e progradação do litoral do Brasil.** Brasília: Ministério de Meio Ambiente, 2006, v. 1, p.226 - 264.

BANDEIRA Jr., A.; PETRI, S.; SUGUIO, K. Projeto Rio Doce. Rio de Janeiro: Petrobrás/Campos, 1975. 203p. (Relatório Final).

BIRD, E. C. F. **Recent changes on the world's sandy shorelines.** In: BIRD, E.C.F & KOIKE, K. (eds). Coastal dynamics and scientific sites: p. 5-30. Departament of Geography, Kowazawa University, Japan, 1981.

_____. **Beach management.** England: John Wiley & Sons Ltd., 1996.

BRUUN, P. **Sea level rise as cause of shore erosion.** Journal of waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. American Society of Civil Engineerings, n. 88, 1962, p. 117-130.

CARTER, R. W. G. **Coastal Environments:** an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines. 4. ed. London: Academic Press, 1993.

CALLIARI, L.J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F.G. ;TOLDO JR, E. E. 1998. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. In: NEVES, E. (Org.) **Em busca do entendimento da zona costeira. Inédito**, 1998, p. 48-58.

CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. Pesquisas, v.20(1): 48-56pp.

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

DEAN, R. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: **Conference On Engineering Dynamics in The Surf Zone.** Sydney, 1973. Proceedings. Sydney, Institute of Engineers, p. 208-214.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Atlas oceanográfico:** Atlântico Sul, Costa Sudeste do Brasil, v. 1, 1985.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. **Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters.** Journal of Sedimentary Petrology. USA, v. 27, p. 3-26, 1957.

FOLK, R. **Petrology of Sedimentary rocks**. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas. 1968.

HALLERMEIER, R.J. **A profile zonation for seasonal sandbeaches from wave climate**. In: Coastal Engineering, 1981.

HOEFEL, F. **Morfodinâmica das praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Univali, Itajaí – PR. 93 p. 1998.

HOMSI, A. **Wave Climate in some zones of the Brazilian Coast**. Proceedings of the 16th Coastal Engineering Conference. ASCE. Hamburg, Germany 1978.

INSTITUTO Jones Dos Santos Neves. Localização da praia de Carapebus – Serra-ES. Disponível em: <GEOPROCESSAMENTO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO>. Acesso em: 18 mai. 2010.

KRUMBEIN, W.C., **Size preference distribution of sediments**. Journal of Sedimentary Petrology, USA, v. 4, 1934.

KLEIN, A.H. da F.et al. **Beach sediment distribution for a headland bay coast**. Journal of Coastal Research, SI(42), 285-293. West Palm Beach (Florida). ISSN 0749-0208. 2005.

KOMAR P. D. **Beach process and sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall, 1976.

LEÃO, C. **Variação espacial e temporal das cúspides da praia de Camburi, Vitória-ES**. 2005. Monografia – Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

MCLAREN, P. 1981. **An interpretation of trends in grain size measures**. Journal of Sedimentary Petrology, v.51(2): 611-624pp.

MARTIN, L. ; SUGUIO, K. ; FLEXOR, J. M. ; ARCHANJO, J. D. , Coastal quarternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 68, 1996, p. 389-404.

MASSELINK, G. ; SHORT, A. D. **The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model.** J. coast. Res, 1993, 9(3):785-800.

MEDINA, R.; LOSADA, M. A.; LOSADA, I. J.; VIDAL, C., **Temporal and spatial relationship between grain size and beach profile.** Marine Geology. Spain, v. 118, 1994, p.195-206.

MONTEIRO-NETO, C.; MENDONÇA NETO, J. P. de M. **Biologia da conservação marinha.** In: PEREIRA, R. C. & SOARES-GOMES, A. **Biologia marinha.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009, p. 579-610.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira.** In: Cunha, D. S. e Guerra, T. J. A. (Org) **Geomorfologia: Técnicas e Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996.

MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Volume 2, Nº 1, 2001, p. 34-44.

NIEDORA, A.W., SWIFT, D.J.P., HOPKINS, T.S. 1985. **The shoreface.** In: R.A. Davis Jr. (ed.), *Coastal sedimentary environments.* Springer-Verlag, New York, pp: 533-624.

NETO, B. A. J., PONZI, A. B. V., SICHEL, E. S. (Org). **Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa.** In: BATISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A. & SICHEL, S.E. **Introdução a Geologia Marinha.** São Paulo: Interciência, 2004. 175-218.

RAM Engenharia Ltda. Terminais de grãos, fertilizantes e de guza. **Determinação da agitação residual na bacia portuária através de modelo matemático de refro-difração.** CVRD SUPOT, 1994.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L.D. Physical variability of sandy beaches. In: **Sandy beaches as ecosystems: 1st International Symposium on Sandy Beaches, South Africa**: McLachlan, A.; Erasmus, T. (Ed.), 1983, p. 17-21.

SHORT, A.D. & AAGARD, T. 1983. **Single and multi-bar beach change models**. Journal of Coastal Research, SI (15): 141-157.

SHORT, A.D., MASSELINK, G., 1999. **Embayed and structurally controlled beaches**. In: Short, A.D. (Ed.), Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. John Wiley & Son, Chichester, p. 230–250.

SILVA , C. G.; FIGUIREDO JR, A. G. & BREHME, I. Granulados Litoclásticos. **Brazilian journal of geophysics**, 18(3),2004.

SOUZA, C.R.G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, L.S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM; ADDAD, J.E. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: SOUZA *et al.* (Eds). **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos Editora, 2005, p. 130-152.

SUNAMURA, T. 1988. **Beach morphologies and their changes**. In: HORIKAWA, K. (Ed.), Nearshore Dynamics and Coastal Processes. University of Tokyo Press, 133-166pp.

THURMAN, H. V. **Introductory oceanography**. 7. ed. Macmillan Publishing Company, USA, 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Biblioteca Central. **Guia para normalização de referências**: NBR 6023:2002. 4. ed. Vitória, 2006.

_____. _____. **Normalização e apresentação de trabalhos científicos e acadêmicos**: Guia para alunos, professores e pesquisadores da UFES. 7. ed. Vitória, 2006.

WENTWORTH, C. **A scale of grade and class term for clastic sediment**. Journal of Geology, 1922.

WRIGHT, I.D.; CHAPPEL, J. ; THOM, B.G.; BRADSHAW, M.P. & COWELL, P. 1979. **Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems, southeastern Australia.** Mar. Geol, 1979, cap. 32. p. 105-140.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. **Morphodynamics of Beaches and Surf Zones in Australia.** In: KOMAR, P. D. Handbook of coastal process and erosion. CRC Press, 1983, p. 35- 64.

WRIGHT, L.D; & SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis.** Marine Geology, 56: 93-118. 1984.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. & GREEN, M.O. 1985. **Short Term Changes in the Morphodynamic states of beaches and surf zones: On empirical predictive model.** Marine Geology, v.62: 339-364p.