

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

RENATO CORREA GOMES

**PERFIL PRAIAL DE EQUILÍBRIO DA PRAIA DE MEAÍPE –
ESPÍRITO SANTO**

VITÓRIA
2004

RENATO CORREA GOMES

**PERFIL PRAIAL DE EQUILÍBRIO DA PRAIA DE MEAÍPE –
ESPÍRITO SANTO**

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

Orientadora: Prof^o. Dra. Jacqueline Albino

VITÓRIA
2004

RENATO CORREA GOMES

Perfil praial de equilíbrio da praia de Meaípe – Espírito Santo

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

Aprovada em 15 de Abril de 2004.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Jacqueline Albino
Universidade Federal do Espírito Santo / DERN
Orientadora

Prof. Dr. Agnaldo Silva Martins
Universidade Federal do Espírito Santo / DERN
Examinador Interno

Prof. Dr. Julio Tomas Aguije Chacaltana
Universidade Federal Espírito Santo / DEA
Examinador Externo

"A minha filha, meus pais, meu irmão e Michelle, pela compreensão, paciência, apoio durante a realização deste trabalho e do curso de Oceanografia".

AGRADECIMENTOS

À equipe de campo que demonstrou vontade e disposição incríveis para que este trabalho se realizasse da melhor maneira possível.

À Prof^a. Dra. Jacqueline Albino pela oportunidade de realização do trabalho e pela compreensão e paciência na orientação do mesmo.

Ao Instituto do Milênio, grupo MMOC, pela bolsa de Iniciação Científica e pelos equipamentos utilizados em campo.

Aos colegas da turma, pelo apoio e aprendizado em conjunto.

Ao meu radinho de pilha, companheiro inseparável durante as intermináveis horas de trabalho no Laboratório de Sedimentologia.

À todos os que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho, mesmo que não citados aqui.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2	
Figura 2.1 – Localização da área de estudo.....	11
Capítulo 3	
Figura 3.1 - Terminologia do perfil de praia e zona submersa adjacente	15
Figura 3.2 – Representação do perfil submerso proposto por Dean (1977)	25
Figura 3.3 – Perfil com alta declividade em direção ao oceano.....	26
Figura 3.4 – Perfil com declividade suave em direção ao oceano	27
Figura 3.5 – Perfil em equilíbrio apesar da diferença na altura.....	27
Figura 3.6 – Representação do perfil submerso proposto por Bernabeu et. al.	29
Capítulo 4	
Figura 4.1 – Variação do parâmetro A em relação ao diâmetro médio do sedimento..	30
Figura 4.2 – Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio (fi).....	32
Figura 4.3 – Estações e pontos amostrais.	33
Capítulo 5	
Figura 5.1 – Perfis transversais da Praia de Meaípe.	40
Figura 5.2 – Comparação entre os perfis de dezembro/2003 e fevereiro/ 2004	41
Figura 5.3 – Variação granulométrica ao longo do perfil	44
Figura 5.4 – Relação da granulometria com a altura em relação a posição no perfil...	46
Figura 5.5 – Sobreposição dos perfis calculados e medido para cada Estação.	48
Figura 5.6 – Diferenças no perfil com a utilização de valores de A diferentes.	51

SUMÁRIO

RESUMO	8
1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Apresentação e Justificativa	9
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
2. ÁREA DE ESTUDO	11
2.1 Localização da área	11
2.2 Geologia	13
2.2.1 Rochas Pré-Cambrianas	13
2.2.2 Formação Barreiras	13
2.4 Clima e Oceanografia	13
3. SISTEMA PRAIAL	15
3.1 Definições e terminologias	15
3.2 Modelos de Variação do Perfil de Praia	16
3.2.1 Modelo de Bascom	17
3.2.2 Modelo de Sonu e Van Beek	17
3.2.3 Modelo de Short & Wright	18
3.3 Agentes envolvidos na morfodinâmica praial	19
3.3.1 Ondas	19
3.3.2 Nível do mar	21
3.3.3 Correntes litorâneas	21
3.4 Perfil Praial de Equilíbrio (PPE)	23
3.4.1 Dean (1977)	25
3.4.2 Bernabeu et. al. (2003)	28
4. MATERIAS E MÉTODOS	30
4.1 Considerações metodológicas	30
4.1.1 Modelo de Dean (1977)	30
4.1.2 Modelo de Bernabeu (1977)	31
4.2 Procedimentos Iniciais	33
4.3 Obtenção dos dados em campo	34
4.3.1 Topografia, Batimetria e Ondas	34
4.3.2 Coleta de Sedimentos	35
4.4 Análises Sedimentológicas	35
4.4.1 Granulometria	35

4.4.2	Cálculos dos parâmetros estatísticos e texturais	37
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1	Morfologia dos perfis e ondas.....	39
5.2	Granulometria.....	43
5.3	Interação morfológica e granulométrica.....	45
5.4	Perfil Praial de Equilíbrio (PPE).....	47
5.4.1	PPE das estações amostrais e validação da tendência erosiva.....	47
5.5	Avaliação da aplicabilidade da determinação dos PPE.....	50
5.5.1	Dificuldades na interpretação dos PPE.....	50
5.5.2	Aplicabilidade da determinação do PPE na Praia de Meaípe	51
6.	CONCLUSÃO	54
7.	REFERÊNCIAS.....	56
	ANEXOS	59
	ANEXO A.....	60
	ANEXO B.....	61
	ANEXO C.....	62
	ANEXO D.....	63
	ANEXO E.....	64

RESUMO

O diagnóstico erosivo de uma praia através do método de determinação do Perfil Praia de Equilíbrio (PPE), que estabelece uma relação estreita entre o tamanho dos grãos do sedimento e a morfologia do perfil de praia, seja talvez o mais amplamente utilizado atualmente no gerenciamento costeiro de regiões em processo de erosão. Recuo da linha de costa vem sendo observado no litoral de Guarapari, Espírito Santo sendo área objeto do Projeto Recursos Costeiros – Modelagem, monitoramento, erosão e ocupação costeira - Instituto do Milênio MCT/CNPq/FURG. Neste contexto escolheu-se a praia de Meaípe para a determinação de PPEs aplicando-se os modelos propostos por DEAN (1977) e BERNABEU (2003). Os Perfis Praia de Equilíbrio indicaram que a praia apresenta trechos submetidos a diferentes processos morfodinâmicos devido a fontes distintas de sedimentos e a presença de ilhas e promontórios que atuam sobre o grau de exposição das ondas incidentes. Estas características geomorfológicas dificultam as interpretações dos resultados, contudo refletem tendências erosivas com diferentes intensidades ao longo da praia, sendo esta informação útil no gerenciamento costeiro.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e Justificativa

Nas últimas décadas, a zona costeira vem recebendo os efeitos diretos do crescimento demográfico com o aumento da ocupação da costa. Em geral, esta ocupação tem ocorrido de forma desordenada, sem se levar em conta o caráter naturalmente instável das zonas costeiras. A partir dos problemas acarretados pelos processos de erosão, desencadeou-se o interesse de pesquisadores em se estabelecer modelos para entender e quantificar os processos envolvidos na dinâmica costeira, aplicando-os com ferramentas no processo de gerenciamento costeiro. Neste contexto são ainda favorecidas pesquisas multidisciplinares na área costeira através de projetos nacionais e internacionais como o GERCO (Gerenciamento Costeiro) e o RECOS (Recurso Costeiros) Instituto do Milênio MTC/CNPq/FURG.

De acordo com Kriebel et al. (apud BERNABEU et. al. 2003), o Perfil Praial de Equilíbrio é talvez o modelo mais amplamente utilizado atualmente no gerenciamento costeiro de regiões em processo de erosão.

O Perfil Praial de Equilíbrio foi apresentado primeiramente por Bruun (1954) e posteriormente documentado por Dean (1977). O modelo estabelece uma relação estreita entre o tamanho dos grãos do sedimento e a morfologia do perfil de praia. A aplicação desse método e a comparação com os perfis atuais são realizadas no sentido de interpretar se o perfil apresenta déficit ou excesso de sedimento e, portanto, encontra-se em progradação ou retrogradação da costa, em longo prazo, pode ser antecipada (DEAN et. al., 1992). Apesar do avanço na área do gerenciamento costeiro, a aplicação do modelo do Perfil Praial de Equilíbrio não leva em conta a influência do transporte longitudinal, além de não ser capaz de representar feições morfológicas de segunda ordem, como barras sedimentares, por exemplo.

A ocorrência de erosão na costa sul do estado do Espírito Santo foi verificada através da análise das características geomorfológicas, já que se trata de um litoral caracterizado por praias de pequena extensão da faixa transversal de

areia alternada por falésias vivas (ALBINO et al, 2000), fato que pode ser facilmente observado pelos motoristas que trafegam pela rodovia do Sol (ES 060). A praia de Meaípe, localizada no município de Guarapari, vem apresentando tendência erosiva, conforme verificado por Santos (2003).

Segundo Santos (2003), verificam-se trechos com tipologia e comportamento diferentes ao longo da praia durante a passagem de uma frente fria. Provavelmente estas diferenças devem-se ao diferente grau de exposição da praia, às ondas incidentes e à atuação da deriva litorânea, que, segundo Albino (1996), sofre uma inversão no seu sentido durante eventos de frente fria.

A praia de Meaípe é merecedora da presente proposta de se determinar os PPE através das equações postuladas por Dean (1977) e Bernabeu et. al. (2003), por se situar em uma das muitas cidades litorâneas (Guarapari) que apresentam a economia baseada no turismo no estado do Espírito Santo, e compreendida na área de estudo do Projeto RECOS – Instituto do Milênio do grupo temático Monitoramento, Modelagem, Erosão e Ocupação Costeira (MMOC), parte do projeto Instituto do Milênio – RECOS.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade da determinação do Perfil Praial de Equilíbrio em praias com tendência erosiva. Caso da praia de Meaípe, município de Guarapari - ES.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar a relação morfológica e granulométrica ao longo do perfil transversal da praia;
- Determinar os perfis de equilíbrio ao longo de trechos com diferentes comportamentos morfodinâmicos da praia de Meaípe;
- Testar a aplicabilidade das equações matemáticas de determinação do perfil de equilíbrio na praia de Meaípe;
- Inserir o perfil de equilíbrio na análise da dinâmica da praia.
- Validar a tendência erosiva da praia;

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização da área

A praia de Meaípe compreende um arco praial de aproximadamente 6 km, tendo como limite norte um promontório cristalino e ao sul, o Porto de Ubu. A praia se localiza no município de Guarapari, litoral sul do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas 40° 35'26" e 40° 37'56" de longitude oeste e 20° 44'31" e 20° 44'27" de latitude sul (Figura 2.1).

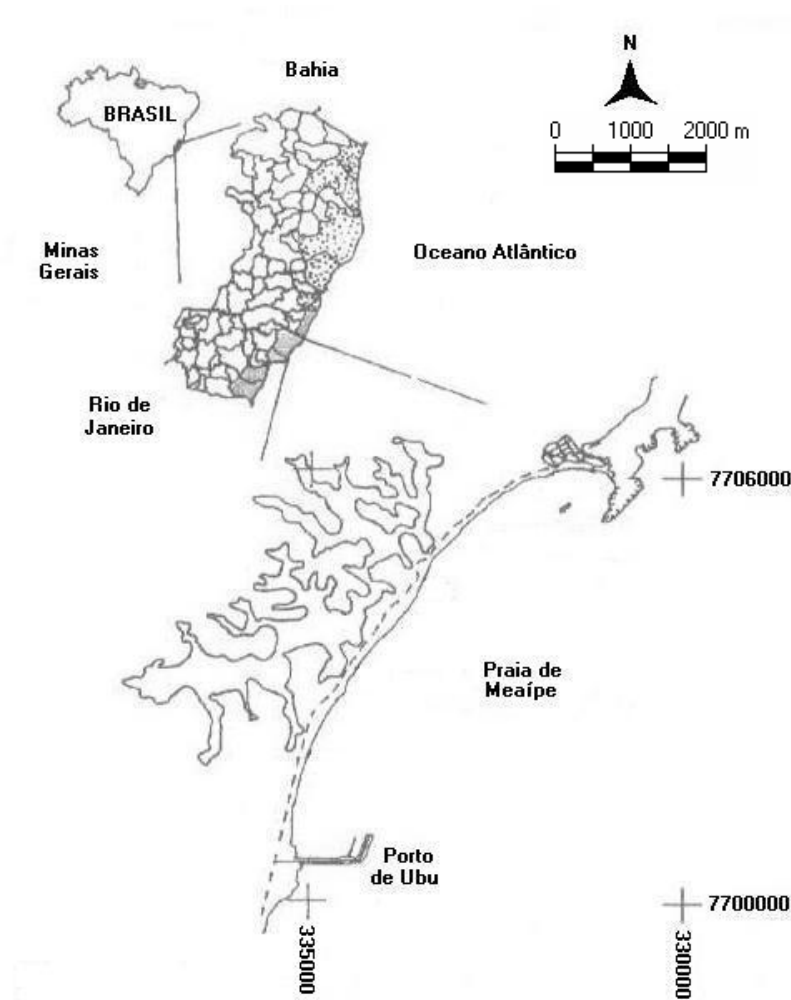


Figura 2.1 – Localização da área de estudo

A geologia do litoral do Espírito Santo é composta por três grandes unidades geológicas distintas: o Pré-Cambriano, que cobre a maior parte do Estado (embasamento cristalino, composto por gnaisses e granitos), caracterizado por serras, colinas e promontórios; o Terciário, representado pela Formação

Barreiras é representado por tabuleiros e falésias vivas; e a Planície Costeira Quaternária, com diferentes graus de desenvolvimento, manguezais e praias ao longo do litoral.

A área de estudo está envolvida no macrocompartimento Embaiamento de Tubarão, proposto por Silveira (1964), que compreende o limite que vai do Rio Doce ao Rio Itabapoana. Segundo Muehe (1998), esse macrocompartimento é caracterizado pela presença do relevo associado à Formação Barreiras, que se apresenta de forma descontínua, por vezes substituído por afloramentos cristalinos.

Martin et. al. (1996) classificaram o estado do Espírito Santo em três setores, de acordo com as formações geomorfológicas: Litoral Norte, onde os depósitos costeiros do Quaternário são delimitados pela Formação Barreiras na fronteira com a Bahia, essa divisa é o limite norte e o limite sul é a entrada da Baía de Vitória; Litoral Central, caracterizado pelo contato direto entre as rochas cristalinas do Pré-cambriano com os depósitos do Quaternário, sem depósitos da formação Barreiras, se estende da entrada da Baía de Vitória até a foz do Rio Itapemirim; e, Litoral Sul, onde os depósitos da Formação Barreiras voltam a entrar em contato com os depósitos do Quaternário, se estende desde a foz do Rio Itapemirim até a divisa do estado do Rio de Janeiro. Porém, quando se leva em consideração apenas o desenvolvimento dos depósitos do Quaternário, a costa do Estado pode ser dividida em 6 setores.

Ainda segundo Martin et al. (1996), baseando-se no grau de desenvolvimento das planícies costeiras, a área de estudo se encaixa no setor 4, que se estende desde de a entrada da baía de Vitória até a foz do Rio Itapemirim. Este setor corresponde ao setor caracterizado pelo contato de rochas cristalinas do Pré-Cambriano com os depósitos do Quaternário. Devido a esta característica morfológica, as áreas ocupadas pelos depósitos do Quaternário são mais suscetíveis a modificações.

2.2 Geologia

2.2.1 Rochas Pré-Cambrianas

De acordo com Coutinho (apud ALBINO, 1999), são identificadas duas grandes unidades de rochas pré-cambrianas na região: uma constituída por gnaisses migmatíticos e rochas graníticas (que apresentam quartzo, plagioclásio e biotita em sua composição mineralógica); e outra composta por gnaisses kingzíticos (que apresentam menor quantidade de biotita e tem como constituinte normal a granada).

2.2.2 Formação Barreiras

Segundo Bigarella & Andrade (apud ALBINO, 1999), como Formação Barreiras costumam ser designados os sedimentos de origem continental, pouco consolidados, que estão dispostos em estreita faixa ao longo da área costeira, desde o estado do Rio de Janeiro até o Pará, invadindo ainda o vale do Amazonas.

Em geral, os sedimentos apresentam-se mal selecionados, com areias muito grossas a finas e subangulosas. A maior abundância de minerais ultra-estáveis (zircão, turmalina e rutilo) e a ausência de minerais instáveis, como, por exemplo, hornblenda e epidoto, indicam a maturidade mineralógica dos sedimentos da Formação Barreiras (COUTINHO, apud ALBINO, 1999).

2.4 Clima e Oceanografia

O clima do estado do Espírito Santo é classificado com AW (KÖPPEN, apud Martin et al., 1993), ou seja, é caracterizado por um clima quente e úmido com uma estação seca no período de abril a setembro (outono) e a estação com maior pluviosidade entre os meses de outubro a março (primavera e verão). O litoral capixaba apresenta temperaturas elevadas (média de 22° C) durante quase todo o ano com baixa amplitude térmica.

Dados sobre clima de onda para o litoral brasileiro são escassos e limitados aos levantados nas proximidades de portos por ocasião de suas construções. De acordo com Homsí (apud ALBINO, 1999), em levantamentos para a região

do Porto de Tubarão em Vitória – ES, as alturas e os períodos de ondas mais freqüentes para a região são: 0,6 a 0,9 m e 5 a 6,5 s, respectivamente.

De acordo com Santos (2003), que realizou medições de ondas a partir da praia em Meaípe durante a passagem de frente fria, a direção predominante das ondas é SW e a altura varia de 0,70 a 0,80 m, durante a frente fria e de 0,50 a 0,63 m em condições de tempo bom.

3. SISTEMA PRAIAL

3.1 Definições e terminologias

No sentido estrito, a praia é uma acumulação de sedimento não consolidado (areia ou cascalho), que é compreendida da linha de baixa-mar até uma mudança fisiográfica, como um campo de duna, por exemplo. Mas a praia pode incluir, segundo alguns geólogos, a área costeira abaixo do nível do mar (a profundidade de 10 a 20 m), a qual é ativa sob a influência das ondas de superfície (KOMAR, apud KENNETT, 1982).

No presente trabalho foram adotadas a nomenclatura e a divisão do perfil praiial realizada por Davis (1985) (Figura 3.1).

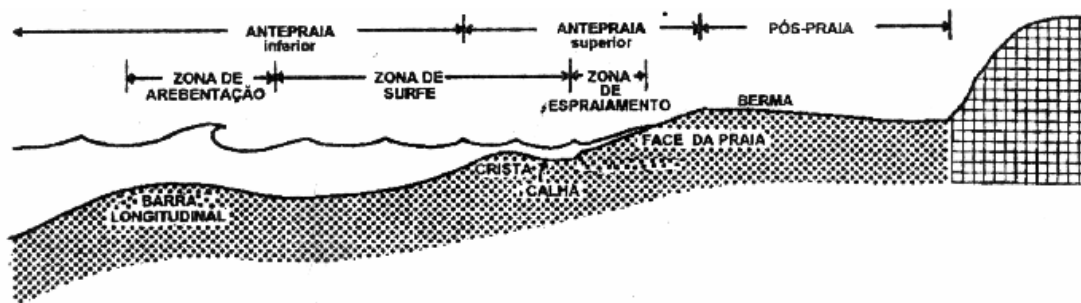


Figura 3.1 - Terminologia do perfil de praia e zona submersa adjacente

Fonte: Albino, 1999 (adaptada)

De acordo com Davis (1985), praticamente toda zona de pós-praia (*backshore*) de uma praia arenosa é constituída de uma área plana e quase horizontal até uma inclinação suave em direção ao mar, chamada de berma. O limite marinho do berma é marcado por uma inclinação abrupta na crista do berma. Após esse limite existe a face praiial, que é muito inclinada em direção ao mar. Uma praia que sofre erosão apresenta um perfil de pós-praia muito diferente, onde o berma não é desenvolvido. Sob estas condições, o pós-praia e antepraia superior são contínuas, com uma ligeira concavidade na porção superior do perfil.

A antepraia superior (*foreshore*) é caracterizada pela zona entremarés, limitada pela altura mínima de maré baixa e máxima da maré alta. Pode apresentar uma variedade de configurações. A declividade é dependente tanto da

composição granulométrica quanto do processo que age sobre ela. Feições características como crista e calha são formadas pela ação das ondas, Durante certas condições meteorológicas e costeiras podem ser formadas barras de sedimentos efêmeras no final da zona de antepraia superior (DAVIS, 1985).

A zona entre linha de baixa mar e o limite externo da antepraia inferior (*shoreface*) tem, geralmente, centenas de metros de largura. Em vários lugares essa zona é caracterizada pela presença de barras sedimentares originadas por marés, que são praticamente paralelas à praia. A *shoreface* corresponde a uma importante região de transição para as ondas oceânicas. Esta é uma região de transição onde a diminuição da profundidade causa mudanças na forma das ondas, se tornando mais empinadas, aumentando em altura e alterando a direção de propagação para uma mais normal à costa. Por causa dessas mudanças há influencia no processo de transporte de sedimento que atuam sobre esta região. O transporte de sedimentos é resultado da combinação de processos causados por ondas e correntes. Esses processos geralmente atuam juntos na natureza apesar de suas magnitudes relativas variarem através da localização e do tempo. Deve ser dada atenção particular ao processo de formação de barras de tempestade nessa região, pois estas se tornam um estoque de sedimento, que tendem ser levados de volta a praia com a volta das condições climáticas normais (DAVIS, 1985).

Por conta de sua localização, as praias são tidas como ambientes de transição entre o oceano e o continente por vários autores, como Kennett (1982), Albino (1999), entre outros. Por esse motivo as praias sofrem modificações causadas tanto pelos processos continentais quanto por processos marinhos, desenvolvendo, dessa forma, aspectos sedimentares e morfodinâmicos distintos.

3.2 Modelos de Variação do Perfil de Praia

Estas modificações no ambiente praiar, ou morfodinâmica costeira, são objeto de estudos desde a década de 50, quando Bascom publicou, em 1951, um dos primeiros estudos relacionando a energia de onda incidente, o perfil de praia e o diâmetro do sedimento.

3.2.1 Modelo de Bascom

De acordo com Bascom (1951), à medida que as praias sofrem erosão ou acréscimo, a declividade da face praial no ponto de referência irá mudar consideravelmente, aparentemente por causa da esbeltez (relação entre a altura – H_b – e o comprimento – L –) da onda. Dessa forma, uma praia que sofre erosão tenderá a ficar plana, enquanto uma praia que recebe um acréscimo de sedimento irá ficar mais íngreme. O estudo também constatou que grãos maiores são encontrados em pontos de máxima turbulência e o tamanho dos grãos tende a decrescer com o decréscimo da turbulência.

Por fim, Bascom concluiu que a declividade da praia é relacionada ao diâmetro médio dos grãos e à quantidade de energia da onda que atinge o determinado ponto. A quantidade de energia da onda é uma função das condições de refração. Conseqüentemente, praias protegidas são mais íngremes que praias expostas com o mesmo tamanho de grãos.

Dessa forma, nos estudos que se sucedem ao de Bascom (1951) é explícita a intenção de se modelar as variações no perfil das praias em função da construção ou erosão e quanto a distribuição granulométrica.

3.2.2 Modelo de Sonu e Van Beek

Segundo Sonu e Van Beek (1971), as propriedades geométricas, expressas em termos de largura da praia, estoque de sedimento, e configuração, são governadas essencialmente pela distribuição do excesso do depósito sedimentar na superfície da praia. Esse depósito local, denominado de berma, se move para cima no declive da praial durante processos de construção, mas diminui em tamanho e eventualmente desaparece em eventos de erosão.

Por causa desse comportamento característico do berma surgiu um modelo de transição de perfil, que relaciona as configurações morfológicas que o perfil praial pode assumir em relação à erosão e construção. Estudando vários perfis praias chegaram a uma matriz de combinações mais freqüentes de feições de praia, sendo de grande importância o estado modal antecedente.

3.2.3 Modelo de Short & Wright

Na década de 70, destaca-se um grupo de pesquisadores australianos, que elabora um modelo de variação de perfil de praia, bem como os aspectos hidrodinâmicos e sedimentar a este relacionado. De acordo com a escola australiana, as praias arenosas são o produto da interação das ondas com o fundo arenoso na linha de costa.

Entre os trabalhos mais importantes destaca-se a revisão realizada por Short e Wright (1983), onde são apresentados seis estados hidrodinâmicos, sendo dois extremos e quatro intermediários. Segundo os autores, a ocorrência de um desses estados hidrodinâmicos é dependente de dois fatores principais: o nível de energia de onda (que controla o limite da zona de espraiamento) e o tamanho do sedimento ou granulometria (que influencia no transporte do sedimento).

Em conjunto os estados intermediários formam uma seqüência cíclica de transferência do aporte sedimentar da praia para a zona submersa, durante as fases de alta energia das ondas e, da zona submersa para praia durante fases de menor energia das ondas. A dissipação das ondas aumenta com o incremento da sua altura e com a diminuição da declividade do fundo, enquanto a reflexão aumenta com a maior declividade da zona de surfe, resultado da transferência dos sedimentos da zona submersa para a praia (MUEHE, apud ALBINO, 1999)

Os extremos são representados pelo estados dissipativo (*dissipative beach*) e refletivo (*reflective beach*). As condições ambientais mais propícias para a ocorrência do estado dissipativo são ondas grandes (>2.5 m) e sedimentos finos (de diâmetro médio – Md. – < 0.2 mm), dessa forma, essas praias, caracterizadas pelos pequenos gradientes tanto na face praial como na zona de surfe, são mais encontradas em regiões expostas com sedimentos finos em abundância. Já o estado refletivo é produzido por ondas pequenas (<1 m) e sedimentos grossos (Md. > 6 mm) e gerando uma praia relativamente alta,

geralmente contendo berma, e curta, com uma face praial íngreme, sendo encontrado em regiões protegidas (em baías e estuários, por exemplo).

Os estados intermediários entre os extremos citados acima, na ordem do mais dissipativo para o mais refletivo, são: banco e calha longitudinal (*longshore bar and trough*), banco e praias rítmicos ou de cúspides (*rhythmic bar and beach*), bancos transversais e cúspides (*transverse-bar and rip*) e terraço de baixa-mar (*low tide terrace*).

3.3 Agentes envolvidos na morfodinâmica praial

Na década de 80, os processos que causam modificações (erosão ou construção) no perfil da praia receberam mais atenção nos estudos sobre a morfodinâmica costeira. Dentre esses trabalhos destaca-se o realizado por Komar (1983), que sumariza os diversos agentes que desempenham um papel na erosão costeira.

Segundo o trabalho supracitado, os processos mais importantes no tocante à modificação do perfil praial são:

3.3.1 Ondas

Com a aproximação do litoral e conseqüente diminuição da profundidade, a onda vai perdendo energia cinética e vai ganhando energia potencial, ou seja, sofre uma diminuição de velocidade e incremento de altura. A morfologia do perfil de praia depende do nível de energia da onda, já que em condições de ondas altas, os sedimentos são erodidos do berma da praia e depositados em barras de sedimentos longe da costa. Com a volta das condições originais de tempo bom, esse processo tende a ser lentamente revertido.

De acordo com Carter (1988), podem ser definidos 4 tipos de arrebentação: deslizante, mergulhante, ascendente e frontal. Embora ventos e correntes possam ter algum efeito no tipo de arrebentação que uma onda originará na linha de costa, a principal influência será mesmo da topografia do fundo. As ondas deslizantes ocorrem normalmente em praias com baixa declividade e a onda arrebenta de forma contínua, em que a crista “rola” sobre a cava precedente. As mergulhantes quebram de forma súbita, quando a crista se

dobra e cai para frente e ocorrem em praias de declividade média. As ondas ascendentes ocorrem muito próximo da costa em praias de declividade muito acentuada, quando a crista não chega a quebrar, pois a frente da mesma espraia-se sobre o talude. As ondas frontais são consideradas como um tipo intermediário entre as ondas mergulhante e ascendente.

Difração é a transferência de energia ao longo da crista da onda. Pode ocorrer em duas ocasiões, quando as ondas se cruzam ou em áreas de sombreamento. Em diagramas de refração, as ortogonais quase sempre parecem se cruzar. Nesses locais na superfície do mar, a onda aumenta de altura rapidamente e às vezes quebra. O excesso de energia pode ser transferido lateralmente por difração, por fortes correntes locais. Essa situação é comum em locais protegidos por ilhas, onde a cruzamento das ortogonais leva à quebra irregular das ondas e à difração. A difração também é comum em locais de sombreamento (CARTER, 1988).

Segundo Carter (1988), refração de onda é a orientação gradual das ondas que se propagam a um ângulo do fundo do mar ou contra uma corrente. Quando as ondas atravessam um local com batimetria irregular, passa por uma ilha ou adentra águas mais profundas, as ortogonais (linhas traçadas transversais às cristas das ondas) se tornam quase paralelas às isóbatas.

As ondas oceânicas apresentam cristas paralelas em águas profundas, mas quando estas avançam em águas mais rasas começam a ser modificadas pelo fundo oceânico: o livre movimento orbital das partículas é dificultado e os efeitos do atrito com o fundo oceânico retarda o avanço das ondas, ou seja, o fundo oceânico influencia no padrão de direção das ondas em águas rasas (BIRD, 1996).

De acordo com Bird (1996), existem relações entre os padrões de refração das ondas que se aproximam da costa e a característica do sedimento e morfologia da praia. A ocorrência de convergência das ortogonais (fato que acontece quando uma onda passa sobre um banco submerso, por exemplo) indica aumento de energia de ondas, e assim as praias se apresentam geralmente maiores declividades e são mais altas, grãos mais grossos, melhor

selecionamento, erosão mais severa, e divergência entre correntes longitudinais, causam dispersão do sedimento. Já onde há divergência das ortogonais (como quando as ondas entram em uma baía, por exemplo) as ondas têm menor energia, gerando praias com declividades menores, sedimentos mais finos e com menor grau de seleção, redução de erosão e possível construção, e convergência das correntes longitudinais levando sedimento à praia. Essas relações podem ser influenciadas por fatores como, por exemplo, a natureza do sedimento disponível: existem praias arenosas em costas com ondas de alta energia onde os sedimento mais grossos não estão disponíveis, e praias com valores de granulometria altos podem ocorrer em costa com baixa energia de ondas onde haja fonte desse material mais grosso.

3.3.2 Nível do mar

As regiões com baixo gradiente de profundidade da plataforma continental tendem a apresentar maior amplitude de resposta erosiva a uma elevação do nível do mar. Essa variável deve ser considerada haja visto o incremento do descongelamento de geleiras durante a década de 90 e a tendência histórica de elevação da temperatura atmosférica. O aumento do nível do mar (seja por natureza meteorológica ou temporal) pode causar inundação de áreas costeiras e aumentar a extensão da zona de surfe, fazendo com que as ondas ataquem diretamente o pós-praia.

3.3.3 Correntes litorâneas

Quando as ondas quebram em um ângulo em relação à costa, o momentum da onda gera correntes litorâneas que fluem na direção de propagação da onda. As correntes litorâneas transportam os sedimentos da praia postos em suspensão pela ação das ondas. Este transporte pode atingir até a escala de quilômetros de distância.

3.3.3.1 Transporte Longitudinal

O transporte longitudinal de sedimentos tem recebido considerável atenção durante as últimas décadas. Um grande número de experimentos de campo e trabalhos teóricos tem sido realizado para descrever e avaliar as mudanças morfológicas que ocorrem num perfil praias (MEDINA et. al., 1994).

Vários estudos têm demonstrado que existe uma classificação granulométrica longitudinalmente à praia, dentre eles Komar (1977), destaca que o aumento do tamanho dos grãos de areia está relacionado à maior velocidade da corrente, que possibilita transporte de fundo. Com a diminuição da velocidade, o transporte é feito por suspensão, com sedimentos de diâmetros menores, o que gera uma tendência à diminuição do diâmetro no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal. Bittencourt et al. (1991), testando as constatações de Komar para o esporão de Caixa-Pregos (BA), destacaram a importância da energia das correntes, a textura e o volume dos grãos disponíveis para explicar as diferenças constatadas na distribuição granulométrica dos grãos para a praia estudada.

Tanto Komar (1977) quanto Bittencourt et al. (1991) destacam a limitação da aplicação de modelos de transporte de sedimentos em praias com diferentes aspectos físicos.

Segundo Allen (1985), apesar de muitos trabalhos teóricos sobre transporte de sedimento terem como foco o movimento longitudinal, Bowen (1980) apresentou uma análise teórica do movimento perpendicular à costa e Short (1979) sintetizou a seqüência de mudanças na morfologia do perfil da praia causadas por este movimento.

3.3.3.2 Transporte Transversal

A seleção de sedimentos ao longo do perfil da praia produz variações transversais que são rapidamente percebidas. O diâmetro do sedimento reflete a topografia do fundo e a intensidade local da turbulência e da dissipação da energia das ondas (KOMAR, 1998).

Segundo Schiffman (apud KOMAR, 1977), vários estudos têm demonstrado que existe uma classificação granulométrica transversalmente à praia, com os grãos maiores encontrados na zona de arrebentação e grãos progressivamente menores mais perto da costa, na zona de surfe e face praial, e além da arrebentação, na antepraia inferior e plataforma. No local de máximo recuo da onda ou *beach step* há a concentração de grãos mais grossos associados a grande energia e turbulência do fluxo e refluxo das ondas. Geralmente existe

uma zona secundária de grãos maiores em barras na região da antepraia inferior.

O transporte transversal também é influenciado pelas correntes de retorno. Refluxo é o retorno da água do mar que foi levada face praial acima pelas ondas. Esse refluxo retorna ao mar sob duas formas: percolando pelo sedimento ou (mais comumente) em correntes de retorno localizadas. O fluxo turbulento das correntes de retorno mobiliza e transporta localmente os sedimentos da face praial, produzindo uma morfologia em série na praia, conhecida como cúspides. Algumas correntes de retorno se dissipam muito próximo à praia, enquanto que outras podem continuar por centenas de metros.

Nessas correntes, o fluxo de água atravessa a zona de arrebentação, atingindo velocidades de até 8 km/h antes de se dispersar em direção ao oceano. As correntes de retorno abrem canais através da antepraia superior e depositam plumas de sedimento na região onde se dispersam. Este processo é responsável pelo transporte de sedimentos finos para a antepraia inferior e plataforma continental interna (BIRD, 1996).

Dessa forma, a morfodinâmica costeira então pode ser definida como o processo de ajustamento mútuo da topografia com a hidrodinâmica envolvida no transporte de sedimentos (Cowell & Thom, 1997).

3.4 Perfil Praial de Equilíbrio (PPE)

Os cientistas e os responsáveis pelo gerenciamento costeiro têm um grande interesse em encontrar um parâmetro simples que descreva o movimento de sedimento incipiente perto da praia. Para tentar suprir essa necessidade foi desenvolvido o conceito de Perfil Praial de Equilíbrio (PPE).

Esse conceito, que foi primeiramente postulado por Dean em 1977, tem sido definido como a forma final que o perfil praial adota sob condições de ondas constantes e um dado tamanho de grão (LARSON, apud BERNABEU et. al., 2003).

No processo de interação entre as ondas e o leito granular, o perfil do declive praial tende a tomar uma forma fixa correspondente ao clima de ondas. Um

período suficientemente longo de ação das ondas resulta no estabelecimento de um perfil de equilíbrio, o qual permanece praticamente imutável até que o regime de ondas comece a mudar. A forma do perfil de equilíbrio é uma função dos parâmetros de onda e das características físicas dos grãos do sedimento (LEONT'EV, 1985).

De acordo com Larson et. al., (1999), a validação deste conceito tem sido verificada através de uma grande quantidade de experimentos laboratoriais da mudança do perfil praial (por exemplo, WATERS, 1939; RECTOR, 1954; SAVILLE, 1957; SWART, 1976; KAJIMA et. al., 1982; KRAUS & SMITH, 1994; PETERS et. al., 1996).

Contudo, numa praia natural as forças modificadoras nunca são constantes e mudanças na topografia da praial ocorrem freqüentemente. Apesar disso, o perfil de praia no campo exibe uma forma côncava marcadamente persistente (BRUNN, 1954; DEAN, 1977), onde as mudanças são tidas como perturbações na configuração do perfil principal. Tais mudanças na forma do perfil praial podem ser consideradas como ajustes do perfil mudando de um estado de equilíbrio para outro (por exemplo, em tempestades).

Segundo Bird (1996) o objetivo do processo de engordamento de praias é estabelecer um perfil de equilíbrio relativamente estável, assim como o proposto pelo conceito de PPE. Nota-se que praias que mostram perfis mais côncavos são mais estáveis do que aquelas com perfis mais retos, convexos ou irregulares, e uma vez que o perfil côncavo é atingido as praias se tornam relativamente (mas não absolutamente) estáveis. O gradiente de concavidade dos perfis varia de acordo com o tamanho do sedimento e das condições de onda.

Com essa visão, o conceito de equilíbrio é válido não apenas pelas condições médias em longos períodos das forças modificadoras como também pela variação dessas forças em diferentes escalas de tempo.

As aplicações práticas deste modelo simples vão desde o auxílio no gerenciamento costeiro local até em ações de engenharia, como a identificação de qual parâmetro de onda irá resultar em erosão praial devido ao diâmetro do

sedimento nativo. O modelo pode ser utilizado também para avaliar se uma fonte particular de sedimento pode ser utilizada em um projeto de alimentação artificial (engordamento) de praia submetida a um conhecido clima de ondas (ALLEN, 1985).

Além disso, o conceito do PPE é de central importância para o gerenciamento costeiro porque fornece uma base para avaliar uma forma característica para uma praia em situações de análise. Uma praia com um tamanho de grão específico, se exposta à condição de forças geradoras constantes (ondas monofásicas ou com propriedades constantes) normalmente irá desenvolver uma forma de perfil que não mostra transporte líquido durante o tempo, apesar do movimento dos sedimentos (LARSON et. al., 1999).

3.4.1 Dean (1977)

Segundo Dean (1977), as praias sofrem a ação e são os produtos de um complexo sistema de forças e processos, incluindo o suprimento de sedimentos e a hidrodinâmica. Se o sistema de forças puder se manter constante, parece ser razoável, que o sistema praiial tende a um equilíbrio tridimensional.

A equação postulada por Dean (1977) é bastante simples e expressa a profundidade de um ponto à uma distância horizontal do início do perfil proposto, a partir de um parâmetro que depende do diâmetro médio do sedimento. Além disso, o modelo proposto sugere uma declividade média para representar todo o perfil praiial (Figura 3.2).

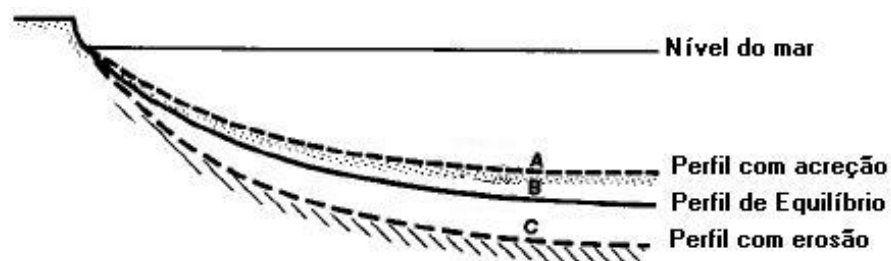


Figura 3.2 – Representação do perfil submerso proposto por Dean (1977)

Fonte: DEAN et al., 1992 (adaptado).

Como ficará evidente esse modelo não leva em consideração, explicitamente, os complexos fluxos da hidrodinâmica da zona costeira.

A principal objeção desse modelo é a incapacidade de refletir as feições morfológicas de segunda ordem, como barras ou degraus. Esse grau de detalhamento, que não será atingido no presente trabalho, só é conseguido através de funções ortogonais empíricas (*Empirical Orthogonal Functions – EOF*).

Dean et. al. (1992) apresentam uma série de possíveis diferenças encontradas entre os perfis reais e os calculados e as maneiras destas serem interpretadas:

(1) Perfil com excesso ou déficit de sedimento: é o caso mais simples. Se apenas o transporte transversal for considerado, pode-se interpretar que, dado tempo suficiente, o excesso de sedimento é “recolocado” na praia e o inverso ocorre quando há déficit;

(2) Perfil com declividade elevada em direção ao oceano: as interpretações dessa configuração (Figura 3.3) podem ser ambíguas. Uma possibilidade considera a mudança para um declive maior como a transição da região “ativa” para “inativa”, correspondente a profundidade de equilíbrio. A segunda interpretação é que o sedimento que forma aquela porção do perfil praiial que está perto do equilíbrio é derivado de um excesso da costa, que pode incluir sedimentos terrígenos ou gradientes no transporte longitudinal. Nas duas interpretações o possível processo dominante é resultado de excesso de sedimento na antepraia superior, que é trabalhado pelo transporte transversal até se aproximar do equilíbrio. Esse caso é similar ao ajuste do perfil após um processo de engordamento da praia.

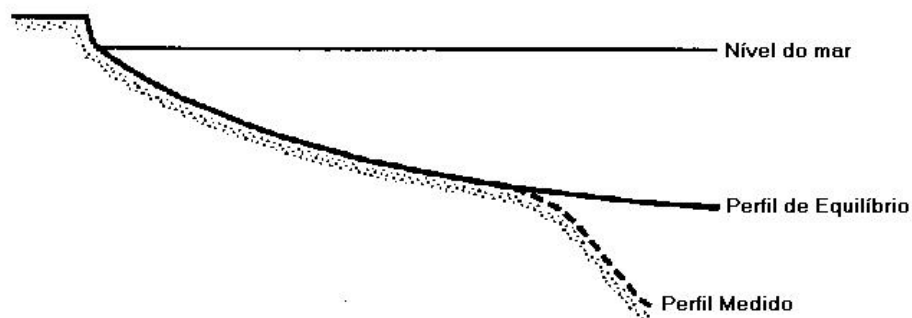


Figura 3.3 – Perfil com alta declividade em direção ao oceano

Fonte: DEAN et al., 1992 (adaptado).

(3) Perfil com declividade suave em direção ao oceano: existem duas interpretações para a situação representada na Figura 3.4. A primeira postula que, se a declividade for relativamente gradual, representará um perfil em construção pelo sedimento proveniente do transporte transversal. Se essa declividade for abrupta, representará um perfil em construção pelo transporte de sedimento de fontes mais profundas. Essa interpretação requer que o sedimento da porção que está sendo construída tenha maior diâmetro que o sedimento do restante do perfil.



Figura 3.4 – Perfil com declividade suave em direção ao oceano

Fonte: DEAN et al., 1992 (adaptado).

Se a profundidades correspondentes, os perfis medido e proposto apresentarem a mesma forma, o perfil está em equilíbrio local, ou seja, as profundidades correspondentes não precisam, necessariamente, estar à mesma distância da costa. Porções internas do perfil (zona rasa) que não estejam em equilíbrio, podem resultar em separação das porções mais externas (zona profunda) dos perfis, mesmo estas estando em equilíbrio (Figura 3.5).

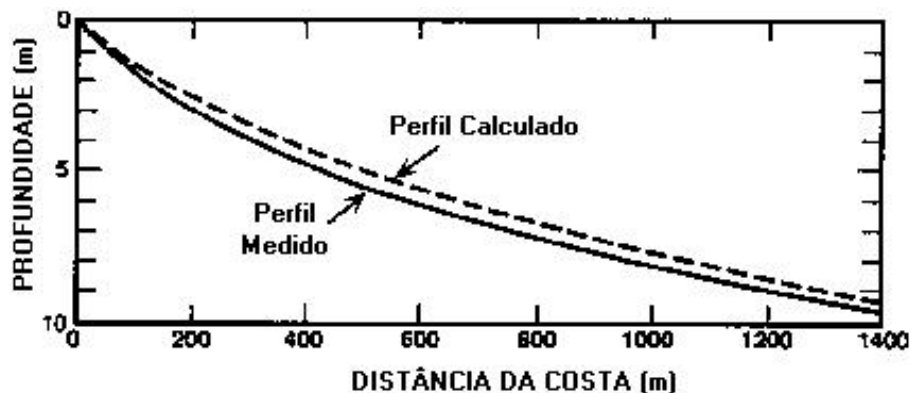


Figura 3.5 – Perfil em equilíbrio apesar da diferença na altura

Fonte: DEAN et al., 1992 (adaptado).

3.4.2 Bernabeu et. al. (2003)

O estabelecimento de um perfil de equilíbrio dividido em duas seções, no qual a zona de surfe pode ser diferenciada da zona de águas rasas é a principal diferença deste modelo para o postulado por Dean (1977).

Essa diferenciação é feita em virtude da possível modificação causada pela reflexão das ondas na morfologia do perfil praiial, existindo, dessa forma, duas equações distintas, uma para cada seção.

Essa separação é conceitualmente justificada por causa da intensa turbulência existente na zona de surfe, deixando significativa tanto a carga de fundo quanto a suspensão, enquanto espera-se que o transporte de fundo seja dominante em águas mais profundas e menos turbulentas. (LARSON et. al., 1999).

Segundo Bernabeu et. al., (2003), trabalhos anteriores verificaram que o PPE dividido em duas seções, com a zona de arrebentação como ponto de referência, tem provido mais precisamente o perfil de praia do que os modelos de curva única. A introdução do processo de reflexão das ondas melhora claramente a descrição morfológica de cada seção.

O modelo proposto não representa apenas a declividade média como os demais, mas também é capaz de estimar a concavidade de cada seção. É importante salientar as implicações econômicas dessa definição mais precisa para a predição da morfologia do perfil num projeto de alimentação artificial de praia, especialmente em relação ao volume de areia requerido (BERNABEU et. al., 2003).

O principal problema desse modelo é comum à maioria dos modelos de PPE: a não representação de feições morfológicas de segunda ordem. No caso da aplicação deste modelo em praias dissipativas duas alterações são notadas: as equações desse modelo se reduzem às mesmas postuladas por Dean (1977); e o ponto de descontinuidade fica bastante evidente, em razão da declividade mais aguda desse estado.

A Figura 3.6 ilustra as regiões do PPE proposto. O perfil de surfe (seção anterior) é definido desde a linha de baixa-mar até a zona de arrebentação. Já

o perfil de águas rasas (seção posterior) é definido desde a zona de arrebentação até a profundidade de fechamento do perfil. A interseção dessas duas seções é chamada de ponto de descontinuidade.

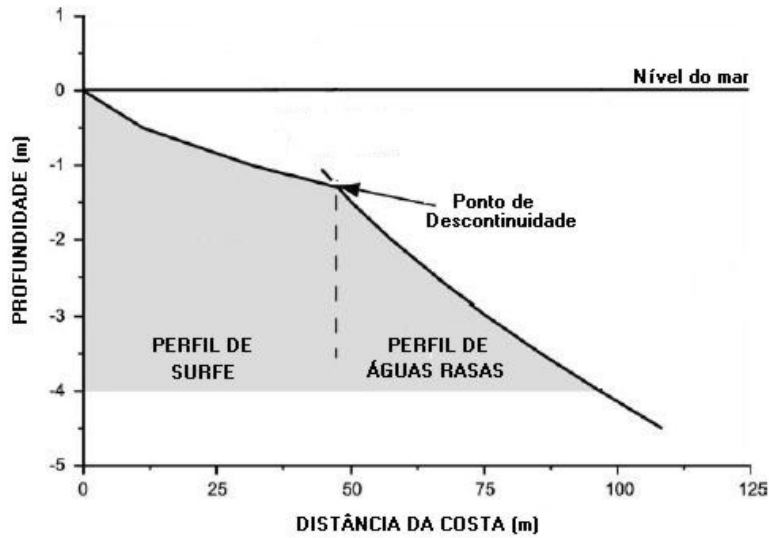


Figura 3.6 – Representação do perfil submerso proposto por Bernabeu et. al. (2003). O perfil de surfe está entre a linha de baixa-mar e a zona de arrebentação e o perfil de águas rasas é definido desde a zona de arrebentação até a profundidade de fechamento do perfil.

Fonte: BENABEU et al., 2003 (adaptado).

As diferenças entre os perfis reais de campo e os obtidos através das equações devem ser interpretadas levando em conta os diversos elementos dos processos costeiros. Algumas diferenças podem ter como causa os gradientes de distribuição dos sedimentos devidos ao transporte longitudinal.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1 Considerações metodológicas

No presente trabalho serão aplicados dois modelos de PPE, para verificar aquele que mais se adequa à condição da praia de Meaípe. São eles: Dean (1977) e Bernabeu et. al. (2003).

4.1.1 Modelo de Dean (1977)

As equações propostas por Dean (1977) para a determinação do PPE são as seguintes:

$$h = A * y^{2/3} \quad \text{Equação (4.1)}$$

onde, h é a profundidade (m), y é a distância horizontal do início do perfil e A é um parâmetro dependente do diâmetro médio dos grãos.

No caso do sedimento ao longo da zona de surfe ser de diâmetro uniforme, teremos o mesmo valor do parâmetro A para todos os pontos. Esse valor é obtido através da Figura 4.1.

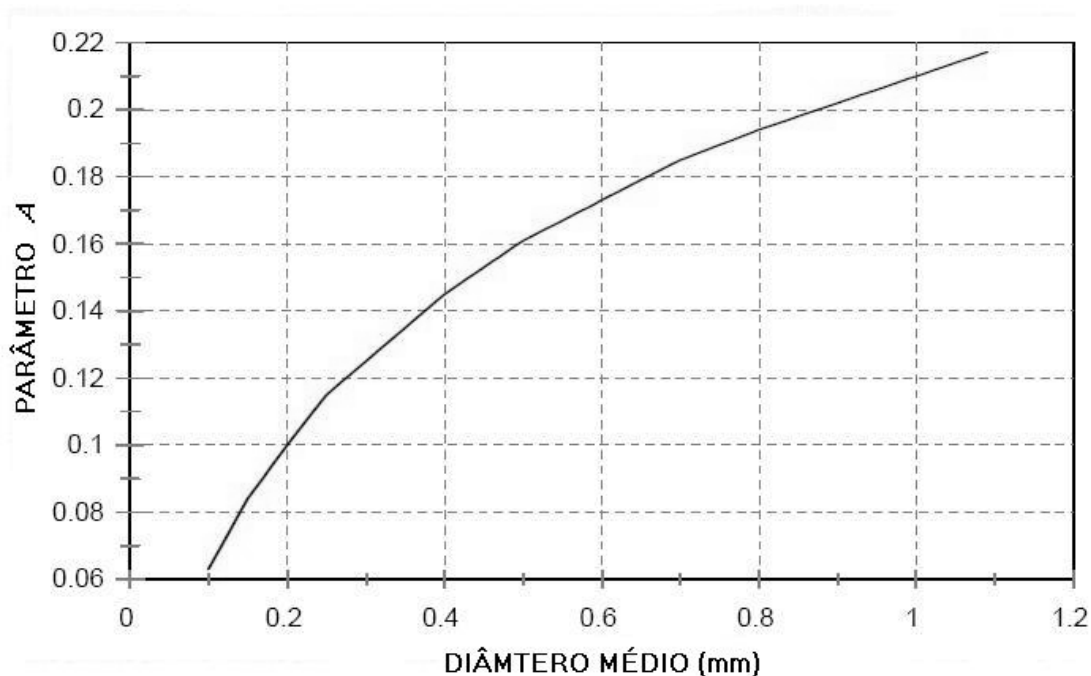


Figura 4.1 – Variação do parâmetro A em relação ao diâmetro médio do sedimento

Fonte: DEAN, 1991 (adaptado).

No caso do diâmetro do sedimento variar ao longo da zona de surfe e, conseqüentemente termos um valor de A não uniforme, utiliza-se a equação abaixo para se obter um valor médio do referido parâmetro:

$$\bar{A} = A_n + \left(\frac{A_{n+1} - A_n}{y_{n+1} - y_n} \right) \times \left(\frac{y_{i+1} + y_1}{2} - y_n \right) \quad \text{Equação (4.2)}$$

onde, A_n é o valor do parâmetro A obtido na curva para um ponto “n”, A_{n+1} o valor do parâmetro A para o ponto imediatamente posterior, y_1 a distância da costa do ponto “n”, y_{i+1} é a distância da costa para o ponto imediatamente posterior ao ponto “n”. O autor recomenda que $y_{n+1} - y_n$ seja tomado como 1 m.

4.1.2 Modelo de Bernabeu (1977)

A equação postulada por Bernabeu et. al., (2003) para representar o perfil na região de surfe é a seguinte:

$$y = \left(\frac{h}{A} \right)^{3/2} + \frac{B}{A^{3/2}} h^3 \quad \text{Equação (4.3)}$$

onde, y é a distância horizontal do perfil, h é a profundidade, A e B são coeficientes de ajuste.

Já para a representação do perfil na zona de águas rasas, Bernabeu et. al., postulou o seguinte:

$$Y = y - y_0 = \left(\frac{h}{C} \right)^{3/2} + \frac{D}{C^{3/2}} h^3 \quad \text{Equação (4.4)}$$

onde, y_0 é a distância entre o início do perfil de surfe e a origem virtual do perfil de águas rasas, C e D são coeficientes de ajuste.

Os coeficientes de ajustes citados nas Equações 4.3 e 4.4 são obtidos através das seguintes equações:

$$A = 0,13 - 0,01\Omega_{sf} \quad \text{Equação (4.5)}$$

$$B = 0,005 + 0,26 \exp^{(-0,75\Omega_{sf})} \quad \text{Equação (4.6)}$$

$$C = 0,11 + 0,025\Omega_{sf} \quad \text{Equação (4.7)}$$

$$D = 0,0006 + 0,1 \exp^{(-0,73\Omega_{sf})} \quad \text{Equação (4.8)}$$

onde, Ω_{sf} corresponde a velocidade de decantação na zona entremarés. Esta, por sua vez, pode ser definida pela seguinte equação:

$$\Omega_{sf} = H/wT \quad \text{Equação (4.9)}$$

onde, H é a altura de onda, w é a velocidade de decantação do sedimento e T é o período da onda. Pode-se também obter o valor da velocidade de decantação através da Figura 4.2.

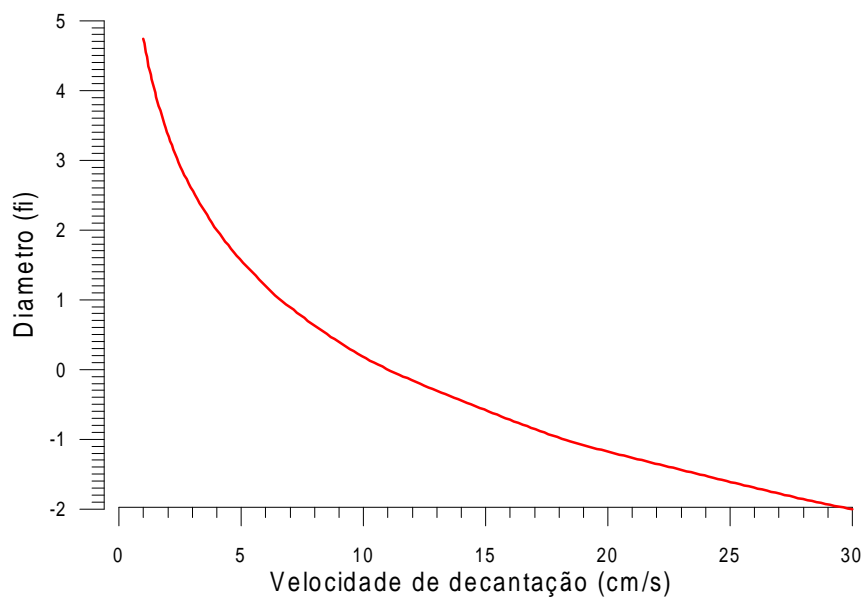


Figura 4.2 – Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio (fi).

Fonte: Gráfico elaborado por Dieter Muehe e disponibilizado para o presente trabalho.

Dessa forma, as etapas de obtenção de dados em campo e de análises sedimentológicas se procederam de forma a obter os dados e parâmetros necessários à determinação dos PPE como o levantamento topográfico da zona emersa, a batimetria da zona submersa e altura de onda e a determinação do diâmetro médio.

4.2 Procedimentos Iniciais

Para a determinação da localização dos perfis na praia de Meaípe foram realizados os levantamentos cartográficos, tendo como base as cartas topográfica e náutica da região. Foram escolhidos três pontos ao longo do arco praial, os quais, segundo Santos (2003), apresentam diferenças na morfodinâmica, nos graus de erosão e exposição às ondas e na localização quanto ao transporte realizado pela corrente longitudinal.

O campo foi realizado no dia 07/12/2003. A amostragem se dividiu em duas regiões: zona emersa e zona submersa. A Figura 4.3 ilustra as Estações (perfis transversais) sendo representadas por algarismos arábicos e as estações amostrais sendo representadas por letras, onde A corresponde a 50, B a 250, C a 500, D a 750, E a 1000, F a 1500 e G a 2000 metros de distância da costa.

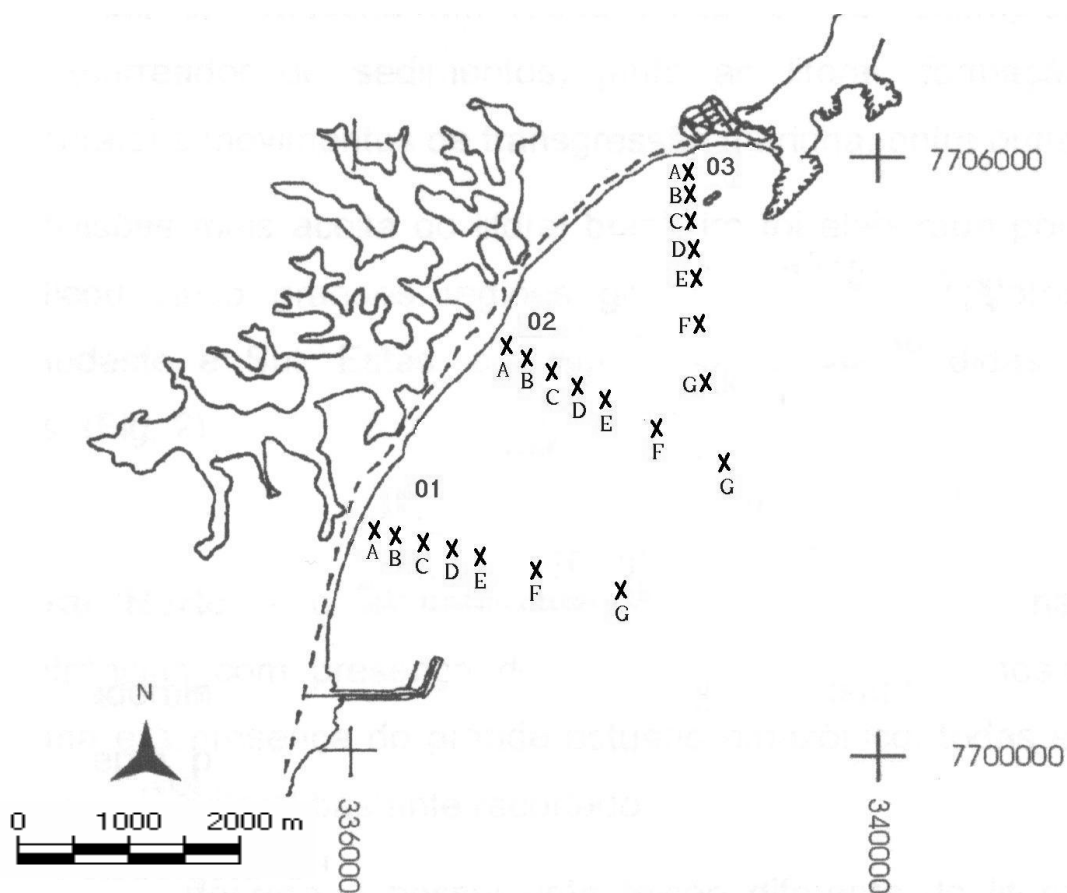


Figura 4.3 – Estações e pontos amostrais (onde 01, 02, 03 são os perfis transversais e A ...G são as estações amostrais submersas)

4.3 Obtenção dos dados em campo

4.3.1 Topografia, Batimetria e Ondas

Para a realização do levantamento topográfico dos perfis da praia foi utilizado o método de perfilagem aérea por nível de precisão e mira (MARONE et al, 2001 submetido). O prisma praial emerso foi monitorado pelo método tradicional usando um nível de precisão e trena, sendo que os níveis são amarrados a referenciais fixos (um poste, por exemplo).

A zona submersa foi monitorada a partir de 07 (sete) pontos previamente obtidos a partir da carta topográfica e marcados em equipamentos de GPS. As profundidades foram tomadas a partir de um profundímetro, com mergulhador autônomo.

A altura da onda foi obtida através da colocação da baliza de Emery no ponto de máximo recuo, realizando a leitura alinhando-se a crista da onda com a linha do horizonte.

Para a confecção dos PPE foi necessária a obtenção das alturas e distâncias horizontais dos pontos escolhidos dentro da estação. Esses dados de altura foram registrados em uma ficha apropriada (ANEXO A), bem como o horário do término do levantamento. Essa última informação é importante para a realização da correção da altura da maré.

A partir dos dados topográficos foram gerados os perfis, que foram plotados com o auxílio de um software gráfico. Os resultados obtidos através dos dados de campo nos três perfis transversais foram comparados com os valores obtidos por meio das equações matemáticas, buscando as diferenças e peculiaridades para um melhor entendimento da dinâmica atuante no local. Pelo fato de haver dificuldade na interpretação dos gráficos com extensão máxima, foram plotados gráficos com extensões menores (até a profundidade de fechamento do perfil) para facilitar suas interpretações.

Para a determinação da profundidade de fechamento, que é a profundidade na qual a mobilização sedimentar se traduz em variações significativas da

topografia de fundo, foi utilizada a equação empírica proposta por Hallermeier (1981):

$$d_{l,1} = 2\overline{H}_s + 11\sigma \quad \text{Equação (4.10)}$$

onde, $d_{l,1}$ é a profundidade de fechamento, \overline{H}_s é a altura média significativa das ondas e σ é o desvio padrão das ondas significativas. Os valores adotados para altura significativa média das ondas e desvio padrão foram 1,25m e 0,40m, respectivamente.

A título de comparação foram utilizados dados obtidos por uma campanha do Projeto Milênio na mesma praia no mês de fevereiro de 2004.

4.3.2 Coleta de Sedimentos

A coleta de sedimento foi realizada no perfil emerso da praia através de raspagem superficial, ao longo do perfil topográfico, em três regiões distintas: uma no berma e duas na face praiial (uma zona de espraiamento e outra no máximo recuo da onda).

No caso da zona submersa, os sedimentos foram coletados através de mergulho autônomo em cada ponto previamente marcado em GPS.

Todas as amostras coletadas foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos e devidamente identificadas para posterior análise laboratorial.

4.4 Análises Sedimentológicas

4.4.1 Granulometria

Todas as amostras obtidas no campo foram submetidas aos processos de lavagem, secagem, quarteamento e peneiramento, ou seja, aos processos nos quais consistem na análise granulométrica, descritos em Muehe (1994).

O objetivo do processo de lavagem é a eliminação dos sais solúveis da amostra, porque estes favorecem a floculação. O processo de secagem é realizado à uma temperatura média de 80 °C, em estufa. A etapa seguinte, o quarteamento, é realizada para a obtenção de alíquota menor, porém significativa, da amostra. No caso do peneiramento, por se tratarem de

amostras de diâmetros diferentes, foram realizados dois processos: peneiramento à seco, no caso das amostras mais grossas e pipetagem, para as amostras de menor diâmetro.

No peneiramento à seco foi adotada a escala de tamanho proposta por Wentworth (1922), pelo fato de desta representar maior simplicidade geométrica entre os intervalos de classe. Também foi utilizado conceito “Fi” (Φ), introduzido por Krumbein (1934) que corresponde ao logaritmo negativo de base 2 (dois) do valor da granulometria expressa em milímetros.

A vantagem na adoção da escala Fi fica evidenciada não apenas na facilidade dos cálculos dos parâmetros estatísticos, mas, também, nos valores dos limites das classes texturais estabelecidas por Wentworth (1922), onde a progressão geométrica de razão 2 dos intervalos, expressos em milímetros, é substituída por uma progressão aritmética de razão 1 para os intervalos expressos na escala Fi (Quadro 4.1).

No processo de peneiramento foram utilizados 50g de sedimento e as peneiras apresentavam 0,5 Fi de diferença no diâmetro.

CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA	Fi (Φ)	MILÍMETRO (mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 8	0,0625 a 0,0039
Argila	> 8	< 0,0039

QUADRO 4.1 – CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA VALORES EM FI E EM MILÍMETRO

O processo de peneiramento via úmida, ou pipetagem, foi utilizado para quantificar e classificar a fração fina (abaixo de 4 Fi ou 0,0625 mm) das amostras. Esta técnica baseia-se na lei de Stokes que relaciona a velocidade de decantação de partículas de pequeno tamanho em suspensão em um fluido, com o diâmetro da mesma.

A determinação da velocidade de decantação é interessante tanto pela rapidez com que se pode realizar a análise, quanto pelo fato de o resultado refletir diferenças na densidade e geometria dos grãos, oferecendo, assim, representação mais correta em termos de seu comportamento hidrodinâmico, sendo, por esta razão, adotada em estudos de transporte de sedimentos litorâneos e morfodinâmica costeira.

A pipetagem consiste na lavagem de 50g da amostra com 1L de água destilada, sobre uma proveta de capacidade de 1 L. Para eliminar a possível interferência por floculação são realizados dois procedimentos: a queima da fração de matéria orgânica com Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), realizada antes da lavagem, e a adição de um desfloculante (hexametáfosfato de sódio) para evitar a floculação de natureza inorgânica.

Antes de se iniciar as coletas, que tem tempo e profundidade pré-determinados em função da temperatura (Quadro 4.2), se faz necessária uma agitação por 1 (um) minuto, para que a amostra fique homogeneizada.

Φ DOS GRÃOS		PROFUNDIDADE DE COLETA (cm)	CRONOMETRIA DE PIPETAGEM PARA			
Fi	mm		16° C	20° C	24° C	28° C
4	0,062	20	20s	20s	20s	20s
5	0,031	10	2m 09s	1m 57s	1m 46s	1m 37s
6	0,0156	10	8m 29s	7m 40s	6m 58s	6m 22s
7	0,0078	10	34m	31m	28m	25m
8	0,0039	10	2h 15m	2h 03m	1h 51m	1h 42m
9	0,0020	5	4h 18m	3h 53m	3h 32m	3h 14m
10	0,00098	7	25h 05m	22h 41m	20h 37m	18h 50m

QUADRO 4.2 – CRONOMETRIA E PROFUNDIDADE DE COLETA

Os resultados foram interpretados através de parâmetros estatísticos, segundo Folk e Ward (1957), para a obtenção, principalmente, do diâmetro médio, porque este parâmetro é utilizado na determinação dos PPE.

4.4.2 Cálculos dos parâmetros estatísticos e texturais

O método mais empregado de cálculo dos parâmetros estatísticos de uma distribuição granulométrica é o que foi descrito por Folk & Ward (1957). Neste método, os tamanhos dos grãos são expressos em F_i . O percentual acumulado do peso do material retido em cada peneira é plotado em gráfico, cujo eixo das

ordenadas (percentagem) é em escala de probabilidade aritmética e o eixo das abscissas (tamanho granulométrico em Φ), em escala aritmética. Nesse tipo de gráfico, uma distribuição normal é representada por uma reta.

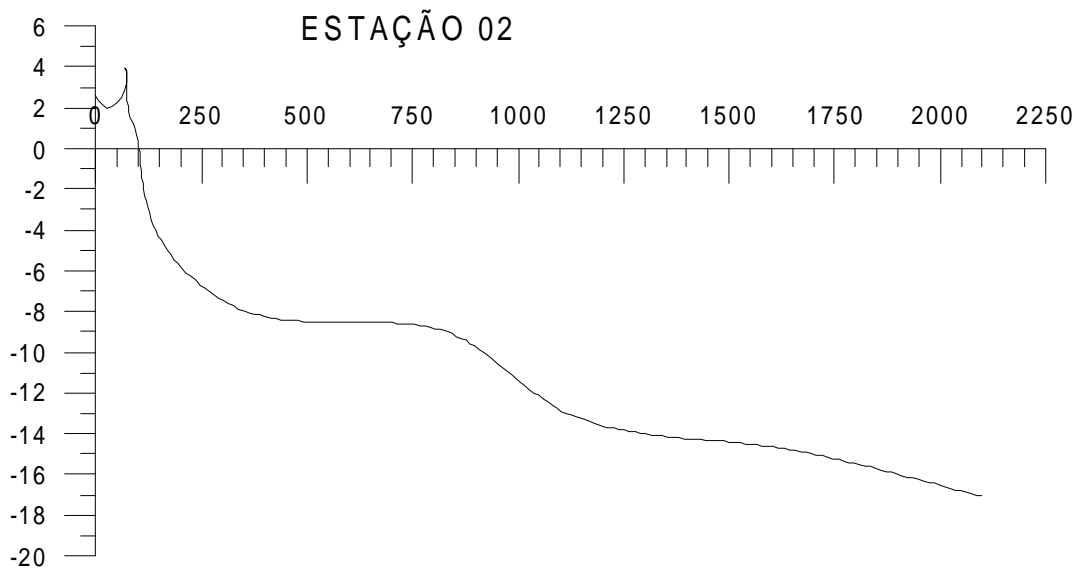
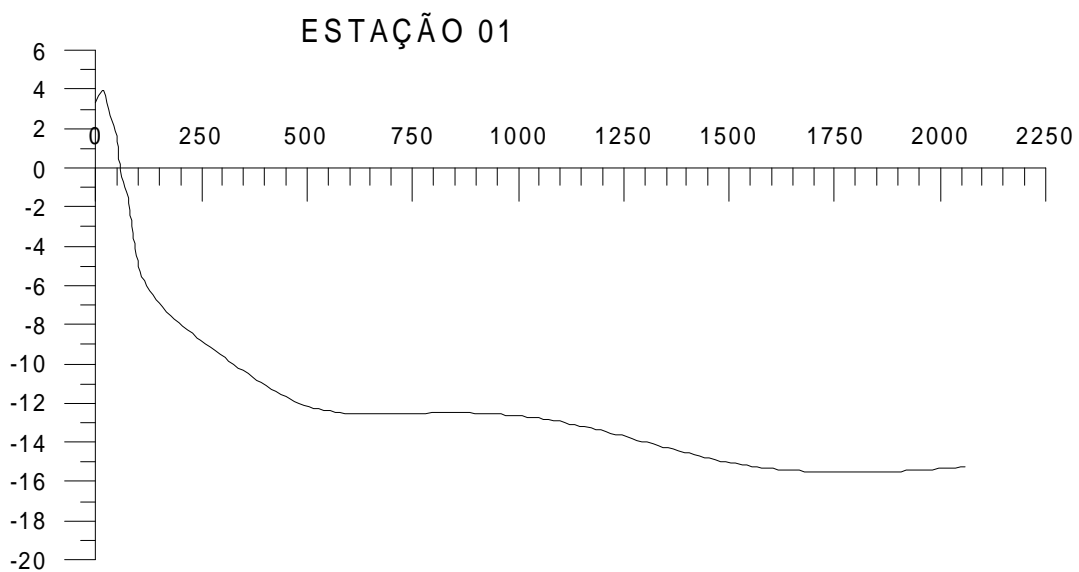
A grande vantagem reside no fato do eixo das abscissas ser em escala aritmética, em vez de logarítmica, o que permite uma correta interpolação. Após a plotagem da curva acumulada são determinados os valores em unidade Φ correspondentes aos percentis de 5; 16; 25; 50; 75; 84 e 95 que, por sua vez, são utilizados no cálculo dos parâmetros estatísticos de distribuição granulométrica, ou seja, a mediana, o diâmetro médio, o desvio padrão, a assimetria e a curtose.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas com os resultados encontrados em todas as etapas descritas acima estão demonstradas nos ANEXOS B, C, D, e E.

5.1 Morfologia dos perfis e ondas

Na Figura 5.1 são apresentados os perfis submersos das três estações e na Figura 5.2 tem-se a comparação entre os perfis aéreos das três estações, para os meses de dezembro de 2003 e fevereiro de 2004.



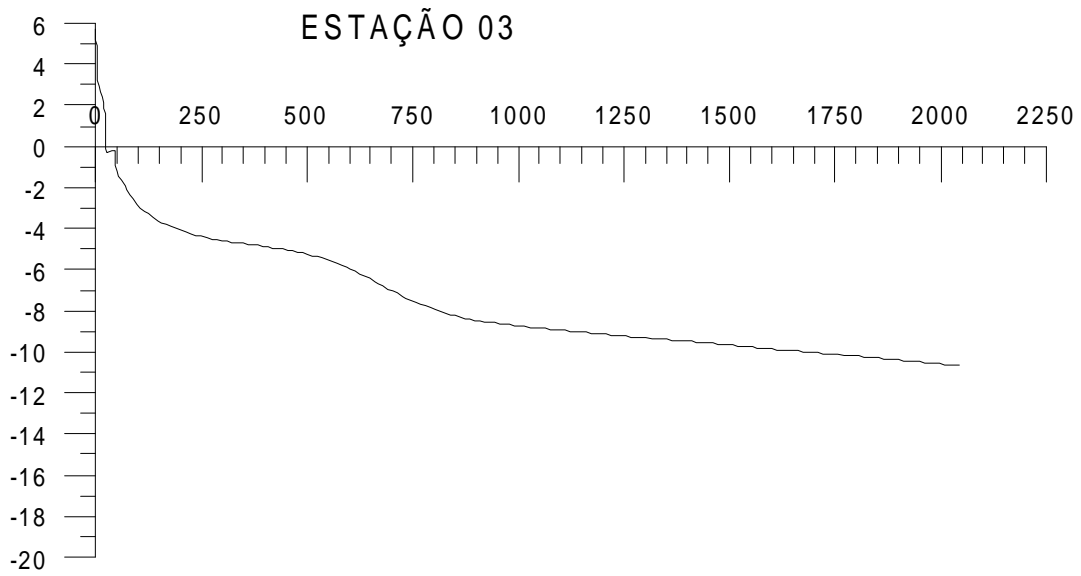
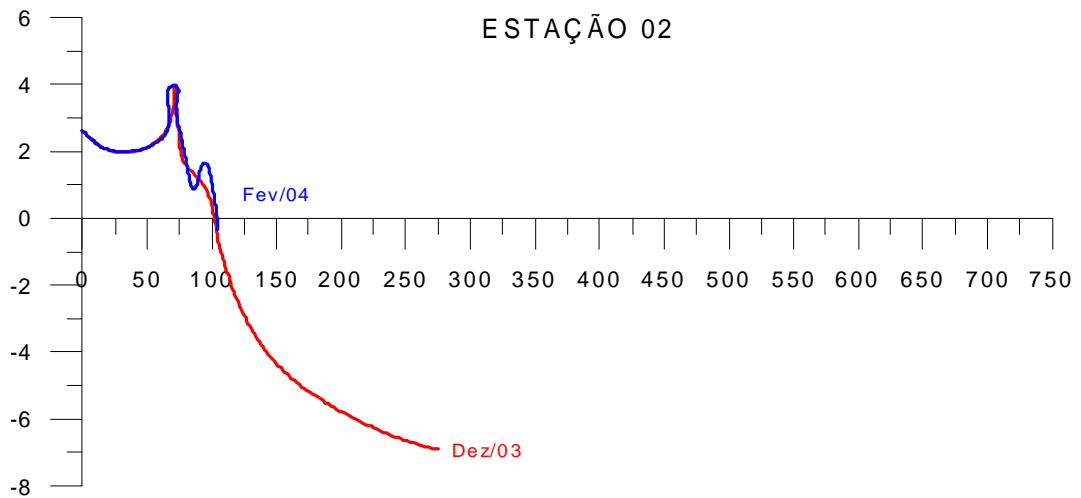


Figura 5.1 – Perfis transversais da Praia de Meaipe



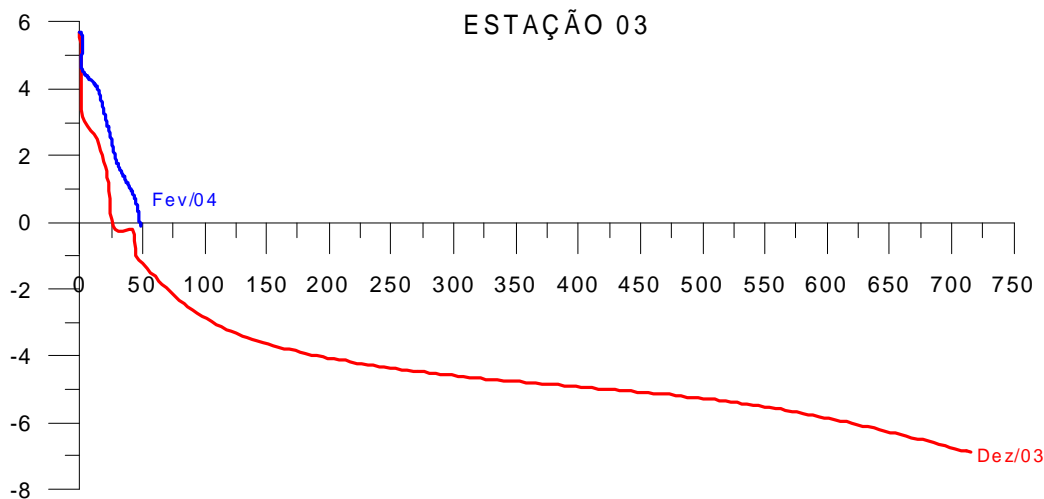


Figura 5.2 – Comparação entre os perfis de dezembro de 2003 e fevereiro de 2004. O limite inferior do perfil de dezembro é a profundidade de fechamento de 6,90 m obtida pela aplicação da equação de Hallermeier 1981, cujo valor médio para onda significativa de 1,25 m

Os perfis apresentam diferenças morfológicas e dinâmicas distintas, possivelmente devido à posição geográfica e ao grau de exposição às ondas incidentes das três estações (Figura 4.3).

Através da avaliação da Figura 5.1 observa-se que todos os perfis apresentam alta declividade na antepraia e a presença de barras submersas. A alta declividade da antepraia é confirmada pelo tipo e altura das ondas. As ondas apresentaram arrebenção do tipo ascendente.

A altura estimada no campo indicou para Estação 01 ondas maiores que 1,50 m (limite de altura da baliza), para a Estação 02, com ondas de aproximadamente 1,50 m e para Estação 03 com ondas menores que 0,30 m de altura. A pouca precisão dos valores das alturas deve-se limitação do método de obtenção para ondas mais altas que 1,50 m e mais baixas que 0,40 m e sob condições de alta energia.

O perfil da Estação 01 apresenta altura de 3,364 m e comprimento da porção emersa em 66,50 m. Em Dezembro de 2003 o levantamento foi estendido até 2059,00 m, cuja profundidade foi de 15,24 m (Figura 5.1).

Este perfil está localizado num local com alto grau de exposição às ondas provenientes de NE e SW, e foi o que apresentou maior declividade e a barra da antepraia a 600 metros da costa e aproximadamente 12 metros de profundidade, ou seja, abaixo da profundidade de fechamento estimada de 6,90 m, adotando-se a Hs de 1,25 m.

Contudo a onda na arrebentação apresentou-se superior a 1,50 m, no levantamento realizado, o que pode indicar que o perfil de fechamento encontra-se em maior profundidade, como é sugerido pela presença da barra.

A grande extensão do perfil da praia sugere maior tempo despendido no transporte sedimentar entre a porção emersa e submersa (vice-versa), sendo responsável pela lentidão dos processos morfológicos. Esta situação pode acarretar grandes variações morfológicas como as observadas quando se comparam os perfis de dezembro de 2003 e de fevereiro de 2004.

O perfil da Estação 02 apresenta altura de 2,625 m e comprimento da porção emersa de 103,36 m. O levantamento de dezembro de 2003 estendeu-se até os 2098,00 m, cuja profundidade obtida foi de 17,07 m (Figura 5.1). O perfil da Estação 02 apresenta menor declividade em relação ao da Estação 01 e esta morfologia é confirmada pelas ondas ascendentes com aproximadamente 1,50m.

Nota-se, através dos perfis superpostos que este sofreu mudanças mais sutis durante o período de comparação, provavelmente devido à proximidade da barra de antepraia, a 400 metros de distância da linha de costa. A barra está localizada a 8,00 m de profundidade, bem próxima ao valor calculado de 6,90 m.

Rumo a norte, sob ação do sombreamento da ponta rochosa de Meaípe e da ilha próxima a linha de costa (Figura 4.3), o perfil da Estação 03 apresenta a menor declividade dentre os três perfis amostrais. A barra da antepraia encontra próxima da costa, 250 metros da costa, e à 5,00 m de profundidade. A profundidade de fechamento se encontra (6,90 m) a 715 metros da linha de costa.

O perfil desta Estação apresentou alta variação morfológica nos dois momentos amostrados, que está relacionada à alta e complexa dinâmica do local.

O perfil da Estação 03 apresenta altura de 5,702 m e comprimento de 49,31 m. Em dezembro de 2003 o levantamento foi estendido até 2045,00 m, cuja profundidade esteve em 10,67 m (Figura 5.1).

Sob condições de ventos e ondas NE, há a difração tanto no promontório rochoso quanto na ilha, e esta é também responsável pelo processo de sombreamento.

Esses dois fenômenos, difração de ondas e sombreamento, agem diretamente sobre a deposição e o transporte de sedimentos neste setor. Além disso, justificam as menores declividade e altura de onda na arrebentação.

Por outro lado, a exposição às demais direções de onda geram processos complexos de transporte de sedimentos ao longo do perfil com contribuição da difração das correntes e ondas direcionando energia sobre o perfil. Deste modo o perfil apresenta alta mobilidade sazonal que pode ser comprovada na superposição dos perfis.

Parece haver um comportamento de troca de sedimentos entre as Estações 01 e 03, pois quando uma estação sofre em erosão, a outra experimenta um processo de construção. Esse processo pode acontecer devido ao transporte longitudinal atuante na praia, comprovando a afirmação de Albino (1999) de que a corrente longitudinal sofre uma inversão no seu sentido durante eventos de frente fria.

5.2 Granulometria

Os diâmetros médios obtidos em todos os pontos amostrados no perfil estão representados na Figura 5.3.

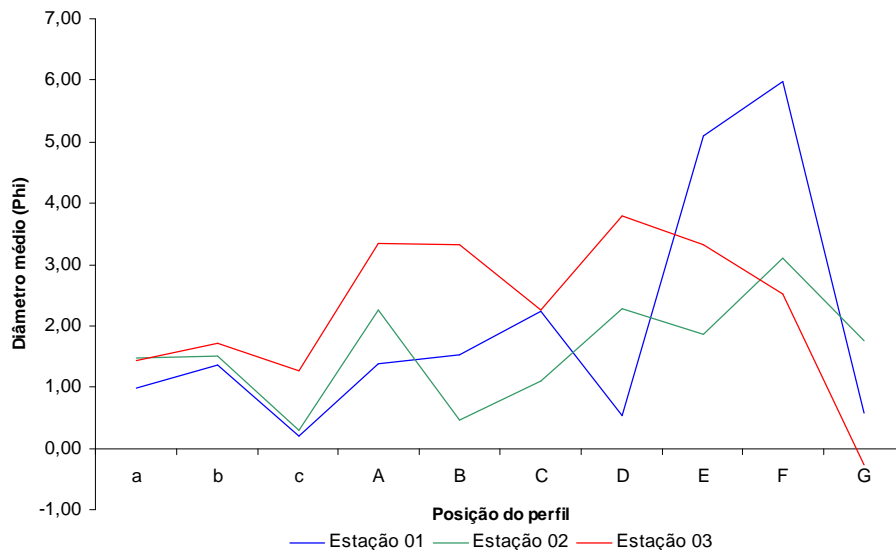


Figura 5.3 – Variação granulométrica ao longo do perfil. Identificação das estações amostrais: a - berma; b - face superior; c - máximo recuo; A...G - pontos submersos.

O perfil emerso da Estação 01 é caracterizado pela ocorrência de areia média, tanto no berma quanto na face praial, e areia grossa no máximo recuo da onda. Ao longo da porção submersa do perfil observa-se a diminuição no tamanho do sedimento, relativamente gradual, com o distanciamento da costa até o engrossamento na última estação.

Apenas na distância de 750 metros da linha de costa, há aumento do diâmetro do sedimento, onde o mesmo chega à classificação de areia grossa (0,540 phi). Essa diferença pode ser causada pela presença de uma laje de rochosa no assoalho da referida estação. O aumento no diâmetro médio na última estação (G) deve-se à contribuição marinha representada por carapaças e conchas de organismos, que são encontradas na fração de areia grossa (0,577 phi). Interessante observar que nas demais estações os sedimentos são essencialmente silicicláticos. Segundo Albino (1999) quando se tem aporte de sedimentos terrígenos e marinhos, o predomínio de terrígenos pode indicar alta energia da região marinha, que atua na aceleração da abrasão dos carbonáticos pelos silicicláticos de maior dureza e resistência.

Na Estação 02, a face praial e o berma são caracterizados por sedimentos classificados como areia média. No máximo recuo é encontrada, essencialmente, areia grossa. Aos 50 metros de distância da costa os

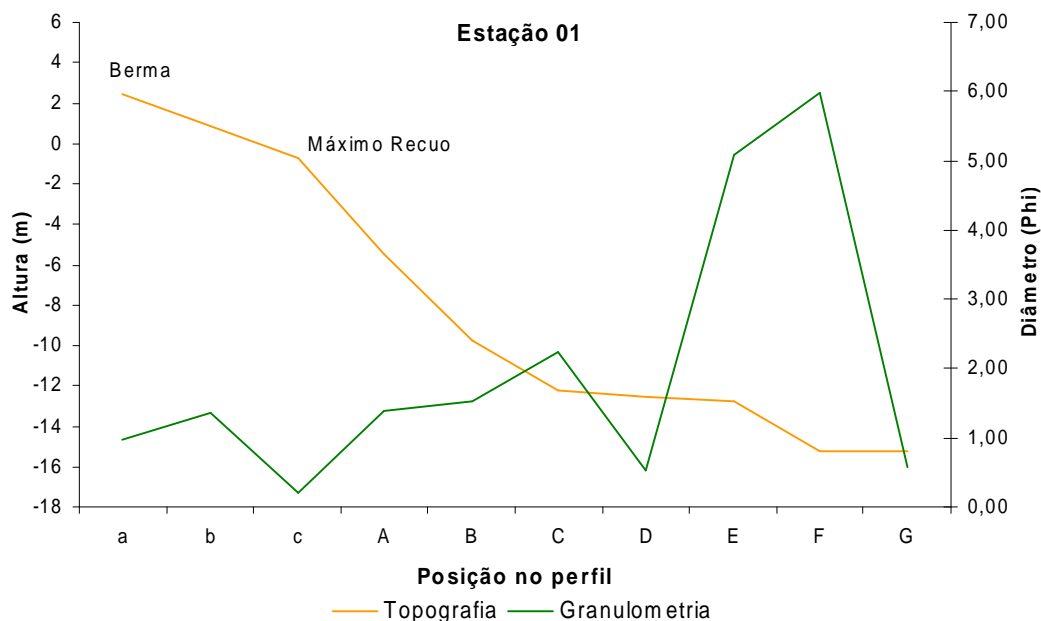
sedimentos sofrem afinamento, chegando à classificação de areia fina. Aos 250 metros de distância, a fração de sedimentos mais grossos (0,473 phi, ou seja, areia grossa) recobre o fundo e, a partir dessa distância há um afinamento gradual dos sedimentos.

Na porção emersa do perfil da Estação 03, o berma, a face praial e máximo recuo são caracterizados por sedimentos de classificação de areia média. A influência do sombreamento na granulometria dos grãos, causada pelos processos resultantes da difração ao longo do promontório e pela ilha, é notada, ou seja, nas estações A, B, C e D, protegidas da ação das ondas e correntes, os valores do diâmetro médio dos sedimentos encontrados são menores do que os encontrados nas estações E, F e G.

Nas estações amostrais E, F e G, há engrossamento dos sedimentos. Essa mudança de granulometria é explicada pela exposição desta porção às ondas e correntes, que são ainda intensificadas pelas alterações das ondas em torno da ilha.

5.3 Interação morfológica e granulométrica

A Figura 5.4 superpõe a distribuição do diâmetro médio das areias sobre a topografia dos perfis transversais.



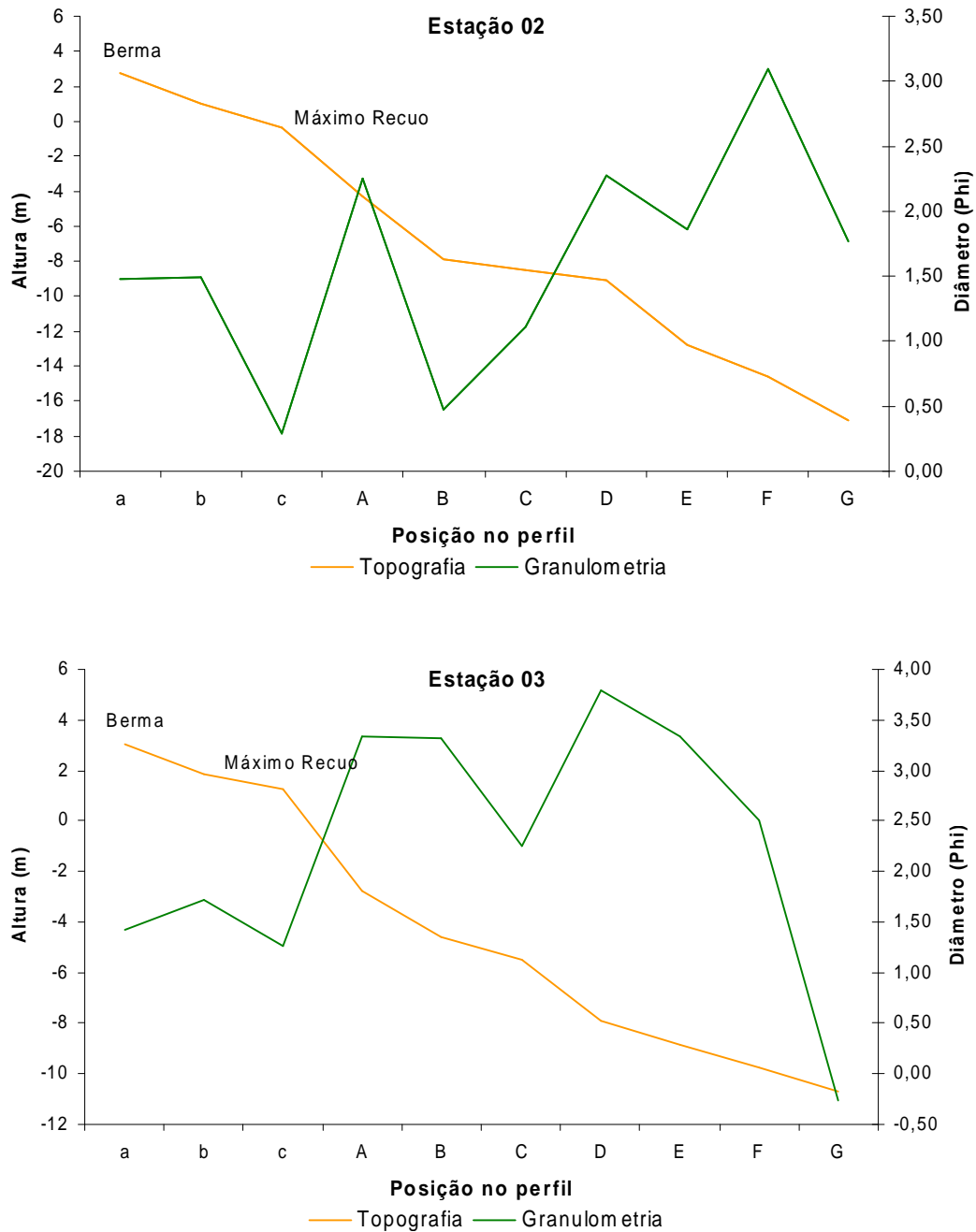


Figura 5.4 – Relação da granulometria com a altura em relação a posição no perfil. Identificação das estações amostrais: a - berma; b - face superior; c – máximo recuo; A...G - pontos submersos

Nota-se que as três estações apresentam comportamento semelhante na parte emersa do perfil, apresentando diminuição do tamanho dos grãos na face superior e aumento da granulometria na zona de máximo recuo da onda.

Este padrão de distribuição granulométrica está condizente com a relação entre alta declividade da face praial e onda tipo ascendente, proposta por vários autores como, por exemplo, Bascom (1951) e Short & Wright (1983) e com a zona de turbulência de fluxo e refluxo das ondas.

No perfil da Estação 01, pode-se notar que o valor da profundidade de fechamento inferido pela presença da barra de sedimento (aproximadamente 8,00 m) é bem próximo àquele determinado pela equação proposta por Hallermeier, (6,90 m). A granulometria da barra é bem semelhante àquela encontrada na porção emersa do perfil. Esse fato pode demonstrar a troca de sedimentos entre a barra e o perfil emerso e assim o limite perfil de fechamento.

No perfil da Estação 02, aos 50 metros da costa pode-se observar a presença de uma barra de granulometria fina provavelmente desenvolvida por ondas mais altas. Quando o clima de ondas retoma as condições menos energéticas, o fundo é alcançado e os sedimentos mais finos são transportados para costa.

No perfil da Estação 03 o engrossamento dos sedimentos na distância da costa de 750 pode indicar a presença de uma possível uma segunda barra sedimentar ou ainda, indicar a intensificação da ação das ondas pela convergência das ortogonais difratadas pela ilha.

Com a entrada na área de maior hidrodinâmica, onde não há mais influência nem do promontório nem da ilha, o engrossamento do sedimento também é percebido.

5.4 Perfil Praial de Equilíbrio (PPE)

5.4.1 PPE das estações amostrais e validação da tendência erosiva

A Figura 5.5 apresenta a comparação entre os perfis obtidos através das equações de Dean (1977) – perfil azul – e Bernabeu (2003) – em vermelho – com o perfil obtido no campo – perfil preto.

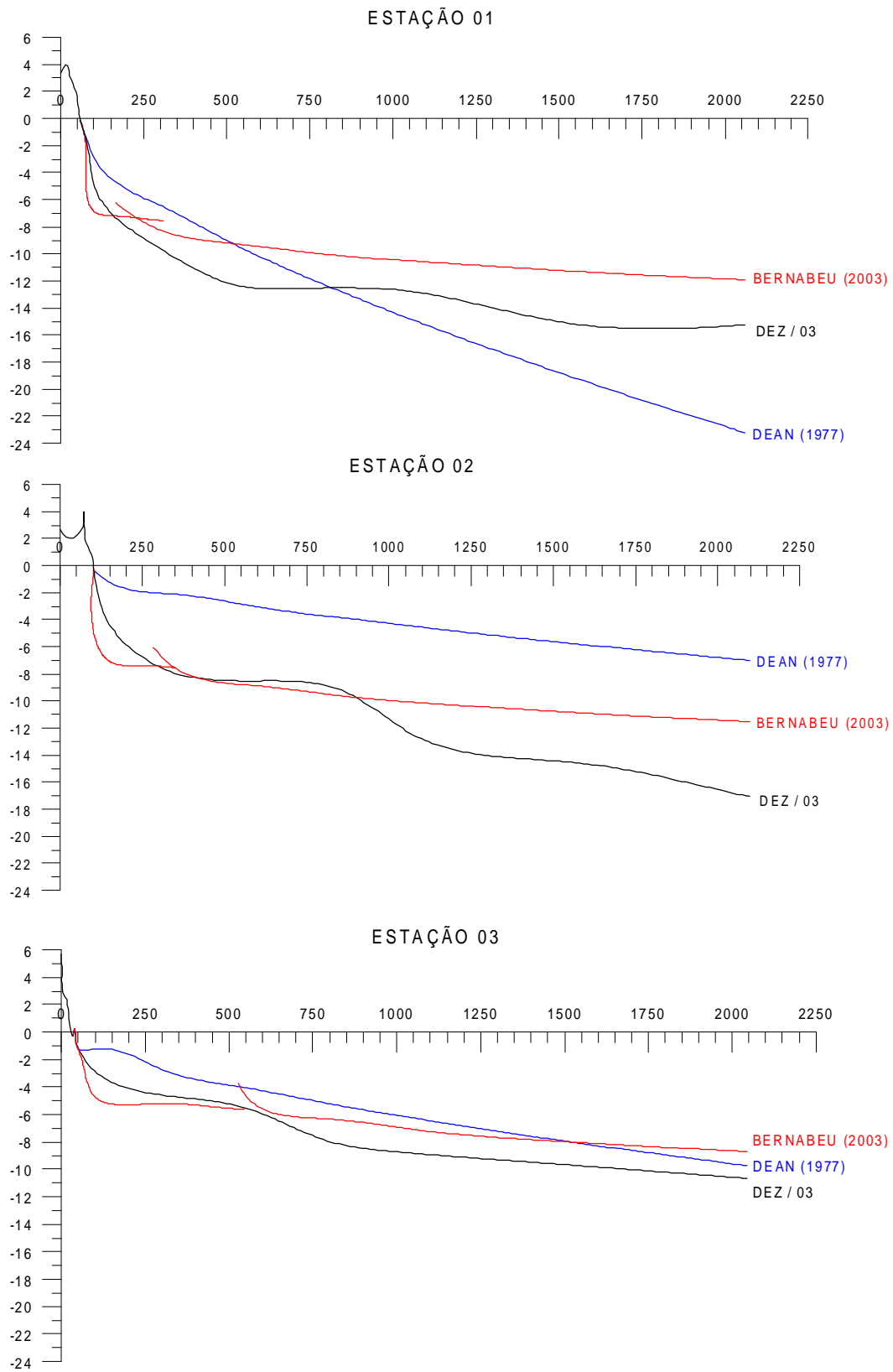


Figura 5.5 – Sobreposição dos perfis calculados e medido para cada Estação.

Na Figura 5.5 observa-se que o modelo proposto por Bernabeu foi o que mais se adequou a realidade constatada pelo levantamento morfológico realizado em campo. Contudo, o modelo de Dean também destacou a tendência erosiva da praia. Fica evidente a incapacidade de representação de barras sedimentares pelos modelos.

Na Estação 01, ambos métodos indicam um perfil em erosão. O método de Bernabeu mostra que a declividade da antepraia superior deveria ser maior do que a medida em campo e que o restante do perfil apresenta erosão. Já o perfil calculado pelo método de Dean mostra uma particularidade: erosão nos primeiros 750 metros a partir da costa e construção nas demais estações amostrais em direção ao oceano. Além disso, o perfil medido em campo tem uma declividade mais suave em direção ao oceano do que é sugerido pelo perfil calculado. Essa feição é característica de uma área do perfil em construção.

A possível explicação para essa construção é a interação de dois processos de construção, a partir de sedimentos provenientes de fontes diferentes, nas estações amostrais E, F e G. Como a granulometria nas estações E e F é menor do que a do restante do perfil, a construção nestes pontos pode-se dever ao transporte longitudinal. Já os sedimentos da estação G devem ter sua origem de fontes mais profundas, já que a granulometria destes é maior do que a do restante do perfil. Soma-se a isto, o fato da área deste perfil transversal estar protegida por estruturas salientes, promontórios e pelo enrocamento do Porto de Ubu, que proporcionam o represamento de sedimentos.

Na Estação 02, o perfil resultante da aplicação do método de Dean mostra alto grau de erosão em todo o perfil medido. O perfil calculado através do método de Bernabeu apresenta três regiões distintas: a primeira região, que vai de 100 a 300 metros da costa, mostra que o perfil medido está em construção em relação ao calculado; na segunda região, que se estende de 300 a 900 metros da costa, é observada uma grande semelhança entre o perfil medido e o calculado, ou seja, que esta área deve estar em equilíbrio; e a terceira região, que vai dos 900 até o fim do perfil medido, é percebida elevada declividade do perfil medido em direção ao oceano.

Essa declividade pode ser ocasionada por excesso de sedimento na porção emersa do perfil, ou pode representar a transição da dinâmica daquela profundidade, de ativa para inativa. Essa última possibilidade deve-se a uma possível mudança no clima das ondas que atingem esta Estação.

Na Estação 03 o perfil calculado pelo método de Dean indica erosão em todo o perfil medido. Apesar disso, essa erosão tende a ser menor no final do perfil, fato possivelmente explicado pela contribuição de sedimentos de origem marinha nessas estações amostrais e pelas particularidades geográficas da região, como sombreamento e armadilha para a retenção de sedimentos representada pela ponta rochosa.

O perfil de Bernabeu mostra, assim como nas Estações 01 e 02, construção nas estações mais próximas da costa. A partir de 800 metros da costa até o final do perfil medido, os perfis calculado por este método e medido apresentam uma forma muito semelhante, indicando um possível equilíbrio local, mesmo estando em profundidades diferentes. Essa diferença nas profundidades pode ser causada pelo desequilíbrio das porções internas do perfil.

5.5 Avaliação da aplicabilidade da determinação dos PPE

5.5.1 Dificuldades na interpretação dos PPE

Existem algumas dificuldades inerentes na determinação e interpretação dos PPE. Na fase de determinação há a dificuldade amostral, pois são necessárias amostragens submarinas e muitas vezes a embarcação é um recurso difícil de se obter. Além disso, quando se utiliza o modelo de Dean numa praia em que a granulometria muda ao longo do perfil transversal é preciso determinar o parâmetro \bar{A} , conforme proposto por Dean et. Al. (1992).

A prática de adoção de um valor diferente para cada ponto amostral dificulta ainda a interpretação dos dados, principalmente em regiões que fatores geográficos atuam nos processos de sedimentação. Portanto, é aconselhável realizar a batimetria do local que se quer estudar. Na maioria das vezes a batimetria é tomada apenas em alguns pontos e restante perfil é interpolado através de um software gráfico (caso do presente trabalho). Esse procedimento

pode esconder algumas feições importantes do perfil, como barras sedimentares e degraus. Por outro lado, um equipamento necessário para realizar a batimetria de todo o perfil, principalmente na zona de arrebentação é de difícil acessibilidade e manuseio.

A Figura 5.6 ilustra diferença de um perfil que utiliza um valor de parâmetro A diferente para cada ponto e um perfil que usa um valor médio.

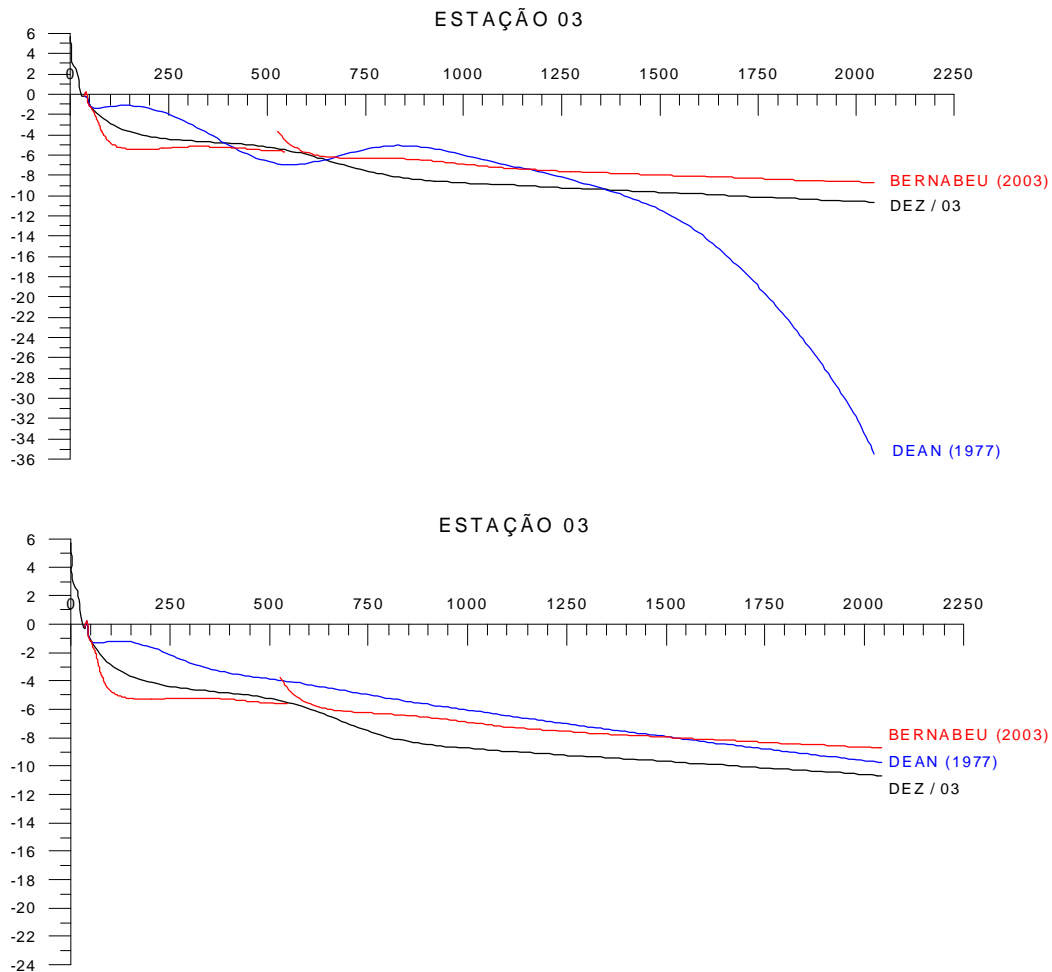


Figura 5.6 – Diferenças no perfil com a utilização de valores de A diferentes.

5.5.2 Aplicabilidade da determinação do PPE na Praia de Meaípe

Tanto o modelo de Dean como de Bernabeu indicaram que a praia de Meaípe apresenta tendência erosiva. Desta forma a aplicação das equações reforçaram as observações que levaram a escolha da área de estudo

Contudo, na análise da superposição dos perfis, observa-se que as diferenças morfológicas entre os perfis estimado e real devem-se provavelmente às particularidades geomorfológicas da área como o arqueamento da praia, a proteção contra ondas de NE e a atuação da ilha nos processos sedimentares costeiros.

O pobre grau de seleção dos sedimentos, que variam entre areia grossa e lama, os recentes aportes sedimentares marinho e terrígeno e os processos seletivos longitudinal e transversalmente a praia provavelmente intensificam as dificuldades da interpretação e/ou adequação dos resultados obtidos. Neste sentido, deve-se analisar o papel desempenhado pelos processos seletivos sobre sedimentos de diferentes composições mineralógicas como encontrado na praia de Meaípe.

Nos perfis estimados não é possível identificar barras e processos morfodinâmicos, o que limita a análise do grau do processo erosivo atuante no perfil.

Ao longo dos três perfis transversais medidos foram observadas barras, que além de constituírem um estoque de sedimentos da praia emersa, são um importante volume a ser considerado na dinâmica da praia. Neste sentido a praia de Meaípe encontra-se ainda em situação confortável, já que, de acordo com Short e Wright (1983), sob condições de ondas mais baixas as barras tendem a migrar rumo ao perfil emerso, aumentando a refletividade da antepraia.

De maneira geral, sem desmerecer a aplicação das equações, o levantamento dos perfis praias até a cota da profundidade de fechamento (determinada de forma simples pela aplicação da equação de Hallermeier) e/ou o monitoramento de perfis de praia, sem a aplicação das equações para a determinação dos PPE, nos conduziria às mesmas interpretações obtidas.

O alcance de resultados similares através de métodos e/ou interpretações distintas demonstra que os métodos não só podem, mas como devem interagir entre si. A aplicabilidade dos mesmos deve-se a adequação do problema, pois

existem situações onde um método clássico pode ser mais adequado que aquele que é suportado pelos avanços científicos e tecnológicos, cabendo aos analistas se cercarem do maior conhecimento possível para saber distinguir.

6. CONCLUSÃO

A partir das análises e interpretações dos dados obtidos no estudo da praia de Meaípe é possível realizar algumas conclusões e considerações.

Existe estreita relação entre a morfologia e granulometria ao longo do perfil transversal da praia. Através desta relação foi possível realizar inferências sobre a profundidade de fechamento do perfil e quanto a existência de barras sedimentares. Além disso, ficou clara a influência dos processos de sombreamento, difração e refração de ondas e armadilha de sedimentos causados pela existência de um promontório rochoso e uma ilha, principalmente na Estação 03.

Os PPE determinados refletiram na sua forma a existência de diferentes comportamentos morfodinâmicos atuantes no arco praiar de Meaípe. Estes processos morfodinâmicos influenciam diretamente na forma dos perfis, já que os últimos são determinados a partir do valor do diâmetro médio dos sedimentos, que por sua vez tem suas características atrelados a dinâmica e processos atuantes na região.

Apesar das particularidades existentes na praia de Meaípe e ter sido realizada apenas dois levantamentos de campo, as equações matemáticas que determinam os PPE se aplicaram com relativo sucesso na área de estudo. Porém fica latente a necessidade de realização de novos estudos no campo da determinação dos PPE em praias com morfologia e submetida a processos semelhantes à Meaípe, com o objetivo de se construir a aplicabilidade dos métodos.

A possibilidade de se determinar a profundidade de fechamento do perfil através da aplicação do conceito de PPE, principalmente o método proposto por Bernabeu (2003), torna o problema da erosão costeira mais facilmente diagnosticado, já que esta profundidade representa o limite do transporte transversal substancial de sedimentos no perfil. A determinação precisa dessa profundidade é importantíssima para a segurança e estabilidade de

construções submarinas e para ações de controle da erosão costeira, como o engordamento artificial, por exemplo.

Segundo Bernabeu et. al. (2003) é importante destacar a implicação econômica na determinação precisa da morfologia do perfil que será submetido à um engordamento artificial. A viabilidade desse tipo de projeto é dependente da relação custo e benefício. Nesses casos, o maior custo está relacionado ao volume de areia necessário para se reconstruir a praia. Nestes projetos, o volume de areia pode ser estimado a partir do cálculo do perfil resultante do engordamento, levando em conta as condições de onda e as novas condições do sedimento.

7. REFERÊNCIAS

ADDAD, J. E., **Minerais pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental**. São Paulo: Edição independente, 2001.

ALBINO, J. Morphodynamics and Coastal Processes on Baleia, Fruta and Sol beaches in the state of Espírito Santo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**. Brasil, v. 68, p. 425-438, 1996.

ALBINO, J., **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES**. 1999. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, USP, São Paulo, 1999.

ALBINO, J.; PAIVA, P. S.; MACHADO, G. M. V., Tipologia e vulnerabilidade erosiva das praias do litoral do Espírito Santo. **Geografares**. Brasil, v. 2, p. 63-67, 2001.

ALLEN, J. R., Field evaluation of beach profile response to wave steepness as predicted by the Dean model. **Coastal Engineering**. USA, v. 9, p. 71-80, 1985.

BASCOM, W. N., The relationship between sand-size and beach face slope. **Transactions, American Geophysical Union**. USA, v. 32, p. 866-874, 1951.

BERNABEU, A. M.; MEDINA, R.; VIDAL, C., Wave reflection on natural beaches: na equilibrium beach profile model. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. Spain, v. 57, p. 577-585, 2003.

BIRD, E. C. F., **Beach management**. England: John Wiley & Sons Ltd., 1996.

BITTENCOURT, A. C. S.; BOAS, V. S. G.; AZEVEDO, A. E. G.; FARIAS, F. F., Taxas de transporte seletivo para diferentes tamanhos de partículas ao longo de uma praia: repercussão no registro sedimentar. **Revista Brasileira de Geociências**. Brasil, v. 2, p. 121-126, 1991.

COWELL, P.J.; THOM, B.G Morphodynamics of coastal evolution. In: **Coastal Evolution**. England: Cambridge University Press. 2nd ed. 1997.

DAVIS, R. A., **Coastal Sedimentary Environments**. 2nd ed. USA: Halliday Lithograph, 1985.

DEAN, R. G., Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts, **Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Report**, n. 12, University of Delaware, Newark, DE. 1977.

DEAN, R. G. Equilibrium Beach Profiles: Characteristics and Applications. **Journal of Coastal Research**. USA, v. 7, p. 53-84, 1991.

DEAN, R. G.; HEALY, T. R.; DOMMERHOLT, A. P., A “blind-folded” test of equilibrium beach profile concepts with New Zealand data. **Marine Geology**. USA, v. 109, p. 253-266, 1992.

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

HALLERMEIER, R. J., A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. **Coastal Engineering**, USA, v. 4, p. 253-277, 1981.

KENNETT, J. P., **Marine Geology**. USA: Prentice Hall Inc., 1982.

KOMAR, P. D., **Beaches processes and sedimentation**. 2nd ed. USA: Prentice Hall Inc., 1998.

KOMAR, P. D., Beach processes and erosion – An introduction. In: **CRC Handbook of Coastal Process and Erosion**. USA: CRC Press, p. 1-18, 1983.

KOMAR, P. D., Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach. **Journal of Sedimentary Petrology**. USA, v. 47, p. 1444-1453, 1977.

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

LARSON, M.; KRAUS, N. C.; WISE, R. A., Equilibrium beach profiles under breaking and non-breaking waves. **Coastal Engineering**. USA, v. 36, p. 59-85, 1999.

LEONT'EV, I. O., Sediment transport and beach equilibrium profile. **Coastal Engineering**. Russia, v. 9, p. 277-291, 1958.

MARONE E., QUADROS, J.C., PRATTA, V., ANGULO, J. Trenó para perfilagem subaérea de praias. **Boletim Paranaense de Geologia**. (submetido). 2001

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M., As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. **Boletim IG-USP. Publicação especial**. v. 15, 186p. 1993.

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, p. 389-404. 1996.

McCAYE, I. N., Grain-size trends and transport along beaches: example from eastern England. **Marine Geology**. England, v. 28, p. 43-51, 1978.

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, p. 195-206, 1994.

MUEHE, D., Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 253-308, 1994.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentalização. In: **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 273-349, 1998.

NASCIMENTO, K. A., **Geomorfologia e tipologia das praias da Costa, Vila Velha e Carapebus, Serra-ES**. Monografia – Departamento de Geografia. UFES. Vitória-ES. 2001.

SANTOS, M. M. S., **Variação morfológica e textural das areias nas praias de Meaípe e Maimbá em Guarapari – ES durante a passagem de frente fria**. 2003. Monografia (Curso de Especialização) – Avaliação de Sistemas Ambientais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

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.), p. 17-21, 1983.

SILVEIRA, J.D., Morfologia do litoral. In: **A Terra e o homem**, São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 253-305, 1964.

SONU, C. J.; VAN BEEK, J. L., Systematic beach changes on the outer banks, North Carolina. **Journal of Geology**. USA, v. 79, p. 416-425, 1971.

WENTWORTH, C.K., A escale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. USA, v. 30, 1922.

ANEXOS

ANEXO A

FICHA DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO B

RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NAS TRÊS ESTAÇÕES AMOSTRAIS PARA OS MESES DE DEZEMBRO DE 2003 E FEVEREIRO DE 2004

Dezembro – 2003						Fevereiro – 2004					
Estação 01		Estação 02		Estação 03		Estação 01		Estação 02		Estação 03	
Cota	Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Cota	Distância
3,955	0	2,625	0	5,702	0	3,955	0	2,625	0	5,702	0
4,583	16,41	2,047	19,95	4,502	1,2	4,501	19,2	2,047	19,95	5,652	0,99
3,919	25,94	2,793	66,83	3,442	1,33	3,814	27,2	2,793	66,83	4,925	1,17
3,655	28,11	3,955	71,07	3,05	3,49	2,44	38,97	3,955	71,07	4,507	2,48
3,051	38,81	2,712	74,05	2,415	14,74	1,904	46,37	6,661	71,29	4,149	11,73
2,112	48,71	1,623	79,5	1,867	18,62	1,048	52,17	6,518	71,96	3,524	17,78
1,444	53,59	1,063	92,06	1,239	22,66	-0,632	62,35	6,106	73,16	2,619	24,13
0,427	58,3	-0,36	103,36	-0,269	34,88			5,275	74,46	1,637	31,35
-0,128	66,5			-0,206	39,98			4,05	81,04	0,857	42,64
				-0,959	45,31			3,413	86,04		
				-1,187	49,31			2,513	92,7		
								-0,19	104,75		

No levantamento topográfico foi utilizado o método de perfilagem aérea por nível de precisão (relacionado à um referencial fixo do local) e mira. Os dados acima sofreram correção da altura da maré e foram utilizados para confeccionar os perfis com o auxílio de um software gráfico.

ANEXO C

VALORES DOS DIÂMETROS MÉDIOS ENCONTRADOS PARA OS PONTOS AMOSTRAIS SUBMERSOS APÓS ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Amostras	Média (Φ)	Média (mm)	Amostras	Média (Φ)	Média (mm)	Amostras	Média (Φ)	Média (mm)
Est. 1 – A	1,380	0,384	Est. 2 – A	2,253	0,210	Est. 3 – A	3,340	0,099
Est. 1 – B	1,523	0,348	Est. 2 – B	0,473	0,720	Est. 3 – B	3,317	0,100
Est. 1 – C	2,237	0,212	Est. 2 – C	1,110	0,463	Est. 3 – C	2,250	0,210
Est. 1 – D	0,540	0,688	Est. 2 – D	2,270	0,207	Est. 3 – D	3,793	0,072
Est. 1 – E	5,077	0,030	Est. 2 – E	1,857	0,276	Est. 3 – E	3,327	0,100
Est. 1 – F	5,990	0,016	Est. 2 – F	3,097	0,117	Est. 3 – F	2,507	0,176
Est. 1 – G	0,577	0,671	Est. 2 – G	1,763	0,295	Est. 3 – G	-0,270	1,206

As amostras obtidas foram submetidas aos processos de lavagem, secagem, quarteamento e peneiramento. Os resultados do peneiramento foram interpretados através de parâmetros estatísticos, para a obtenção do diâmetro médio da amostra, que por sua vez é utilizado nas equações para determinação dos PPE.

ANEXO D

VALORES CALCULADOS DOS COEFICIENTES DE AJUSTE UTILIZADOS
NAS EQUAÇÕES DE DETERMINAÇÃO DO PERFIL PRAIAL DE EQUILÍBRIO
PROPOSTAS POR BERNABEU (2003)

ESTAÇÃO 1		ESTAÇÃO 2		ESTAÇÃO 3	
Parâmetro	Phi	Parâmetro	Phi	Parâmetro	Phi
A	0,073	A	0,078	A	0,084
B	0,009	B	0,010	B	0,013
C	0,252	C	0,239	C	0,225
D	0,008	D	0,008	D	0,009
Ω_{sf}	5,667	Ω_{sf}	5,167	Ω_{sf}	4,617
Φ	1,360	Φ	1,493	Φ	1,713

Os valores acima foram obtidos através aplicação das seguintes equações:

$$A = 0,13 - 0,01\Omega_{sf}$$

$$B = 0,005 + 0,26 \exp^{(-0,75\Omega_{sf})}$$

$$C = 0,11 + 0,025\Omega_{sf}$$

$$D = 0,0006 + 0,1 \exp^{(-0,73\Omega_{sf})}$$

$$\Omega_{sf} = H/wT$$

ANEXO E

VALORES DAS PROFUNDIDADES OBTIDOS ATRAVÉS DO PROFUNDÍMETRO
(DADOS DE CAMPO) E DAS EQUAÇÕES DE DEAN (1977) E BERNABEU (2003)

ESTAÇÃO 01						
DADOS DE CAMPO		DEAN (1977)		BERNABEU (2003)		
Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Surf	Shoaling
58,3	-0,183	58,3	-0,183	58,3	-0,183	
66,5	-0,737	66,5	-0,737	66,5	-0,737	
109 (A)	-5,486	109 (A)	-3,195	109 (A)	-7,009	
309 (B)	-9,754	309 (B)	-6,125	150 (*)	-7,200	-6,900
509 (C)	-12,192	509 (C)	-6,630	309 (B)	-7,544	-8,342
809 (D)	-12,497	809 (D)	-15,889	509 (C)		-9,225
1059 (E)	-12,802	1059 (E)	-6,234	809 (D)		-10,040
1559 (F)	-15,240	1559 (F)	-8,067	1059 (E)		-10,540
2059 (G)	-15,240	2059 (G)	-29,294	1559 (F)		-11,309
				2059 (G)		-11,910

ESTAÇÃO 02						
DADOS DE CAMPO		DEAN (1977)		BERNABEU (2003)		
Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Surf	Shoaling
103,36	-0,360	103,36	-0,360	103,36	-0,360	
148 (A)	-4,267	148 (A)	-2,910	148 (A)	-7,044	
348 (B)	-7,925	348 (B)	-9,252	283 (*)	-7,400	-6,057
598 (C)	-8,534	598 (C)	-11,073	348 (B)	-7,531	-7,530
848 (D)	-9,144	848 (D)	-9,228	598 (C)		-8,887
1098 (E)	-12,802	1098 (E)	-21,180	848 (D)		-9,601
1598 (F)	-14,630	1598 (F)	-9,568	1098 (E)		-10,125
2098 (G)	-17,069	2098 (G)	-20,322	1598 (F)		-10,912
				2098 (G)		-11,518

ESTAÇÃO 03						
DADOS DE CAMPO		DEAN (1977)		BERNABEU (2003)		
Distância	Cota	Distância	Cota	Distância	Surf	Shoaling
45,31	-0,959	45,31	-0,959	45,31	-0,959	
49,31	-1,187	49,31	-1,187	49,31	-1,187	
90 (A)	-2,743	90 (A)	-1,270	90 (A)	-4,585	
290 (B)	-4,572	290 (B)	-2,748	290 (B)	-5,189	
540 (C)	-5,486	540 (C)	-6,939	528 (*)	-5,600	-3,743
790 (D)	-7,925	790 (D)	-5,149	540 (C)	-5,625	-4,487
1040 (E)	-8,839	1040 (E)	-6,385	790 (D)		-6,318
1540 (F)	-9,754	1540 (F)	-12,295	1040 (E)		-7,069
2040 (G)	-10,668	2040 (G)	-35,445	1540 (F)		-8,030
				2040 (G)		-8,708

As letras dentro dos parênteses (A, B, ..., G) representam os pontos amostrais e o símbolo (*) representa a distância na qual se encontra a profundidade de fechamento da referida estação amostral.