UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
CENTRO DE CIENCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

ALEX EVARISTO DA SILVA

COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DO LITORAL DE ANCHIETA E PIÚMA – ES

VITÓRIA
2009

ALEX EVARISTO DA SILVA

COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DO LITORAL DE ANCHIETA E PIÚMA – ES

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a aprovação na disciplina de Monografia II.
Orientadora: Prof.ª Dr.ª Jacqueline Albino.

VITÓRIA
2009

ALEX EVARISTO DA SILVA

COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DO LITORAL DE ANCHIETA E PIÚMA – ES

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia e Ecologia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Profª. Drª. Jacqueline Albino
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

_____

Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus familiares e amigos
pela força e confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda força espiritual e por toda clareza e incentivo em momentos difíceis.

A UFES pela disponibilização de instalações técnicas e equipamentos necessários para realização desse estudo.

A Jacqueline Albino, que foi mais do que uma orientadora. Obrigado pelas conversas, sugestões, idéias, o sempre bom humor e por sempre me incentivar a continuar esse estudo.

Aos professores Alex Bastos e Gilberto Barroso, que compõe a banca, por todas as idéias e sugestões.

A todos os professores do DOC que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos meus pais, Ataide e Eunicia, pelo amor incondicional, pela luta e pela confiança incontestável depositada em mim.

Aos meus irmãos, Emerson e Junior, por serem muito mais que irmãos. Obrigado pela amizade e confiança. Minhas cunhadas Gisele e Rose. E claro, aos meus comportados (será?) e engraçados sobrinhos Thiago e Pedro Lucas.

A Mariana, por todos os momentos vividos. Obrigado amor, pela amizade, pelo seu apoio, pela sua confiança e pela sua compreensão e paciência nos meus momentos ausentes para realização desse estudo e durante meu curso.

Aos meus cunhados Bia e Negão, por todo apoio e pelos momentos de distração.

A Léo e Gabi pelas conversas, discussões e muitas soluções a respeito da complexa área da geologia, mas tiramos de letra né! Nem sei...

Ao restante da Família Berö̈e: Casseta, Futrico, Steric, Tinho, Negão, Monstro, Brown, Minduca e Gogó. Pelas viagens, congressos, conversas (durante as provas também), por todos o sufoco, os trabalhos de última hora ... enfim, por toda essa gastação que não poderia faltar. Para meus amigos eternos, um agradecimento do amigo Ivan.

A todos meus amigos de curso, que me acompanharam durante essa longa jornada.

Ao pessoal da Carta SAO, Ericka (supervisora excelente!), Ludmila e Aguilar pelo convívio durante esse importante projeto e pela coleta de dados utilizada nesse estudo.

A todos que não foram citados, mas que foram importantes ao longo da minha vida e formação acadêmica. Fica meu imenso agradecimento.

"Sei que meu trabalho é uma gota no oceano,
mas sem ele, o oceano seria menor."

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Este trabalho consistiu em utilizar estudos sedimentológicos, modelos de direção de transporte sedimentar e métodos estatísticos para determinar a direção da deriva litorânea e compartimentar as praias litorâneas localizadas na costa recortada dos municípios de Anchieta e Piúma no estado do Espírito Santo. A direção da deriva litorânea foi determinada através das análises de parâmetros texturais e morfológicos e pelos modelos de células de balanço sedimentar proposto por Taggart e Schwartz (1998) e modificado por Souza (1997) e de direção de transporte sedimentar de McLaren (1981) e McLaren e Bolwes (1985). A compartimentação morfodinâmica do litoral foi realizada através do método de agrupamento (*cluster*) para as seguintes variáveis: tamanho médio do grão, teor de carbonato da amostra, grau de exposição da praia, declividade da face praial, largura (zona emersa) e estado morfodinâmico da praia.

A direção da deriva litorânea coincidiu com as forçantes meteorológicas e processos costeiros atuantes na costa, apresentando uma tendência de diminuição granulométrica de norte para sul. O resultado obtido pelo método estatístico mostrou sete compartimentos distintos em relação aos parâmetros morfotexturais e ambientais. Praias expostas geralmente apresentaram granulometria média à grossa, baixo teor de carbonato, inclinação íngreme da face praial e estado morfodinâmico refletivo. Já praias abrigadas e semi-expostas na maior parte eram constituídas de areia fina, moderado a alto teor de carbonato, declividade variada da face praial e estado morfodinâmico intermediário e dissipativo.

A compartimentação do litoral e a delimitação de células de balanço sedimentar são fatores importantes na compreensão de processos morfodinâmicos naturais na zona costeira, além de serem ferramentas essenciais para um gerenciamento eficaz da costa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo, municípios de Anchieta e Piúma, ES.....16

Figura 2: Praias da região norte da área de estudo.....17

Figura 3: Praias da região central da área de estudo.....17

Figura 4: Praias na região sul da área de estudo.....18

Figura 5: Depósitos da Formação Barreiras no Estado do Espírito Santo.....20

Figura 6: Mapa geológico da região de Anchieta e Piúma, ES.....21

Figura 7: Mapa síntese das unidades morfológicas, das forçantes meteoceanográfica e dos processos costeiros atuantes na linha de costa entre as praias de Maimbá e Inhaúma 23

Figura 8: Mapa síntese das unidades morfológicas, das forçantes meteoceanográfica e dos processos costeiros atuantes na linha de costa entre as praias de Santa Helena e Maria-Neném (praia dos Coqueiros).....23

Figura 9: Localização da bacia hidrográfica Benevente no estado do Espírito Santo.....25

Figura 10: Localização da bacia hidrográfica Rio Novo no estado do Espírito Santo.....25

Figura 11: (a) Limites praiais propostos por Davis (1985), (b) e modificação realizada por Albino.....27

Figura 12: Refração de ondas em praias embaiadas.....31

Figura 13: (a) Célula sedimentar fechada, não perdendo sedimentos para células adjacentes. (b) Célula aberta no qual existe troca de sedimento com células vizinhas.....34

Figura 14: Organograma mostrando as etapas do procedimento de análise granulométrica.....37

Figura 15: Classificação de Powers para o grau de arredondamento dos grãos de quartzo.....39

Figura 16: Correlação entre a declividade da face praial e a característica granulométrica dos sedimentos em função da exposição de ondas.....41

Figura 17: Gráfico da distribuição do diâmetro médio na face praial das praias amostradas.....48

Figura 18: Gráfico da distribuição do desvio padrão na face praial das praias amostradas.....49

Figura 19: Correlação entre o desvio padrão e a média.....49

Figura 20: Teor de Carbonato e siliciclástico das praias amostradas.....50

Figura 21: Dendograma obtido através da análise de cluster.....53

Figura 22: Relação entre diâmetro médio e declividade da face praial.....63

Figura 23: Praia de Maimbá e perfil topográfico da estação 1.....77

Figura 24: Praia do Além e perfil topográfico da estação 2.....78

Figura 25: Praia do Chuveirinho e perfil topográfico da estação 3.....79

Figura 26: Praia de Ubú e Perfil topográfico da estação 4.....80

Figura 27: Praia de Parati e perfil topográfico da estação 5.....81

Figura 28: Praia de Guanabara e perfil topográfico da estação 6.....82

Figura 29: Praia dos Castelhanos e perfil topográfico da estação 7.....83

Figura 30: Praia Boca da Baleia e perfil topográfico da estação 8.....84

Figura 31: Praia de Anchieta e perfil topográfico da estação 9.....85

Figura 32: Praia dos Coqueiros e perfil topográfico da estação 10.....86

Figura 33: Praia de Inhaúma e perfil topográfico da estação 11.....87

Figura 34: Praia de Santa Helena e perfil topográfico da estação 12.....88

Figura 35: Praia dos Namorados e perfil topográfico da estação 13.....89

Figura 36: Praia Costa Azul e perfil topográfico da estação 14.....90

Figura 37: Praia da Areia Preta e perfil topográfico da estação 15.....91

Figura 38: Praia do Portinho e perfil topográfico da estação 16.....92

Figura 39: Praia Central e perfil topográfico da estação 17.....93

Figura 40: Praia Maria-Neném e perfil topográfico da estação 18.....94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados hidrológicos da bacia do Atlântico leste e média para as bacias brasileiras.....24

Tabela 2: Balanço sedimentar de uma praia arenosa oceânica.....34

Tabela 3 – Localização dos Perfis Topográficos em cada praia amostrada.....36

Tabela 4 - Classificação de Wentworth (1922) baseada no valor do tamanho das partículas.....38

Tabela 5 - Classificação de Folk (1968) para o grau de seleção.....38

Tabela 6 - Classificação de Folk (1968) para a assimetria.....38

Tabela 7 - Classificação de Folk (1968) para a curtose.....39

Tabela 8 – Casos propostos pelo modelo de McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985).....44

Tabela 9 – Classificação das variáveis utilizadas no método de cluster.....47

Tabela 10 – Matriz de comparação para células de balanço sedimentar.....51

Tabela 11 – Resumo da aplicação do Z-teste (McLaren e Bowles, 1985) para as praias do município de Anchieta e Piúma.....51

Tabela 12 – Caracterização morfodinâmica das praias do município de Anchieta e Piúma.....52

Tabela 13 – Características dos compartimentos costeiros para o município de Anchieta e Piúma.....54

Tabela 14 – Resumo da aplicação do Z-teste (McLaren e Bowles, 1985) quando retiradas algumas praias e compartimentos.....59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....12

2 OBJETIVOS.....15

2.1 OBJETIVO GERAL.....15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....15

3 ÁREA DE ESTUDO.....16

3.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS.....16
3.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....19
3.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS.....21
3.4 SISTEMA HIDROGRÁFICO.....24

4 SISTEMA PRAIAL.....26

4.1 DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIAS.....26
4.2 PRAIAS ABRIGADAS.....28
4.3 PROCESSOS COSTEIROS E MORFODINÂMICA DO AMBIENTE PRAIAL..30
4.4 TRANSPORTE E BALANÇO SEDIMENTAR.....32

5 MATERIAIS E MÉTODOS.....35

5.1 CARACTERIZAÇÃO E TIPOLOGIA DAS PRAIAS.....35
5.1.1 Levantamento Morfológico e Sedimentológico das Praias.....35
5.1.2 Tratamento Laboratorial para os Sedimentos.....36
5.1.3 Determinação da Tipologia das Praias.....40
5.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....40
5.2.1 Dados Fundamentais para a Identificação de Potenciais Transportes de Sedimentos na Praia.....40
5.2.2 Transporte de Sedimentos.....42

5.3 ESTIMATIVAS DOS POTENCIAIS APORTES SEDIMENTARES PARA AS PRAIAS.....45
5.4 COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA DO LITORAL.....45
5.4.1 Método de Agrupamento *Cluster*.....45

6 RESULTADOS.....48

6.1 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....48
6.1.1 Parâmetros Morfotexturais.....48
6.1.2 Transporte de Sedimentos.....50
6.2 AGRUPAMENTO DE PRAIAS E COMPARTIMENTAÇÃO COSTEIRA.....52

7 DISCUSSÃO.....55

7.1 SEDIMENTOLOGIA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....55
7.1.1 Células Litorâneas de Balanço Sedimentar.....56
7.1.2 Transporte Longitudinal.....58
7.2 COMPARTIMENTAÇÃO E MORFODINÂMICA DAS PRAIAS DE ANCHIETA E PIÚMA.....60
7.2.1 Relação entre Granulometria X Tipologia Praial X Grau de Exposição.....60
7.2.2 Relação entre Granulometria X Inclinação da Face X Largura.....62
7.2.3 Relação entre Carbonato X Granulometria X Grau de Exposição.....64

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....66

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....67

10 ANEXOS.....75

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A zona costeira tem constituído, desde sempre, uma zona de intensa atração para o homem por oferecer condições propícias a diversos usos, como a pesca, a agricultura, atividades portuárias e de transporte, atividades de lazer, entre outros. Além de sua importância sócio-econômica, essa região apresenta elevado valor ambiental devido à riqueza e variedade dos seus *habitats*, muitos dos quais proporcionam também a proteção natural das zonas interiores a inundações (FORTUNATO *et al.*, 2008).

As áreas costeiras são constituídas por diversos elementos morfo-sedimentares, interdependentes através de processos hidrodinâmicos, sedimentares, morfológicos e ecológicos. Estas características conferem à orla costeira uma dinâmica natural complexa, que nem sempre é compatível com os usos a que está sujeita. A sua intensa ocupação e pressão antrópica, cerca de dois terços da população mundial vivem em zonas costeiras, tornam esse espaço cada vez mais vulnerável à ação de fatores naturais (tempestades, tsunamis, subida do nível médio do mar) e, também, à própria ação do homem (redução de fontes sedimentares, dragagens, destruição de dunas, introdução de fontes de poluição) (GEOBRASIL, 2002).

A compartimentação do litoral, através de características morfodinâmicas e dos processos atuantes, pode ser uma importante ferramenta para o gerenciamento costeiro (BRAY *et al.*, 1995; COOPER e PONTEE, 2006). Contudo, muitas vezes a compartimentação do litoral não sugere a independência e particularidade morfodinâmica de cada compartimento, mas cumpre ao interesse econômico para "facilitar" a gestão da área.

Muehe (1998) considera os condicionantes geológico/geomorfológicos e oceanográficos como as variáveis indutoras da compartimentação do litoral. Muehe e Valentini (1998) realizaram uma caracterização físico-ambiental do litoral do Rio de Janeiro, dividindo a costa fluminense em nove compartimentos, a partir da influência e aporte sedimentar das bacias hidrográficas. Contudo, os autores admitiram a troca de sedimentos entre os compartimentos distintos. Portanto, é possível compartimentar um segmento costeiro dentro de características morfodinâmicas,

mas dificilmente não haverá comunicação por meio de trocas sedimentares entre compartimentos vizinhos.

Análises estatísticas multivariáveis, como de agrupamento (*cluster*) e auto-correlação, vêm sendo aplicadas por diversos autores na compartimentação e definição de limites de células sedimentares, ajudando no detalhe sedimentológico e ambiental de áreas costeiras e servindo como base para estudos futuros de proveniência e transporte de sedimentos (SANDERSON e ELIOT, 1999; HEGGE *et al.*, 1996).

A morfologia do litoral é o resultado visível da dinâmica sedimentar, isto é, das trocas de sedimentos que ocorrem dentro de cada unidade morfo-sedimentar e através das suas fronteiras. Estas trocas ou fluxos de sedimentos são, por sua vez, forçadas pelos agentes ou ações dinâmicas intervenientes na zona costeira, dos quais as mais importantes são: ação de ondas, as correntes de maré, o vento, as correntes litorâneas e a pluma fluvial (FORTUNATO *et al.*, 2008).

De acordo com Albino *et al.* (2001), a evolução geológica controla a fisiografia da costa e a abundância e as propriedades dos sedimentos. Segundo Komar (1976), a composição do sedimento praial reflete a natureza da fonte rochosa e freqüentemente pode ser usada para estimar as contribuições relativas e a trajetória de transporte das fontes para as praias.

O balanço e o transporte final de sedimento são influenciados pelas propriedades físicas dos grãos, tais como tamanho, densidade, forma e natureza. O balanço sedimentar representa as perdas e os ganhos de sedimentos dentro de um sistema costeiro, e seu equilíbrio depende dessa relação de perda e ganho de sedimentos. Em relação às praias, o suprimento de areias é proveniente de rios, costões rochosos, plataforma, dunas, entre outros. A perda de areia envolve a erosão e transporte de areia para outras regiões, areia levada pelos ventos, atividades de extração, entre outros fatores (SOUZA, 1997).

Vários estudos sobre balanço sedimentar em praias mostram diversos resultados dependendo das características do litoral. Souza (1997) estudando as praias do

litoral do estado de São Paulo conclui que algumas praias tendem a trocar sedimentos entre si, porém Klein *et al.* (2005) analisando praias do tipo promontório-baía ao longo da costa centro-norte do estado de Santa Catarina observou que a circulação sedimentar é restrita a cada praia, não havendo troca de sedimentos entre praias. Anfunso *et al.* (2003) pesquisando determinada praia no litoral da Espanha notou a presença de uma variação muito irregular do estado morfodinâmico da praia ao longo da costa, deduzindo que a variação ao longo da costa está principalmente ligada as condições de contorno locais (promontórios, no qual afetam o processo de quebra de onda) e não de correntes longitudinais regionais reinantes na zona.

Assim, cada ambiente praial possui suas particularidades e estudos da variação textural de sedimentos praiais, ao longo e transversal a costa, e do padrão de distribuição em escalas espaciais e temporais, aumentam a compreensão de processos dinâmicos e geológicos que ocorrem em praias arenosas (KLEIN *et al.*, 2005).

Então, sabendo que os ambientes costeiros são altamente dinâmicos e de grande fragilidade, pois a menor perturbação pode desencadear um desequilíbrio irreversível para as comunidades neles estabelecidas, a compreensão da dinâmica de sedimentos entre praias é imprescindível, seja na proteção destes ambientes ou na redução dos impactos causados por acidentes na zona costeira (como derramamento de óleo), para a longevidade dos ecossistemas envolvidos.

A área de estudo do presente trabalho compreende as praias localizadas nos municípios de Anchieta e de Piúma, ES. Essa região é caracterizada por rochas do embasamento cristalino aflorando na costa, o que favorece a formação de várias praias embaiadas. Com o crescimento econômico e populacional devido, principalmente, às atividades portuárias, turísticas e de pesca faz necessário conhecer detalhadamente os compartimentos desse litoral.

Assim, o presente estudo visa analisar se os afloramentos na costa são capazes de gerar compartimentos morfodinâmicos distintos e se são suficientes para tornarem limites de células sedimentares.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compartimentação morfodinâmica das praias oceânicas do litoral de Anchieta e Piúma – ES, a partir de métodos estatísticos multivariáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a direção da deriva litorânea para a porção centro sul recortada do ES, a partir do padrão textural.

Descrever os processos morfodinâmicos nesse litoral recortado, considerando tipologia da praia, grau de exposição à onda, parâmetros granulométricos e prováveis limites de células sedimentares litorâneas.

Avaliar a utilidade potencial de métodos estatísticos multivariáveis na compartimentação do litoral e na delimitação de células sedimentares.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS

A área de estudo compreende dezoito praias localizadas nos municípios costeiros de Anchieta e Piúma no estado do Espírito Santo, no qual integram as bacias hidrográficas Benevente e Rio Novo respectivamente (Figura 1).

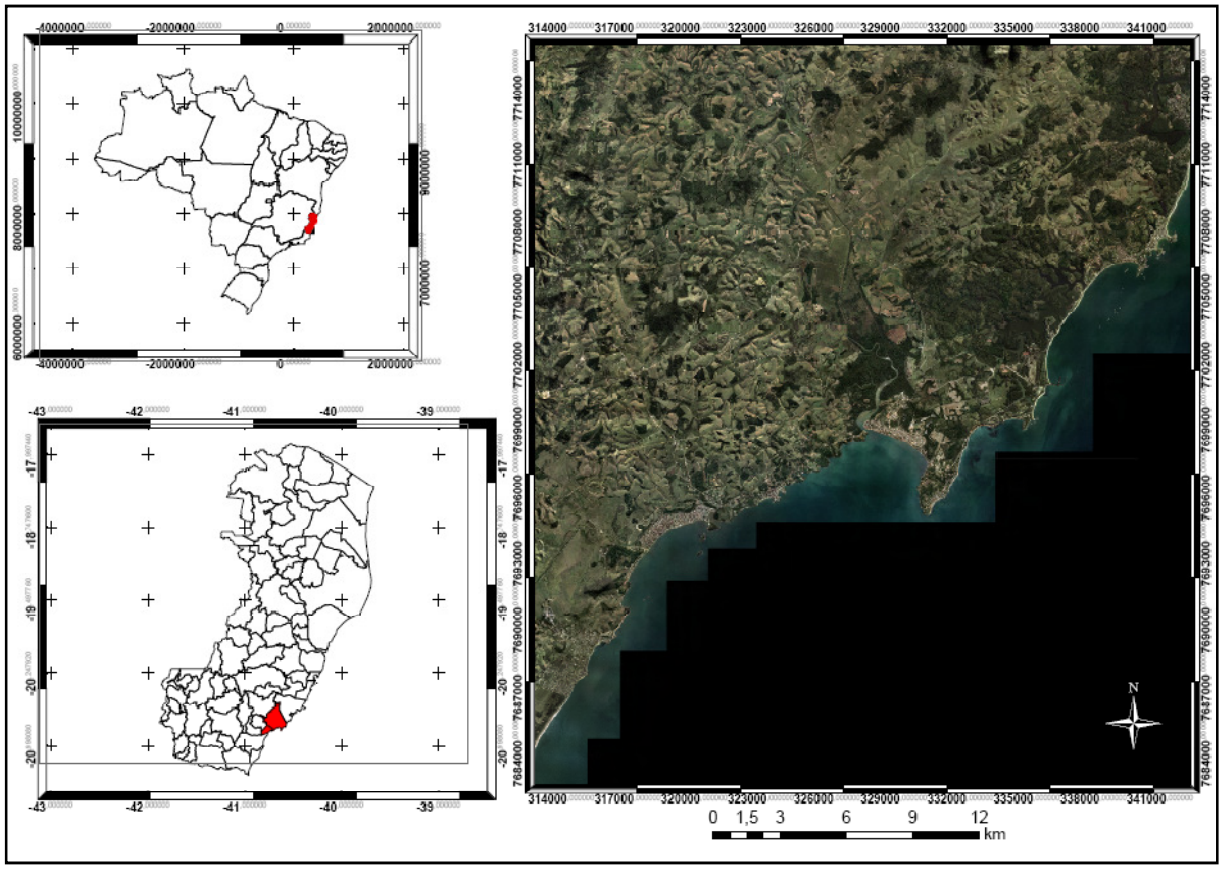


Figura 1: Localização da área de estudo, municípios de Anchieta e Piúma, ES.

Na região ao norte da área de estudo e a leste da Ponta dos Castelhanos encontram-se as praias de Maimbá a Castelhanos, localizadas no município de Anchieta (Figura 2).

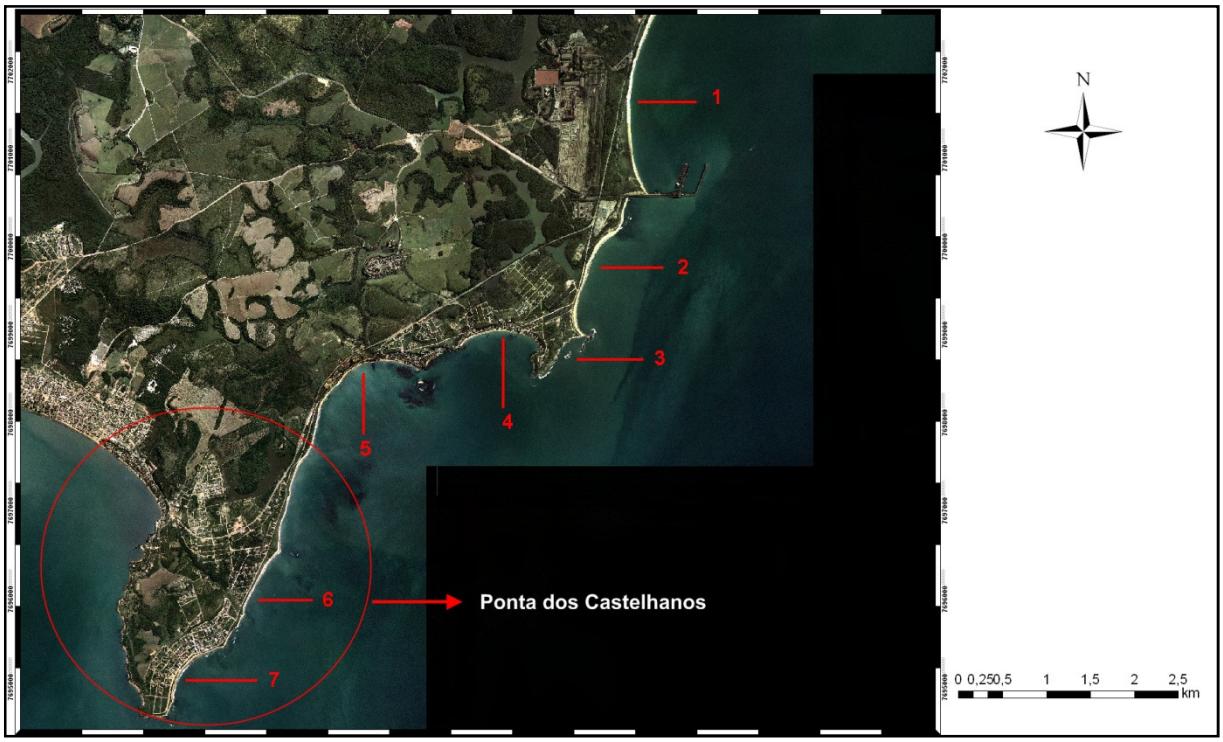


Figura 2: Praias da região norte da área de estudo. 1 – Maimbá; 2 – Além; 3 – Chuveirinho; 4 – Ubú; 5 – Parati; 6 – Guanabara; 7 – Castelhanos.

Na região central e a oeste da Ponta de Castelhanos encontram-se as praias de Boca de Baleia a Costa Azul, pertencentes ao município de Anchieta.

Figura 3: Praias da região central da área de estudo. 8 – Boca da Baleia; 9 – Anchieta; 10 – Coqueiros; 11 – Inhaúma; 12 – Santa Helena; 13 – Namorados; 14 – Costa Azul.

Já na região ao sul da área de estudo encontra-se a praia Areia Preta localizada em Anchieta e as praias Portinho a Maria-Neném pertencentes ao município de Piúma.

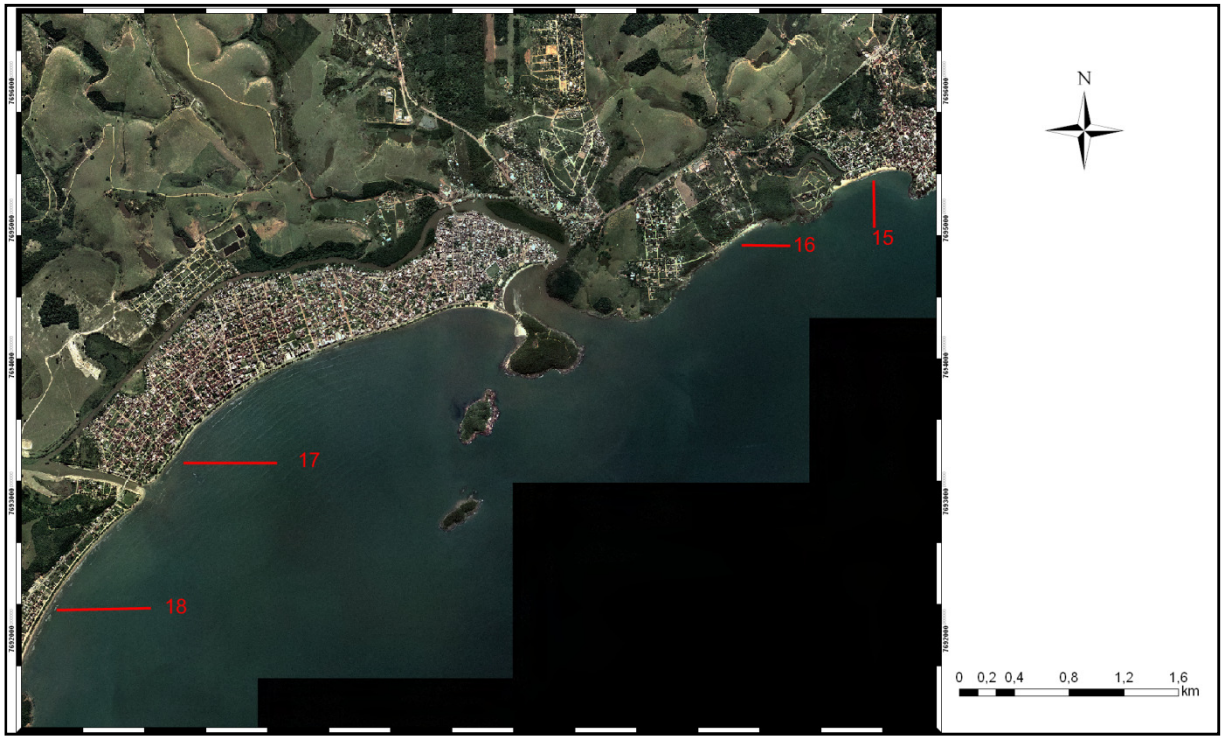


Figura 4: Praias na região sul da área de estudo. 15 – Areia Preta; 16 – Portinho; 17 – Central; 18 – Maria-Neném.

O município de Anchieta (40°39'05"W; 20°40'13"S) localizado a 79 km da capital Vitória possui uma área de 404 km² e uma população de 19.459 habitantes (IBGE, 2007). Segundo Barroso *et al.* (2007) o município possui 37,8 km de extensão de litoral, incluindo parte do estuário do rio Benevente, no qual podem ser encontrados sistemas costeiros associados aos depósitos de sedimentos marinhos e fluviais da planície costeira Quaternária. As diferentes feições costeiras podem favorecer ou restringir uma série de atividades antrópicas, tais como a pesca, a recreação, o turismo, a urbanização e as atividades industrial e portuária.

O município de Piúma está localizado no litoral centro-sul do estado do Espírito Santo (40°43'24"W; 20°50'26"S) e ocupa uma área de 73 km² com uma faixa litorânea de 8,7 km. Limita-se ao norte com o município de Anchieta, a leste com o oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Iconha e Rio Novo do Sul (ROCHA, 2003). Segundos dados do IBGE (2007) a população é de 16.249, mas por ser um balneário turístico circulam em média 300.000 pessoas no verão (PORTAL DE PIÚMA). As principais atividades econômicas são o artesanato, a

pesca e o turismo. De acordo com Rocha (2003), Piúma possui uma alta diversidade de ecossistemas, incluindo manguezal, Mata Atlântica, restingas e ambiente marinho, com recifes vivos e corais de algas calcárias.

Estes Municípios enquadram-se no litoral central do estado do Espírito Santo, mais precisamente no setor 4 proposto por Martin *et al*. (1996), que estende-se da baía de Vitória até a foz do rio Itapemirim. Este setor caracteriza-se pelos afloramentos de rochas cristalinas pré-cambrianas em contato com os depósitos quaternários intercalados pelos afloramentos da Formação Barreiras precedidos de praia, sendo as áreas ocupadas pelo depósito Quaternário extremamentes mutáveis. O litoral mostra-se bastante recortado, sendo observados trechos côncavos que, pela presença de obstáculos tais como promontórios e ilhas, pela divergência das ortogonais das ondas e pelos aportes fluviais localizados, funcionam como armadilha de sedimentos favorecendo a formação de extensas planícies costeiras; e trechos salientes sem condições de deposição de areias.

3.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A responsabilidade de formação e manutenção da linha de costa é prioritariamente associada a três fatores, que atuaram e atuam em várias escalas temporais e espaciais: a herança geológica, o modelado quaternário e a ação da dinâmica sedimentar atual (TESSLER e GOYA, 2005).

Martin *et al*. (1996) ainda reconhecem três unidades geológica/geomorfológica principais no litoral do Espírito Santo, cada uma possuidora de características marcantes que deixam bem claras as distinções entre essas unidades, sendo elas:

- A Região Serrana Pré-Cambriana;
- Os Tabuleiros Terciários da Formação Barreiras; e
- As Planícies Costeiras Quaternárias.

A região serrana, na porção norte do estado do Espírito Santo, é composta por duas unidades de rochas pré-cambrianas, os gnaisses e granitos, com diversas

composições mineralógicas. Do ponto de vista geológico, pode-se afirmar que tais rochas estão associadas à região serrana, constituindo terras altas submetidas a intenso processo erosivo (ALBINO, 1999).

A Formação Barreiras abrange uma ampla faixa do litoral brasileiro sendo encontrada do estado do Pará ao estado do Rio de Janeiro. Essa formação é a designação comumente dada aos sedimentos inconsolidados, de origem continental, que, atualmente, se encontram dispostos em uma estreita faixa ao longo da região costeira (Figura 5) (BIGARELLA e ANDRADE, 1964). Segundo Mabesoone *et al.* (1972, *apud* ALBINO, 1999) os sedimentos da Formação Barreiras, em geral, apresentam-se mal selecionados, com grãos muito grossos a finos e os grãos de quartzo apresentam-se subangulosos. Diversos eventos de sedimentação podem ser observados através de linhas de seixos e camadas arenosas e argilosas.

Figura 5: Depósitos da Formação Barreiras no estado do Espírito Santo.
Fonte: Amador e Dias, 1978.

O período Quaternário na costa do Brasil é marcado pela variação do nível do mar responsável pela alternância entre os processos continentais (deposicionais) e os processos marinhos (erosivos e deposicionais). Essas inversões deixaram marca na planície costeira ao sul do Espírito Santo no qual observam-se a presença de falésias dos Tabuleiros da Formação Barreiras, planície de cordões litorâneos, lagunas, depresões alagavéis inter-cordões e arenitos de praia (ALBINO, 1999).

De acordo com Muehe (1998), em Anchieta, a linha de costa recua bruscamente em cerca de 4,5 km, expondo as rochas do embasamento e fazendo desaparecer o Barreiras. A extensão do Barreiras para o interior também reduz, não ultrapassando 10 km quando, no norte do estado, esta extensão chega a ultrapassar 100 km. A caracterização geológica da área de estudo esta esquematiza no mapa de erosão e progradação da costa para região de Anchieta e Piúma (Figura 6).

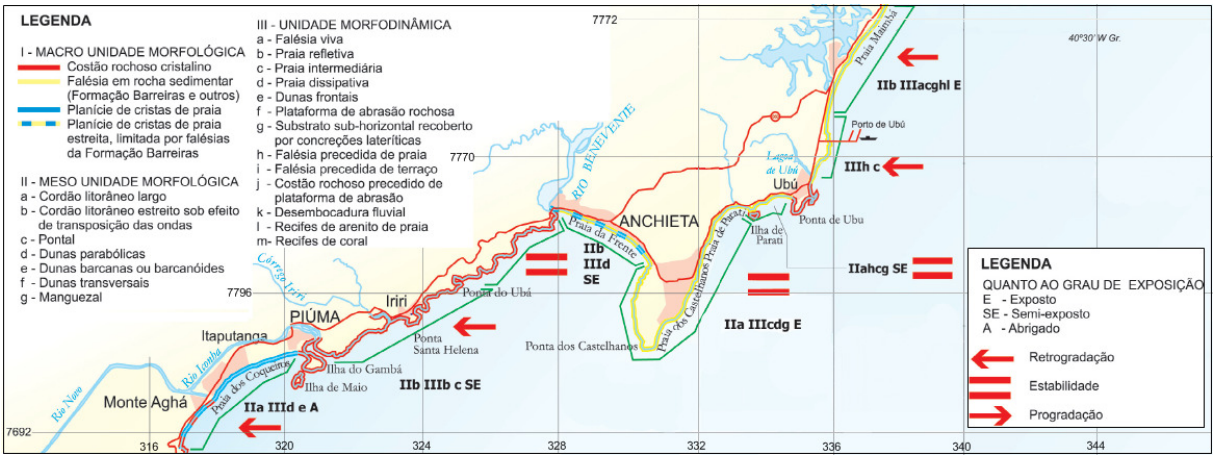


Figura 6: Mapa geológico da região de Anchieta e Piúma, ES.
Fonte: Albino *et al.*, 2006 modificado.

3.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS

De acordo com a classificação de Köppen o estado do Espírito Santo está sujeito a um clima Aw, ou seja, clima tropical quente (temperatura média do mês mais frio >18℃) e úmido, com uma estação invernosa ausente, mas com uma estação de seca no período de abril a setembro, podendo ser perturbados por precipitações frontais associadas às frentes polares, e uma estação de maior pluviosidade entre os meses de outubro a março (KUKI, 2007; MARTIN *et al.*, 1993).

Anchieta apresenta clima tropical úmido com temperatura média de 24℃ e umidade relativa média do ar de 79%. A evaporação anual é de 1000 mm e a pluviosidade é em média de 1200 mm anuais. A época chuvosa é o verão e a seca ocorre no inverno. As chuvas mais intensas chegam a ordem de 130mm/24horas (IEMA).

Piúma possui clima quente, amenizado pelos fortes ventos marítimos, sendo que no verão o clima é semi-úmido. A temperatura média anual é de 22,6℃ e a precipitação

é de 957 mm. A umidade do ar apresenta uma média anual de 80% e cresce, ligeiramente, do litoral para o interior. A direção predominante dos ventos na região é a de nordeste, seguido pelos ventos de norte. Na região costeira a temperatura média da água varia entre 23,5°C na superfície e 23°C no fundo. A maré é semi-diurna e sua amplitude máxima é de 1,5 m referente ao Porto de Ubú (40°32,2"W; 20°44,7'S). A corrente oceânica de superfície apresenta valores médios de velocidade de 0,25 e 0,35 m/s, no inverno e no verão respectivamente, sendo a direção predominante a de SSW (CEPEMAR, 1999 *apud* ROCHA, 2003).

Dados sobre o clima de onda no litoral brasileiro e, assim na região de Anchieta e Piúma, são escassos e limitados as regiões portuárias que muitas vezes não divulgam esses dados para o público. De acordo com Albino (1999), a altura significativa na costa capixaba varia de 0,3 a 2,5 m, sendo que as mais freqüentes apresentaram alturas variando de 0,6 a 0,9 m e os períodos médios dominantes estão em torno de 5 a 6,5s sendo que os maiores períodos registrados foram de 11s.

Moreira (2009) analisando a variação da linha de costa e sensibilidade aos processos costeiros de erosão e progradação entre Vitória (ES) e Cabo Frio (RJ) no período de 1954 a 2000 elaborou mapas sínteses das unidades morfológicas, das forçantes meteoceanográfica e dos processos costeiros atuantes na linha de costa na região norte e central da área de estudo, entre as praias de Maimbá e Inhaúma (Figura 7) e na região ao sul entre Santa Helena e Maria-Neném (Figura 8). Os mapas mostram que a direção de ondas e ventos predominantes são de nordeste e que a direção da deriva litorânea e de correntes marinhas predominantes são de nordeste para sudoeste. Os mapas também mostram a linha batimétrica de 5 e 10 m, nota-se a aproximação e o afastamento da linha de 5 m em algumas regiões, como na praia de Costa Azul e de Castelhanos respectivamente.

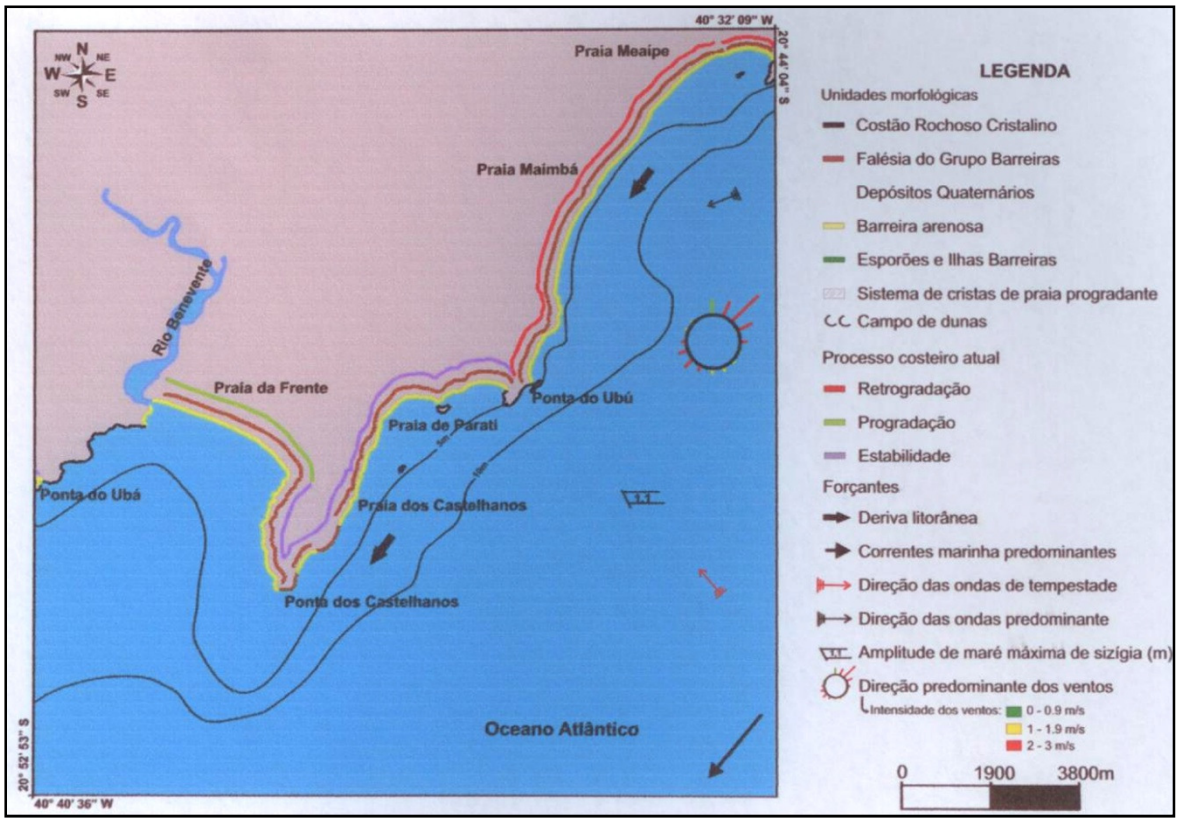


Figura 7: Mapa síntese das unidades morfológicas, das forçantes meteoceanográfica e dos processos costeiros atuantes na linha de costa entre as praias de Maimbá e Inhaúma.
Fonte: Moreira, 2009.

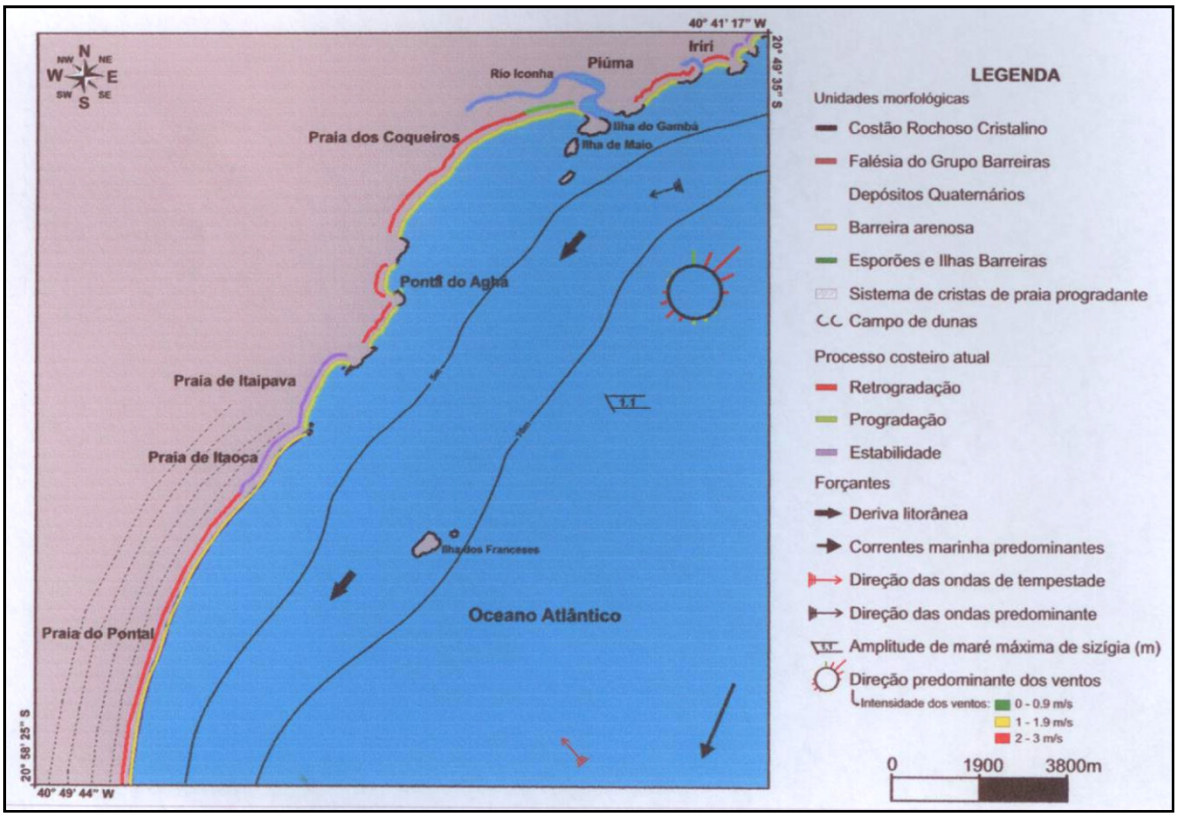


Figura 8: Mapa síntese das unidades morfológicas, das forçantes meteoceanográfica e dos processos costeiros atuantes na linha de costa entre as praias de Santa Helena e Maria-Neném (praia dos Coqueiros).
Fonte: Moreira, 2009.

3.4 SISTEMA HIDROGRÁFICO

No Brasil a rede fluvial é um dos mais importantes recursos naturais e o país possui a maior bacia hidrográfica do mundo em extensão e volume de água. A classificação das bacias brasileiras sofreu várias alterações, desde a classificação de Morais em 1867 que dividiu o Brasil em 4 bacias hidrográficas passando pela subdivisão proposto por Cunha (1998) que divide em 10 bacias, sendo estas em ordem de importância: Amazônia, Atlântico Nordeste, Paraná, Tocantins, São Francisco, Atlântico Leste, Paraguai, Atlântico Sudeste, Uruguai e Atlântico Norte. Atualmente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de acordo com a Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, divide o Brasil em 12 regiões hidrográficas, acrescentando na classificação proposta por Cunha (1998) a bacia do Parnaíba, subdividindo a bacia do Atlântico Nordeste em bacia do Atlântico Nordeste Ocidental e Atlântico Nordeste Oriental e renomeando a bacia Tocantins para Tocantins/ Araguaia.

As bacias Benevente e Rio Novo estão agrupadas dentro da bacia Atlântico Leste que se estende da bacia do rio Japaratuba (SE) à bacia do rio Pardo (SP) drenando terras dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro e parte dos estados de Minas Gerais e Bahia (CUNHA, 1998). Os principais dados hidrológicos da bacia do Atlântico Leste e do Brasil estão representados na tabela a seguir:

TABELA 1 – Dados hidrológicos da bacia do Atlântico leste e média para as bacias brasileiras.
Fonte: DNAEE, 1994 *apud* Cunha, 1998.

Bacia Hidrográfica	Área km²	Chuva Média mm/ano	Vazão Média m³/s	Vazão Média Específica l/s/km²	Evaporação Real mm/ano	Produção Hídrica mm³/s
At. Leste	551.000	1.062	2.175	7,5	827	4.350
Brasil	8.512.000	1.954	257.790	24,0	1.195	168.770

A bacia do Rio Benevente (Figura 9) apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 1.260 km², com uma malha de cerca de 827 km de extensão e disponibilidade hídrica superficial estimada em 30 m³/s (SOPRANI e REIS, 2007). Segundo dados do IEMA, integram essa bacia os municípios de Anchieta, Alfredo Chaves, parte de Iconha, Guarapari e Piúma.

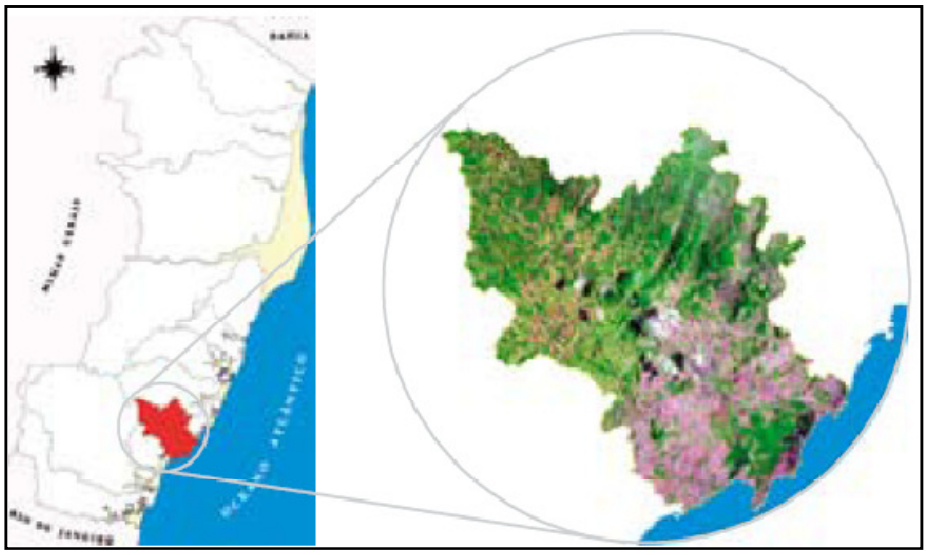


Figura 9: Localização da bacia hidrográfica Benevente no estado do Espírito Santo.
Fonte: Soprani e Reis, 2007.

A bacia hidrográfica Rio Novo é de domínio estadual e integra o município de Rio Novo do Sul e parte dos municípios de Iconha, Itapemirim, Piúma e Vargem Alta (Figura 10). A bacia possui uma área de drenagem aproximada de 706 km² com disponibilidade hídrica de 8,5 m³/s (IEMA). Os principais problemas da bacia estão associados ao assoreamento, poluição dos recursos hídricos, desmatamento generalizados na área de Preservação Permanente, deterioração dos recursos hídricos devido a evolução desordenada da ocupação do solo, das atividades agrícola e da extração de mármore e granito e conflito entre usuários de água (IEMA).

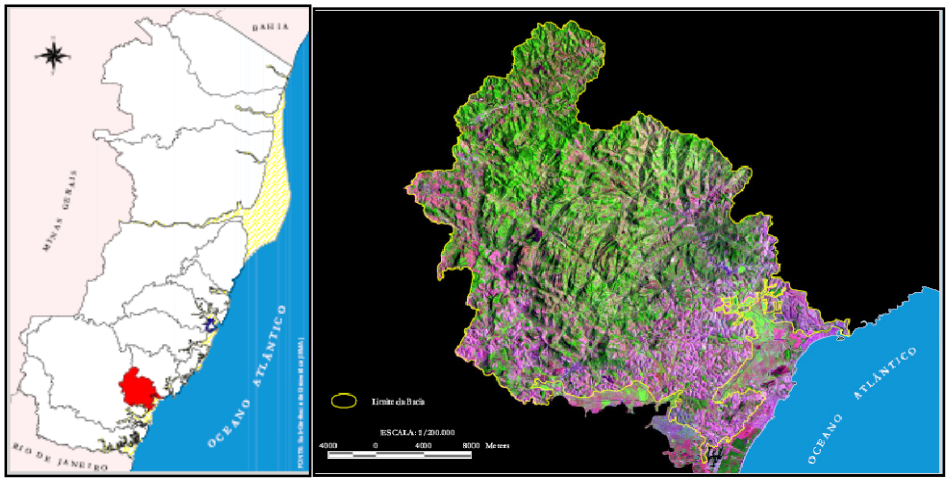


Figura 10: Localização da bacia hidrográfica Rio Novo no estado do Espírito Santo.
Fonte: IEMA.

4 SISTEMA PRAIAL

4.1 DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIAS

Para a formação e estabelecimento de praias, sejam arenosas ou não, não há limitações geográficas, desde que haja espaço, disponibilidade de sedimentos e agentes hidrodinâmicos para concentrar esses sedimentos em zonas transicionais entre o ambiente aquático e terrestre, sendo seu grau de desenvolvimento diretamente associado à disponibilidade de sedimentos e a largura da região de depósito. Por esse motivo, as praias são encontradas tanto nas adjacências de planícies costeiras e ilhas barreiras quanto em lagos, rios e estuários, além da linha de costa (HOEFEL, 1998).

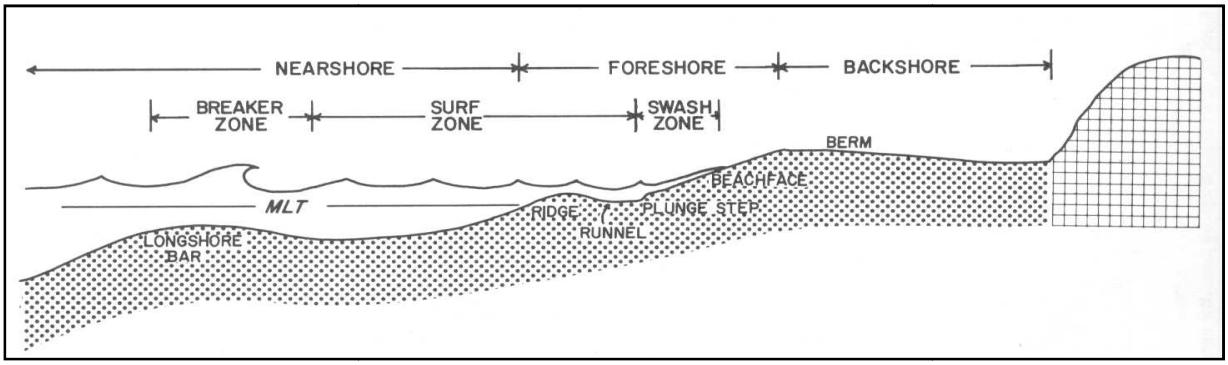
Ainda não existe uma definição única de praia e costa, e vários autores adotam classificações diferentes. Suguio (1992) define costa como a região rumo ao continente a partir da linha de maré até uma mudança fisiográfica (falésia, cordões litorâneos, costão rochoso, etc.); e praia como uma região composta de material/sedimento inconsolidado, geralmente arenoso, que se estende desde o nível de baixa-mar média, até a linha de vegetação permanente (limite de ondas de tempestades), ou onde há mudanças na fisiografia, como zona de dunas ou falésia. Segundo Davis (1985), a praia é limitada na porção superior pela mais alta atuação da onda e na porção inferior pela marca de maré baixa ou onde há barras e calhas na antepraia. De maneira geral, essas classificações são satisfatórias na zona emersa e insatisfatória na zona submersa, pois desconsideram regiões importantes na troca sedimentar e morfologia da praia.

Neste trabalho serão adotados os limites praias propostos por Davis (1985) e modificado por Albino (1999), sendo estes (Figura 11):

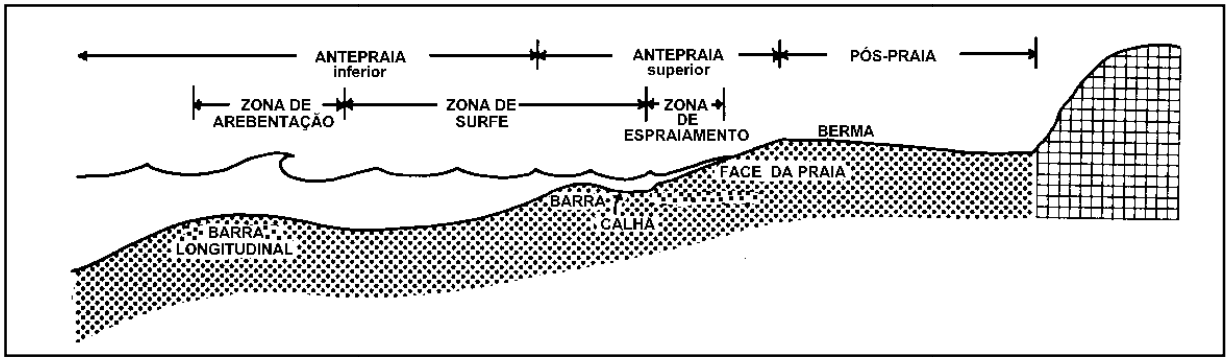
- Pós-praia (*bachshore*): zona, em direção a terra, que se estende do limite superior do espraiamento até uma mudança brusca na fisiografia, como dunas e cordões litorâneos (HOEFEL, 1998). A berma e a escarpa praial pertencem a essa unidade.

- Antepraia superior (*foreshore*): zona compreendida entre a crista do berma e o final do primeiro banco, incluindo todo o espraiamento e a face praial (Davis, 1985).
- Antepraia inferior (*nearshore*): estende-se desde o limite externo da antepraia superior até dezenas ou centenas de metros mar adentro, abrangendo parte da zona de surfe e a zona de arrebentação, e como feições, barras e calhas longitudinais (Davis, 1985).

Como até hoje não existe uma tradução padronizada dos termos inglês em português, adotou-se aquelas que se acreditam serem as mais usualmente aceitas no meio científico brasileiro, como pós-praia para *backshore* e face da praia para *beachface*. Serão introduzidos os termos antepraia superior para designar a *foreshore* e antepraia inferior para designar a *nearshore*. O termo antepraia, quando empregado, corresponderá às antepraias superior (*foreshore*) e inferior (*nearshore*) (ALBINO, 1999).



(a)



(b)

Figura 11: (a) Limites praiais propostos por Davis (1985), (b) e modificação realizada por Albino.
Fonte: Albino, 1999.

Wright e Short (1984) estudando as praias arenosas oceânicas da Austrália desenvolveram um modelo evolutivo dessas praias baseado na descrição de seis “estágios ou estados” praiais. Segundo Hoefel (1998), o modelo é fundamentado por uma quantidade significativa de dados tomados ao longo de seis anos e referentes a observações visuais e através de fotografias aéreas da morfologia praial, medições de correntes na zona de surfe, registro visuais e instrumentais do clima de ondas e perfis praiais.

Wright e Short (1984) sugeriram dois estados extremos, refletivo e dissipativo, e quatro estados intermediários que são formados por elementos de ambos os extremos. No estágio refletivo a onda ascendente ou mergulhante é o regime hidrodinâmico predominante proporcionando uma praia com declividade média a alta e granulometria grossa. Já no dissipativo a zona de surfe é bem desenvolvida, a granulometria geralmente fina e declividade de praia suave. Algumas praias embaiadas tendem a possuir um estágio mais próximo ao refletivo.

Os estados intermediários possuem características que envolvem o estágio dissipativo e refletivo. As condições ambientais que favorecem seus desenvolvimentos incluem clima de onda de energia moderada, mas temporalmente viável, e sedimento de granulometria média à grossa (HOEFEL, 1998). Considerando uma sequência de declínio de energia, têm-se os seguintes estágios: banco e calha longitudinal (BCL), bancos e praias rítmicos (BPR), bancos transversais (BT) e terraço de baixa-mar (TBM).

4.2 PRAIAS ABRIGADAS

Praias promontório-baía, embaiadas ou de bolso são praias localizadas entre promontórios e são características de linha de costa rochosas associadas com topografia costeira acidentada e montanhosa (SILVA *et al*., 2006). Segundo Tan e Chiew (1994), a formação de uma praia embaiada entre dois promontórios é uma característica comum de praias que experimentam predominância de incidência de ondas de uma única direção. De acordo com Wright (1987 *apud* STORLAZZIA e FIELDB, 2000), em praias australianas o domínio geológico tem mostrado ser

significante na comunicação ou interação via transporte sedimentar entre embaiamentos adjacentes ao longo da linha de costa rochosa.

Praias relativamente pequenas, localizadas entre promontórios, dificultam a entrada de ondas, protegendo-as de fortes eventos erosivos e conferindo-as uma morfologia de praia de bolso (*pocket beach*), no qual a circulação sedimentar é fechada ou semi-fechada, ou seja, quase não há troca ou perda de sedimento para plataforma continental.

O transporte de sedimento ao longo da costa, um resultado da incidência oblíqua de ondas e do gradiente de altura da onda ao longo da costa, é o responsável pela a forma da praia que assume uma orientação dependente da intensidade e mais freqüentemente do ângulo da onda incidente (SILVA *et al*., 2006). Segundo Short (1999), o comprimento e largura dessas praias dependem inteiramente da topografia rochosa pré-existente na qual foi parcialmente afogada pela transgressão holocênica do nível do mar. De acordo com Trenhaile (1987 *apud* OJEDA e GUILLÉN, 2008), zonas costeiras rochosas representam aproximadamente 80% da costa ao longo do mundo. Segundo Ojeda e Guillén (2008), dentro destas zonas, praias arenosas limitadas por afloramentos rochosos ou promontórios tomam uma forma curvada e são comuns de ocorrer. Short (1999) acrescenta que, estruturalmente, praias embaiadas são um testamento para tentar estabilizar costas instáveis.

De acordo com Silvestre (1974 *apud* SILVA *et al*., 2006), uma linha de costa torna-se estável (ou em equilíbrio estático) quando alcança uma forma que é ajustada ao padrão de ondas refratadas, além de possuir um suprimento de sedimento e um transporte sedimentar resultante ao longo da costa nulos. Contudo, uma praia fora do equilíbrio (ou em equilíbrio dinâmico) terá um *input* de sedimento ativo e ondas quebrando em certo ângulo na costa, resultando em um transporte sedimentar ao longo da costa.

Praias embaiadas freqüentemente mostram um gradiente granulométrico no litoral, com areias finas e declividade suave da face praial na zona de sombra e areias grossas e alta declividade da face praial na zona exposta. O gradiente pode ser atingido por vários fatores, incluindo energia de ondas, padrão de transporte

sedimentar, configuração da linha de costa, fonte de sedimento, entre outros. Em alguns casos o gradiente granulométrico é mascarado se existe um *input* sedimentar contínuo (SILVA *et al*., 2006).

A linha de costa de Anchieta e Piúma, no qual apresenta promontórios que confinam as praias, possuem características que podem servir para testar a hipotética que o gradiente granulométrico ao longo da costa não pode se desenvolver em praias-promontórios com fonte sedimentar fluvial (equilíbrio dinâmico). Neste caso, existe uma mistura de classes granulométricas provido pela fonte. De qualquer maneira, é possível ter uma concentração de materiais providos pelo rio (fonte) próximo a enseada, e então o gradiente pode ser desenvolvido. Da mesma maneira, trocas sedimentares entre células por correntes longitudinais não permite o desenvolvimento de um gradiente, devido à existência de uma mistura de classes sedimentares. Quando a fonte sedimentar proporciona uma única classe granulométrica, a curvatura praial ou nível de incidência de onda não influenciará sua composição sedimentar. O gradiente não pode se desenvolver se não existe diferentes classes sedimentares provida pela fonte. Entretanto, o gradiente pode se desenvolver onde não existe suprimento sedimentar (equilíbrio estático), e a classe granulométrica pode ser selecionada pelo nível de energia de onda (SILVA *et al*., 2006).

4.3 PROCESSOS COSTEIROS E MORFODINÂMICA DO AMBIENTE PRAIAL

Os processos oceanográficos físicos, também conhecidos por processos costeiros, atuam na movimentação de sedimentos e na modelagem morfológica das praias, tendo como principais agentes a ação de ondas, maré e ventos, além das correntes geradas por cada um desses fatores (SOUZA e SUGUIO, 1998).

Na maioria das costas as ondas são os fatores mais importantes nos processos costeiros e representam a principal entrada de energia para o sistema praial. As ondulações provenientes do oceano aberto quando se aproximam da costa podem sofrer dois tipos de efeitos: refração e difração. Hoefel (1998) define refração como o fenômeno através do qual os raios de onda são redirecionados pela batimetria, ou

seja, pela diminuição de profundidade do fundo marinho; e difração como o processo de redistribuição lateral de energia ao longo da crista da onda, devido à presença de obstáculos (ilhas, promontórios, molhes) durante o caminho da onda. Segundo Souza (1997), esses fenômenos geram perturbações na direção de propagação das ondas (ortogonais), causando erosão quando as ortogonais convergem para um determinado local, e assim concentrando energia, e deposição quando há dispersão de energia proveniente da divergência das ortogonais. Em praias embaiadas a refração explica a dissipação de ondas nesse tipo de costa, ocorrendo uma convergência na região mais rasa (promontórios) e divergência nas mais profundas (Figura 12).

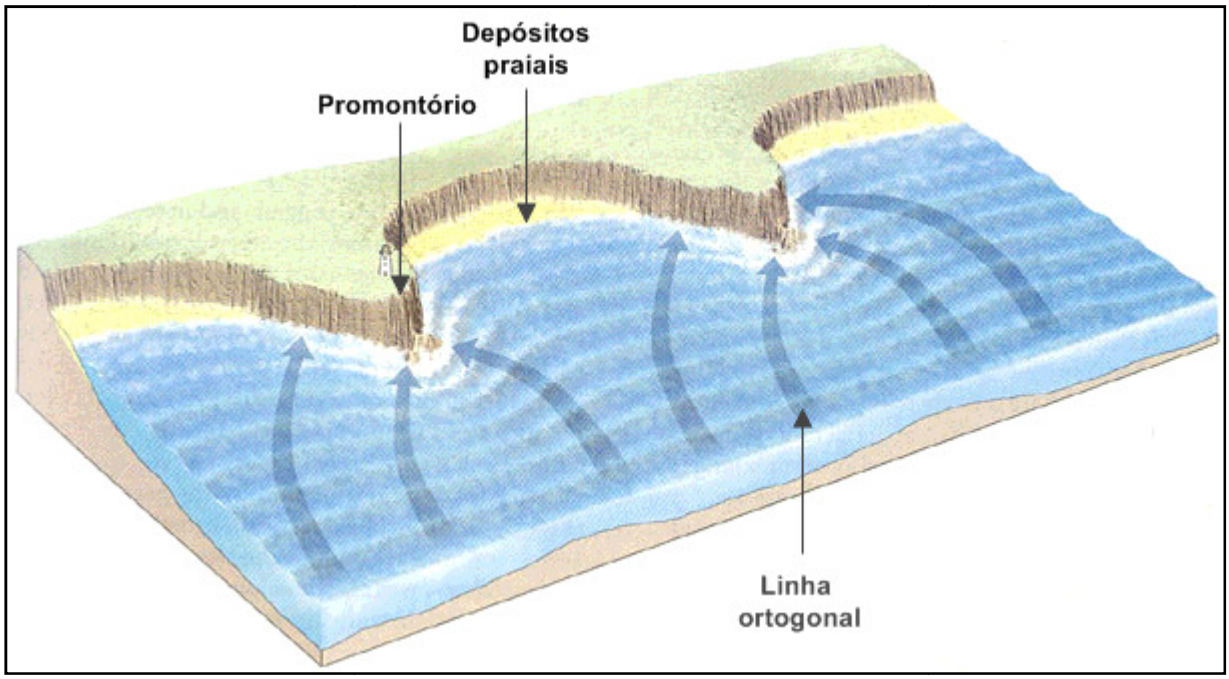


Figura 12: Refração de ondas em praias embaiadas.
Fonte: Pidwirny, 2007 modificado.

De acordo com Komar (1991), grande variedade de correntes costeiras é gerada a partir da incidência de ondas na linha de costa, sendo predominante as componentes paralelas. A circulação costeira é determinada pelo ângulo de incidência da onda, no qual as componentes paralelas à praia são denominadas correntes longitudinais ou deriva litorânea. A convergência de duas dessas correntes em um determinado ponto desenvolve uma corrente de retorno concentrada em direção a plataforma continental. Essas correntes são capazes de transportar grande quantidade de sedimentos costa afora e estão associadas à formação de barras

arenosas na antepraia (SOUZA 1997). Porém em praias embaiadas a ocorrência e a intensidade de corrente de retorno são menores.

4.4 TRANSPORTE E BALANÇO SEDIMENTAR

O processo de transporte de sedimentos ao longo da praia é governado principalmente por correntes longitudinais, sendo estas geradas por vários mecanismos, incluindo: aproximação de ondas oblíquas, variação local da altura de onda proporcionando níveis de água diferenciais, corrente de maré e refração/difração de onda (SOUZA, 2007). Segundo Souza (2007), esta deriva é variável em direção, tempo, lugar e duração, envolvendo fatores hidrodinâmicos, geológicos, geomorfológicos e antropogênicos diversos, dentro de uma escala de tempo e espaço variável.

A deriva litorânea resultante é o transporte resultante de sedimento ao longo de uma praia, servindo para indicar o sentido da maioria dos sedimentos movimentados e transportados por correntes longitudinais durante um longo período, apesar de alguns poucos movimentos sazonais de curto prazo em direção oposta (SOUZA, 2007).

A corrente longitudinal possui duas componentes de mesmo sentido, a deriva litorânea e a deriva praial, que atuam na zona de surfe e na zona de espraiamento (antepraia superior), sendo a deriva costeira a união das duas derivas (SOUZA e SUGUIO, 1998). A deriva litorânea é o transporte mais ativo entre a linha de costa e a margem externa da zona de arrebentação transportando sedimentos paralelamente à costa na zona de antepraia inferior. Já a deriva praial é o movimento oblíquo de sedimentos ao longo da costa, ocorrendo na zona de espraiamento (SOUZA, 2007).

Cada segmento costeiro com uma deriva costeira resultante forma uma célula de circulação costeira (TAGGART e SCHWARTZ, 1988). Inman (2003) define células litorâneas como “um compartimento costeiro que contém um ciclo completo de sedimentação incluindo fonte, trajetória de transporte e deposição”, estabelecendo definitivamente a relação entre balanço sedimentar e transporte longitudinal.

Conceitos semelhantes são adotados nos estudos de Bowen e Inman (1966 *apud* MAZZER, 2007), Komar (1976), Carter (1988), entre outros.

As correntes longitudinais dentro de células de circulação costeira podem apresentar dois tipos de padrões ao longo da costa, unidirecional ou circulatório, desenvolvendo células de poucos metros à quilômetros (SOUZA, 2007). Segundo Souza (1997) cada célula consiste de três zonas: zona de erosão (barlamar), zona de transportes e zona de deposição ou acumulação (sotamar). A origem da corrente acontece em barlamar na região de maior energia de onda, enquanto o seu término ocorre em sotamar, havendo diminuição de energia de ondas. A zona de transporte é a região no qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa.

Existe a possibilidade de ocorrer duas situações quando duas células de circulação costeiras estão presentes, lado a lado. Se for uma área de convergência de correntes, ou seja, local de terminação de duas células, pode ocorrer intensa acumulação e/ou desenvolvimento de uma corrente de retorno; se for na zona de barlamar de duas células, ocorrerá divergência de correntes, predominando o processo erosivo (SOUZA e SUGUIO, 1998).

O resultado do balanço sedimentar em determinada zona costeira, isto é, o balanço entre os sedimentos que entram e que saem dessa zona, determina o equilíbrio ou o desequilíbrio da mesma. Um litoral em desequilíbrio pode, assim, encontrar-se em erosão (retrocesso da linha de costa) ou em acresção (avanço da linha de costa). A erosão costeira constitui um dos principais problemas de gestão do litoral, implicando a perda direta de território terrestre e a alteração das atividades humanas em seu redor. Em particular, a erosão costeira pode-se traduzir, entre outras conseqüências, em perda de patrimônio construído ou natural, alto custo de investimento de proteção ou de reconstrução, deslocação de pessoas e de atividades econômicas e inconveniência para as atividades turísticas. A erosão costeira é um processo natural, mas que é muitas vezes também provocado ou exacerbado por ações antrópicas (FORTUNATO *et al.*, 2008).

As relações de balanço sedimentar, ou seja, perdas e ganhos de sedimentos em uma praia, são bastantes complexas e depende de uma série de fatores. Alguns dessas relações se encontram listadas abaixo (Tabela 2).

TABELA 2 – Balanço sedimentar de uma praia arenosa oceânica.
Fonte: Komar, 1991 modificado.

Suprimento de Areia para a Praia	Perda de Areia da Praia
Areia dos rios e canais de maré	Areia para os rios e canais de maré
Areia proveniente dos costões rochosos, das praias e dos depósitos marinhos frontais	Areia erodida e transportada pela deriva litorânea
Areia da plataforma continental	Areia da praia para a plataforma
Areia das dunas	Areia levada pelos ventos
Alimentação artificial	Extração/mineração de areia da praia
Aumento no volume de sedimentos produzidos no continente	Redução no volume de sedimentos produzidos no continente

Davis (1974) relata a dificuldade de definir discretos compartimentos costeiros e a forma arbitrária que alguns limites são escolhidos. Argumenta ainda que limites de células sedimentares foram mais significantemente estabelecidos em promontórios ou ao longo de seções rochosas. Também notou que isto pode servir para descrever compartimentos de tamanhos variáveis e de diferentes graus de exclusividade. Alguns compartimentos podem ser totalmente exclusivos, agindo como sistemas fechados com pequena troca de sedimentos entre compartimentos próximos, enquanto que outras células podem ser relativamente ativas, com um volume de troca de sedimento significativo (Figura 13) (SANDERSON e ELIOT, 1999).

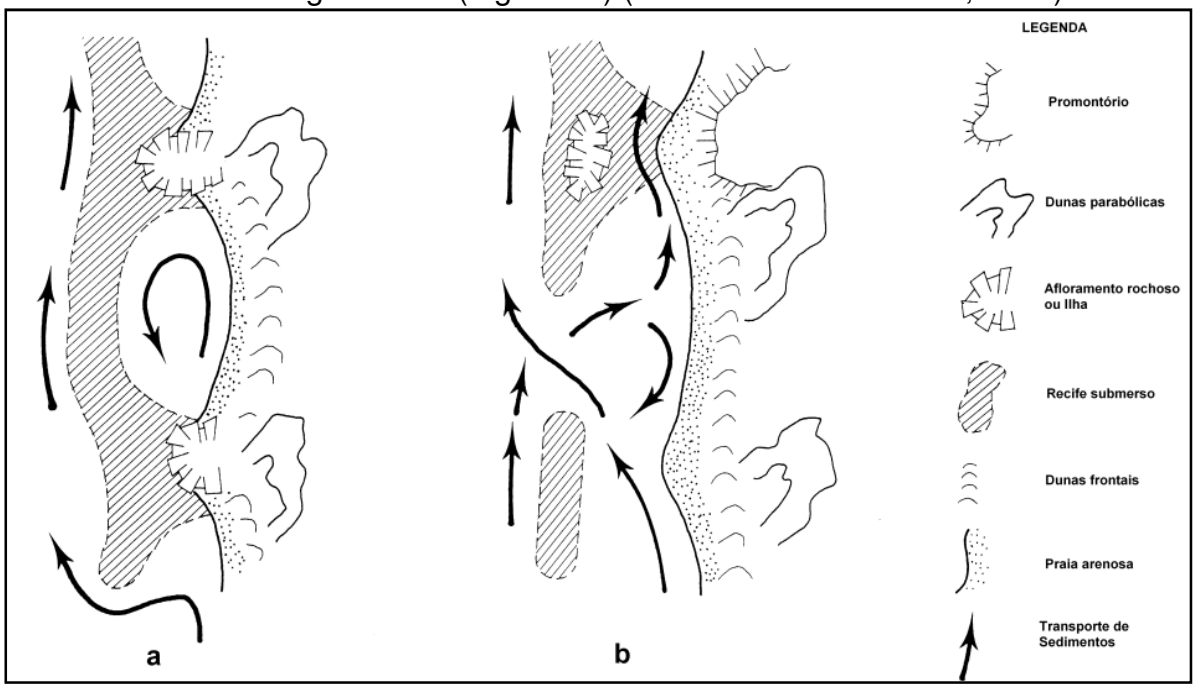


Figura 13: (a) Célula sedimentar fechada, não perdendo sedimentos para células adjacentes. (b) Célula aberta no qual existe troca de sedimento com células vizinhas.
Fonte: Sanderson e Eliot, 1999 modificado.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de delimitar os possíveis compartimentos morfodinâmicos foi necessário a visualização de imagens de satélite, técnicas experimentais (campo) e de aplicação de modelos e equações estatísticas, além da compilação e tratamento de dados e informações secundárias sobre a geologia, geomorfologia, oceanografia e hidrologia da área de estudo.

5.1 CARACTERIZAÇÃO E TIPOLOGIA DAS PRAIAS

5.1.1 Levantamento Morfológico e Sedimentológico das Praias

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos pela equipe do projeto Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Cartas SAO) para a zona costeira marinha pertencente à Bacia Marítima do Espírito Santo, entre os dias 13 e 16 de novembro de 2008 nas praias do município de Anchieta e Piúma. Durante este período, foram levantados perfis de amostragens e feitas várias medições oceanográficas nas praias, como período e altura de onda.

Para o levantamento topográfico dos perfis adotou-se o método das balizas de Emery (1961) e para cada praia foi levantado um único perfil de amostragem na região central, que mais representava a praia (suficiente para a caracterização sedimentológica e morfológica). O local escolhido para o levantamento do perfil foi orientado perpendicularmente à linha de costa e referido a pontos fixos na planície costeira e/ou no mar (ilhas, morros, quiosques de praia, endereços, etc.). As coordenadas geográficas das estações amostradas em cada praia foram realizadas através do auxílio de um GPS e encontram-se abaixo (Tabela 3).

TABELA 3 – Localização dos perfis topográficos em cada praia amostrada.

Município	Estação	Praia	Coordenadas Geográficas
Anchieta	1	Maimbá	20°48'09,942"S e 40°34'52,728"W
Anchieta	2	Além	20°48'09,942"S e 40°34'52,728"W
Anchieta	3	Chuveirinho	20°48'12,636"S e 40°35'03,786"W
Anchieta	4	Ubú	20°48'12,456"S e 40°35'44,994"W
Anchieta	5	Parati	20°48'33,582"S e 40°36'41,046"W
Anchieta	6	Guanabara	20°49'54,132"S e 40°37'11,694"W
Anchieta	7	Castelhanos	20°50'25,290"S e 40°37'39,372"W
Anchieta	8	Boca da Baleia	20°50'11,070"S e 40°37'56,052"W
Anchieta	9	Anchieta	20°48'18,534"S e 40°39'18,336"W
Anchieta	10	Coqueiros	20°48'36,474"S e 40°39'40,974"W
Anchieta	11	Inhaúma	20°49'24,294"S e 40°40'58,800"W
Anchieta	12	Santa Helena	20º49’36,084”S e 40º41’13,086”W
Anchieta	13	Namorados	20º49’46,992”S e 40º41’28,014”W
Anchieta	14	Costa Azul	20º49’57,006”S e 40º41’38,376”W
Anchieta	15	Areia Preta	20º50’01,914”S e 40º42’01,326”W
Piúma	16	Portinho	20º50’19,164”S e 40º42’34,734”W
Piúma	17	Central	20º51’12,420”S e 40º44’58,248”W
Piúma	18	Maria-Neném	20º52’01,638”S e 40º45’30,252”W

Nas amostragens de sedimento em cada perfil, procurou-se coletar amostras na porção média da face praial (intermaré). A coleta de sedimentos foi superficial, o que certamente representa a fase de deposição correspondente às condições meteorológicas vigentes na hora da coleta.

5.1.2 Tratamento Laboratorial para os Sedimentos

Os sedimentos coletados foram submetidos a análises granulométricas e morfoscópicas, a fim de se verificar o grau de arredondamento.

A análise granulométrica do sedimento em laboratório seguiu os passos representados no organograma proposto pela Fig. 14, baseando-se nos procedimentos apresentados em Muehe (1996).

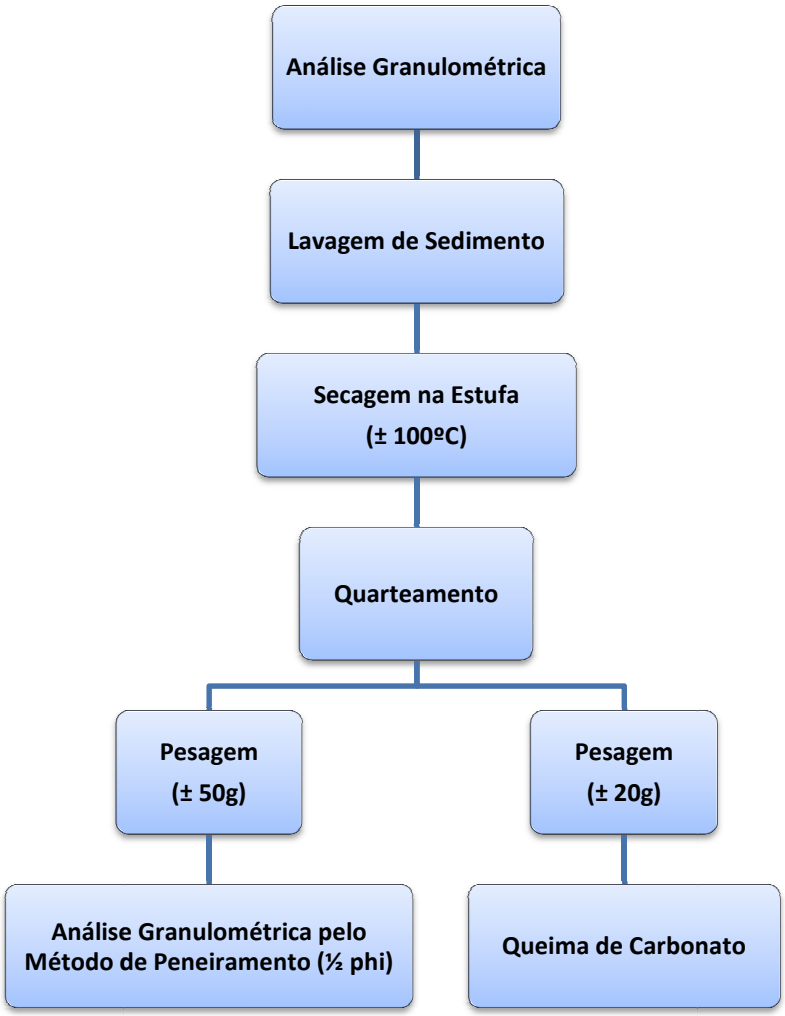


Figura 14: Organograma mostrando as etapas do procedimento de análise granulométrica.

Os parâmetros estatísticos granulométricos foram calculados através do programa de computador GRADISTAT desenvolvido por Blott e Pye (2001) e que roda dentro da plataforma do Microsoft Excel.

Adotou-se o método descrito por Folk e Ward (1957) para a classificação dos dados fornecidos pelo GRADISTAT. Neste método, os tamanhos dos grãos são expressos em Phi (Φ), sendo o Phi o logaritmo negativo de base dois do valor em milímetro ($\Phi = -\log_2 mm$), conceito este introduzido por Krumbein (1934).

Baseando no tamanho das partículas, a classificação das amostras, expressa pelo valor da média ou mediana, foi empregada a classificação proposta por Wentworth (1922), que obedece aos limites abaixo (Tabela 4).

TABELA 4 - Classificação de Wentworth (1922) baseada no valor do tamanho das partículas.

Classes	Φ	Tamanho (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

Além da classificação das amostras baseada no tamanho das partículas, utilizou-se neste trabalho o grau de seleção e a assimetria. Para a classificação da seleção, foram utilizados os limites propostos por Folk (1968), que obedece aos seguintes valores em Phi (Tabela 5):

TABELA 5 - Classificação de Folk (1968) para o grau de seleção.

Classes	Φ
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente bem selecionado	0,50 a 0,71
Moderadamente selecionado	0,71 a 1,00
Mal selecionado	1,00 a 2,00
Muito mal selecionado	2,00 a 4,00
Extremamente mal selecionado	> 4,00

Com relação à assimetria também foi considerada a classificação proposta por Folk (1968), entretanto quando a amostra era assimétrica utilizou-se o lado que se inclina para a classificação, assim, em vez de se classificar a amostra como assimétrica positiva classificou-se essa mesma amostra como assimétrica para os lados dos finos, sendo este o lado que se inclina a cauda mais longa da curva. Portanto a classificação seguiu os limites expostos na Tab. 6 abaixo.

TABELA 6 - Classificação de Folk (1968) para a assimetria.

Classes	Φ
Assimetria negativa	-1,0 a -0,1
Simétrico	-0,1 a 0,1
Assimetria positiva	0,1 a 1,0

Por fim, considerou a proposta de Folk (1968) para fazer a classificação do sedimento em relação à curtose. A curtose representa a discrepância entre a altura de uma classe em relação às outras. Quanto maior a diferença de altura de uma classe em relação às demais, maior será o grau de curtose da amostra, que também pode ser representada pela razão entre o espalhamento na parte central da amostra e o espalhamento nas caudas da distribuição. A curtose é o parâmetro que designa o grau de afilamento da curva. Ela será leptocúrtica se for bastante afilada, mesocúrtica se tiver distribuição normal e platicúrtica se for achatada. A classificação para curtose obedece aos limites propostos abaixo (Tabela 7).

TABELA 7 - Classificação de Folk (1968) para a curtose.

Classes	Φ
Muito platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 a 0,90
Mesocúrtica	0,90 a 1,11
Leptocúrtica	1,11 a 1,50
Muito leptocúrtica	1,50 a 3,00
Extremamente leptocúrtica	> 3,00

O grau de arredondamento dos grãos foi realizado através da análise de 100 grãos de quartzo de 1Φ e 1,5Φ, em uma placa de Petri com auxilio de uma lupa. A classificação do grau de arredondamento baseou no proposto por Powers (1953 *apud* LEEDER,1982) (Figura 15).

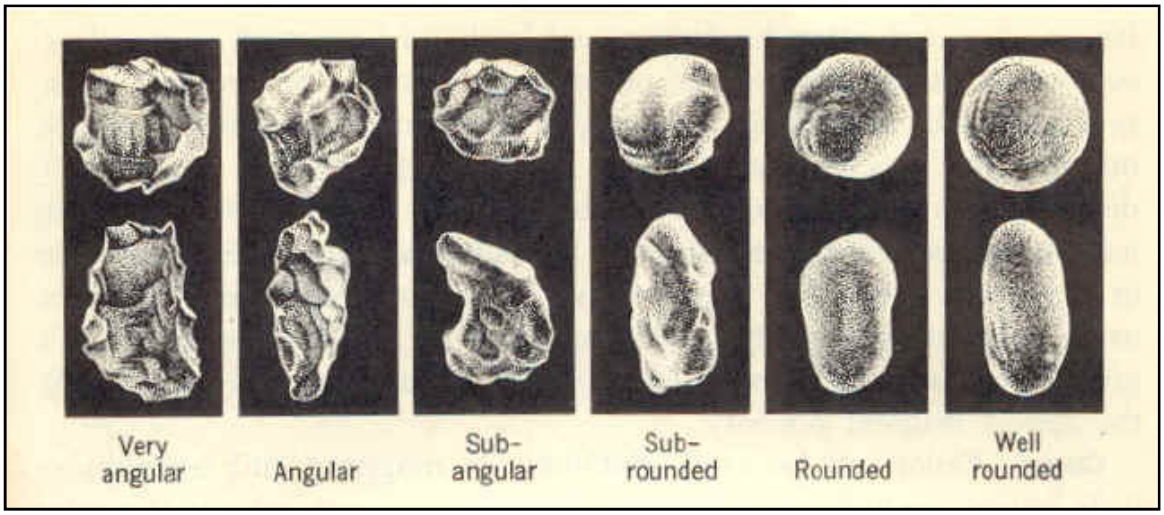


Figura 15: Classificação de Powers para o grau de arredondamento dos grãos de quartzo.
Fonte: Leeder, 1982.

5.1.3 Determinação da Tipologia das Praias

A fim de classificar o ambiente praial em seu estado morfodinâmico tentou inicialmente utilizar o modelo de Dean (1977), que emprega uma equação capaz de definir o parâmetro ômega (Ω), podendo assim, distinguir os seis estados morfodinâmicos propostos por Wright e Short (1984), todos submetidos a um regime de micro-maré. Entretanto, o modelo não foi eficaz pela característica recortada da costa. De acordo com Hegge *et al.* (1996), o regime de onda determina o estado morfodinâmico em seções de costa arenosa exposta a condições de onda de oceano aberto. Já em costas abrigadas, com baixas condições de energia de onda aparentemente é a granulometria que determina o estado morfodinâmico da praia. Diante disto, três estados morfodinâmicos das praias (refletivo, intermediário e dissipativo) foram definidos através de observação visual, do perfil topográfico (inclinação da face praial) e da granulometria.

5.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

5.2.1 Dados Fundamentais para a Identificação de Potenciais Transportes de Sedimentos na Praia

Os perfis praiais produzidos a partir dos dados coletados juntos com os dados sedimentológicos serão utilizados na determinação do grau de exposição às ondas da praia, a partir do critério proposto por Wiegel (1964 *apud* Muehe, 2001) (Figura 16) e através de observação de fotografias aéreas do GEOBASES, banco de imagens disponível pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN).

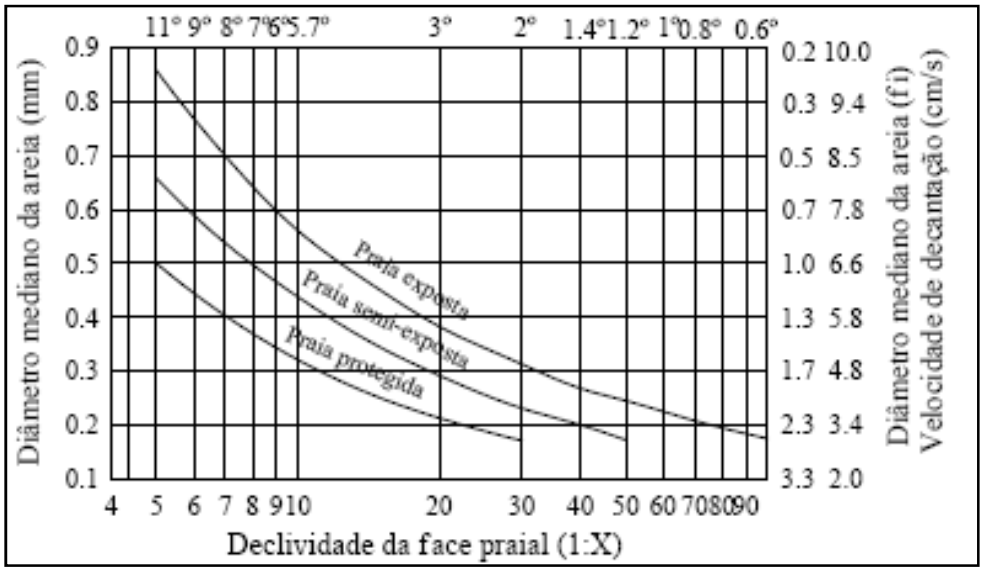


Figura 16: Correlação entre a declividade da face praial e a característica granulométrica dos sedimentos em função da exposição de ondas.
Fonte: Wiegel, 1964 *apud* Muehe, 2001.

O grau de exposição indica a atuação da onda no sentido de transportar sedimentos, contudo é necessário definir o limite no qual os sedimentos poderão ser perdidos para a plataforma, que é a profundidade de fechamento. Caso este limite esteja dentro do embaiamento do arco praial, há pouca possibilidade de trocas sedimentares entre praias adjacentes ocasionando uma célula de transporte de sedimentos restrita a praia.

A profundidade de fechamento do perfil de praia, em fundos arenosos, a partir do clima de ondas, pode ser determinada pela seguinte equação empírica de Hallermeier (1981 *apud* MUEHE, 2001):

$$d \cong 2\,Hs + 11\sigma$$

onde:

d = profundidade de fechamento do perfil (m),

H_s = altura média significativa anual das ondas (m).

σ = desvio padrão anual das ondas significativas.

De acordo com Muehe (2001), para o litoral brasileiro os resultados obtidos a partir da obtenção de dados de ondas medidas por ondógrafos e observações visuais, dispersos ao longo de vários pontos da linha de costa, deram como resultado uma altura média significativa das ondas de 1,2 m e desvio padrão de 0,38 m resultando

em uma profundidade média de fechamento do perfil de 6,5 m. Também utilizou o auxilio da Carta Náutica, nº 140401 de escala 1:50.000, para visualizar a dimensão do limite de trocas sedimentares entre os distintos compartimentos pela linha batimétrica de 5 m.

5.2.2 Transporte de Sedimentos

Para análise da possível troca de sedimentos entre praias aplicou o modelo de células de transporte de sedimentos de Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1997). Considerando troca de sedimentos entre praias, duas ou mais praias podem comportar como se fosse uma única praia, ou seja, a limitação do promontório pode não ser suficiente para interromper a célula de transporte de sedimentos. Os indicadores utilizados no modelo de Taggart e Schwartz para interpretações de deriva litorânea ao longo de praias são basicamente constituído de quatro parâmetros: largura da praia, inclinação da praia, diâmetro médio (tamanho dos grãos) e grau de seleção de sedimentos (Anexos A e B). Para os autores do modelo a relação entre as zonas de barlamar (origem) e sotamar (terminação) de uma célula de deriva litorânea apresenta as seguintes variações: aumento da largura, diminuição da inclinação, afinamento dos grãos e melhora no grau de seleção, de barlamar para sotamar. McCave (1978) explicou o processo de afinamento a sotamar pelo transporte mais rápido das frações mais finas ao longo da praia, em relação às mais grossas. Guillén e Jiménez (1995 *apud* SOUZA, 1997) encontraram sedimentos mais grossos em zonas erosivas de barlamar, sugerindo ser produto do intenso joeiramento das frações mais finas e progressivo engrossamento do depósito residual resultante. Entretanto, McCave (1978) encontrou um aumento no tamanho dos grãos na zona de sotamar de praias da Inglaterra. Atribuiu este processo a um joeiramento progressivo, com remoção das partículas mais finas para o largo e retenção das mesmas em barras submersas.

Para aumentar o grau de confiança do método, já que alguns autores acharam indicações contrárias do que foi sugerido pelo método em algumas praias particulares, Souza (1997) propõe a inclusão do parâmetro de curtose, relacionado a

diferenciações de nível de energia das ondas ao longo de uma célula de deriva litorânea.

Para a comparação dos parâmetros analisados utiliza-se um artifício denominado “matriz de comparação”. Segundo Souza (1997), na matriz de comparação as características morfotexturais de cada perfil são comparadas com os dois perfis adjacentes, supondo-se que possa haver uma atuação de uma célula de deriva litorânea entre dois comparados e que um encontre-se como uma zona de barlamar e o outro como sotamar. Assim, aplicando os conceitos apresentados anteriormente, da zona de barlamar para a de sotamar ocorrem: afinamento dos grãos, aumento do grau de seleção, diminuição do nível de energia das ondas, diminuição da inclinação da antepraia e aumento da largura da praia. O produto de cada comparação individual é marcado com um sinal (+) ou (–), respectivamente, se ela indicar zona de sotamar (deposição) ou de barlamar (erosão). Como cada amostra é comparada com suas duas vizinhas (exceto as amostras das extremidades das praias), então, para cada um dos cinco parâmetros analisados é obtido um par de sinais, que pode ser: (+/+), (–/–), (+/–) ou (–/+). O resultado final da comparação de todos os parâmetros é representado por um par de sinais que corresponde à predominância de um ou outro, para cada termo do par. Assim, se o par final for (+/+) significa que, no local, predomina o processo deposicional, sendo zona de sotamar de uma pequena célula; se for (–/–) predomina a erosão, ou seja, o sedimento encontra-se em zona de barlamar; e, se for (+/–) ou (–/+), representa um zona de transporte (trânsito de sedimentos), havendo ganho e perda de sedimentos simultaneamente. Os rumos de transporte são, então, facilmente deduzidos a partir desses resultados. Quando o valor de um parâmetro mostrar-se igual para as duas amostras comparadas atribui-se o índice zero (0) ao termo do par.

Para confirmação de possíveis trocas sedimentares propõe utilizar o método de McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985). O modelo apresenta interpretação dos rumos de células de deriva litorânea, baseado nas modificações relativas que o diâmetro médio, o desvio padrão e a assimetria sofrem em função de uma determinada área fonte e da atuação de processos sedimentares. McLaren (1981) usou as relações entre esses parâmetros e não os seus valores absolutos, para

determinar as prováveis áreas fontes e, por conseguinte, os sentidos de transporte costeiro. O termo “fonte” foi usado pelo autor como “proveniência” e inclui a última fonte, que pode ser ou não um outro depósito sedimentar (praia, delta, plataforma continental, rio). McLaren e Bowles (1985) aperfeiçoaram este método, incluindo o conceito de função de transferência de energia. Esses autores concluíram que, basicamente, três tipos de processos de transporte podem ocorrer entre dois pontos (*d1* para *d2*), dando origem a três casos representados na Tabela a seguir.

TABELA 8 – Casos propostos pelo modelo de McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985).

Caso	Mudança nos parâmetros do depósito d1 para d2	Interpretação
A	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica	Depósito *d2* é o último depósito de *d1*; ambas as distribuições foram as mesmas, portanto, nenhuma direção de transporte pode ser determinada.
B	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais negativamente assimétrica.	A direção do transporte é de *d1* para *d2*, com diminuição do nível de energia (*d1* para *d2*); os grãos, mais grossos não são transportados até onde os sedimentos finos são depositados. Função de transferência de energia baixa.
C	Média mais grossa; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica.	A direção do transporte é de *d1* para *d2*, com diminuição do nível de energia (*d1* para *d2*); no entanto, o nível de energia é tal que permite que grãos grossos possam ser transportados e depositados em *d2*, com nível menor de energia.

Segundo o modelo de McLaren (1981) existem duas tendências, dentre oito possíveis, indicativas de transporte, que são:

- Mais fina, melhor selecionada e mais negativamente simétrica (F, B, -);
- Mais grossa, melhor selecionada e mais positivamente assimétrica (G, B, +),

Sendo que para cada tendência a probabilidade aleatória de ocorrer é de $p = 0,125$ ($p = 1/8$), e para determinar se o número de ocorrências indicando transporte excede a probabilidade de 0,125, utiliza-se um Z- teste (McLAREN e BOWLES, 1985), testando as seguintes hipóteses:

H_0: $p \leq 0,125$, não há nenhuma direção de transporte preferencial;

H_1: $p > 0,125$, o transporte ocorre em um direção preferencial.

No entanto, H_1 é aceitável se:

$$Z = \frac{x - Np}{\sqrt{(Npq)}} > 2{,}33\ (1\%\ de\ significância)$$

Onde *x* é o número de pares que representam um caso particular de direção de transporte; N é o número total de possíveis pares, sendo calculado da seguinte forma:

$$N = \frac{n^2 - n}{2} > 30$$

No qual *n* seria o número de amostras ($n \geq 9$); p = 0,125 e q = 0,875.

5.3 ESTIMATIVAS DOS POTENCIAIS APORTES SEDIMENTARES PARA AS PRAIAS

Além do reconhecimento de porções mais vulneráveis a retrogradação e/ou tendências progradacionais, nos útlimos anos, o mapeamento cartográfico a partir das fotos aéreas e imagens de satélites permite a localização e classificação geomorfógica da costa em praias, promontórios, falésia, bacia hidrográfica, entre outros.

Para a visualização e localização dos possíveis aportes sedimentares para as praias, como rios, falésias sedimentares, plataforma continental e promontórios rochosos, utilizou os mapas de erosão e progradação da linha de costa capixaba proposto por Albino *et al.* (2006) (Figura 6) e os mapas das unidades geológicas e dos processos costeiros atuantes propostos por Moreira (2009) (Figura 7 e 8).

5.4 COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA DO LITORAL

5.4.1 Método de Agrupamento *Cluster*

A análise de *cluster* foi empregada para identificar grupos de sedimentos similares e para identificar os possíveis limites de células litorâneas. Esta é uma técnica para

combinar características em grupos ou *clusters*, tal que cada *cluster* é homogêneo em relação a determinadas características e observações de um grupo, possuindo características diferentes de outros grupos.

A técnica pode ser usada para procurar por um agrupamento natural dos dados na ordem de simplificar a descrição de um amplo conjunto de dados multivariáveis e para gerar hipóteses a serem testadas no futuro (SANDERSON e ELIOT, 1999).

Para analise de *cluster* utilizou o programa estatístico BioEstat 5.0, desenvolvido por AYRES *et al.* (2007). A definição de similaridade ou homogeneidade de amostras varia de análise para análise e depende dos objetivos do estudo. Optou-se por utilizar o proposto por Sanderson e Eliot (1999) que realizaram a compartimentação dos sedimentos da face praial ao longo da costa sudoeste da Austrália, que também é caracterizada por praias entre afloramentos rochosos. Os autores sugeriram a utilização da distância Euclidiana ao quadrado, que é usada como para medir o grau de similaridade entre amostras:

$$D_{ij}^2 = \sum_{k=1}^{p} (x_{ik} - x_{jk})^2$$

Onde,

D^2_{ij} é a distância ou diferença entre as amostras i e j;

x_{ik} é o valor da variável k para a amostra i;

x_{jk} é o valor da variável k para a amostra j; e

p é o número de variáveis.

Existe um número de diferentes algoritmos de *cluster* disponível para agrupamentos de observações. Utilizou a fórmula de Ward (distância mínima), que serve para alcançar um resultado que maximiza a homogeneidade intra-*cluster* pela minimização da soma do quadrado do total de intra-grupos.

Considerou variáveis quantitativas e qualitativas para a realização da compartimentação das praias pela análise de *cluster*. As variáveis quantitativas incluíram: tamanho médio do grão (média), teor de carbonato da amostra, declividade da face praial e largura da praia (zona emersa); e as qualitativas foram o

grau de exposição da praia às ondas predominantes de nordeste e o estado morfodinâmico da praia (Anexos A e B). As variáveis qualitativas receberam numerações para permitir a comparação com as variáveis quantitativas (Anexo B). As classificações de cada variável se encontram abaixo (Tabela 9). Essas variáveis são comumente utilizadas em estudos de caracterização morfodinâmica de praias e transporte de sedimentos ao longo da costa (STORLAZZI e FIELD, 2000).

TABELA 9 – Classificação das variáveis utilizadas no método de *cluster*.

Média	**Teor de carbonato**	**Declividade da face praial**	**Largura**	**Grau de exposição**	**Tipologia**
Grossa	Baixo <20%	Baixa <1:30	Curta <25m	Exposto	Refletiva
Média	Moderado 20-40%	Moderado 1:30 a 1:10	Moderada 25-35m	Semi-exposto	Intermediária
Fina	Alto 40-60%	Alta >1:10	Longa >35m	Abrigado	Dissipativa
Muito Fina	Muito Alto >60%	-	-	-	-

Através do dendograma obtido após a análise de *cluster* das varáveis supracitadas pelo programa BioEstat 5.0, traçou-se uma linha próxima ao nível porcentagem de 5% para determinar cada compartimento. Quanto menor a porcentagem de um grupo maior o grau de similaridade (SANDERSON e ELIOT, 1999).

6 RESULTADOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

6.1.1 Parâmetros Morfotexturais

A Fig. 17 mostra um gráfico da variação da granulometria do sedimento da face praial na linha de costa de Anchieta e Piúma. Em geral o comportamento granulométrico é contrastante, sendo possível observar sedimentos grossos para muito finos nessa área. Através da análise do gráfico observam-se três tipos sedimentares na área de estudo:

- Tipo Sedimentar 1: caracterizado pela granulometria entre 2.0 e 3.5Φ, areia fina a muito fina de acordo com os limites estabelecidos por Wentworth (1922). Representa o sedimento fino da área de estudo, compreendendo 56% das estações amostrais. Incluem as praias de Castelhanos, Boca da Baleia, Anchieta, Coqueiros, Inhaúma, Santa Helena, Namorados, Costa Azul, Central e Maria-Neném.
- Tipo Sedimentar 2: designa os grãos entre 1.0 e 2.0Φ, areia média, tendo um total de 33% das estações amostradas. Incluem as praias de Chuveirinho, Ubú, Parati, Guanabara, Areia Preta e Portinho.
- Tipo Sedimentar 3: é caracterizado pela granulometria entre 0.0 e 1.0Φ, areia grossa. Representa apenas 11% das amostras coletadas da face praial. Este tipo de sedimento é encontrado ao norte da área de estudo, nas praias de Maimbá e Além.

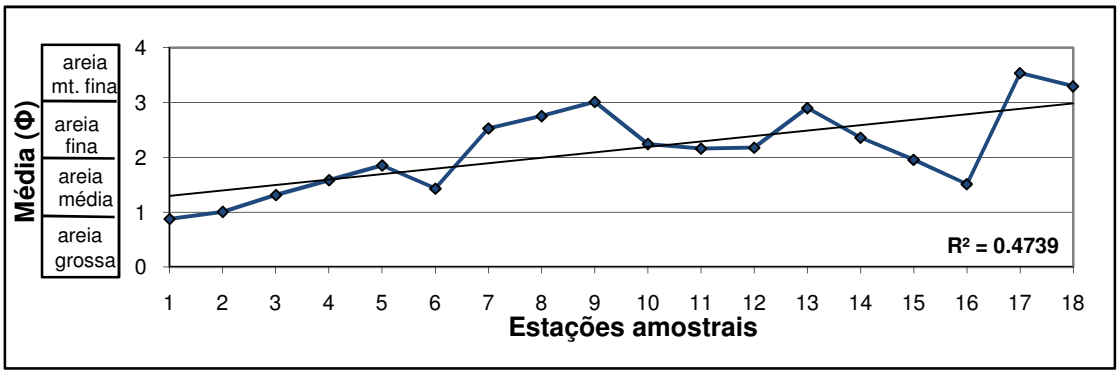


Figura 17: Gráfico da distribuição do diâmetro médio na face praial das praias amostradas.

O gráfico abaixo (Figura 18) mostra a distribuição do desvio padrão para a granulometria nas amostras da face praial. O grau de seleção encontrado através dos valores de desvio padrão segundo os limites propostos por Folk (1968) variou de muito bem selecionado (0,35, praia Central, estação 17) a moderadamente selecionado (0,96, praia de Inhaúna, estação 11), não havendo amostras pobremente selecionadas.

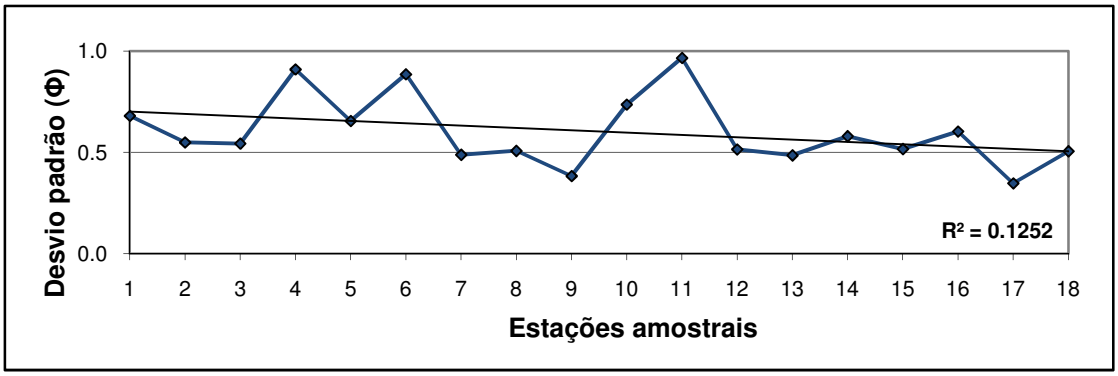


Figura 18: Gráfico da distribuição do desvio padrão na face praial das praias amostradas.

Apesar da baixa correlação entre o desvio padrão e a média (Figura 19), e conseqüentemente o tipo, existe uma tendência para areias finas (tipo 1) serem melhores selecionadas do que areias grossas (tipo 3).

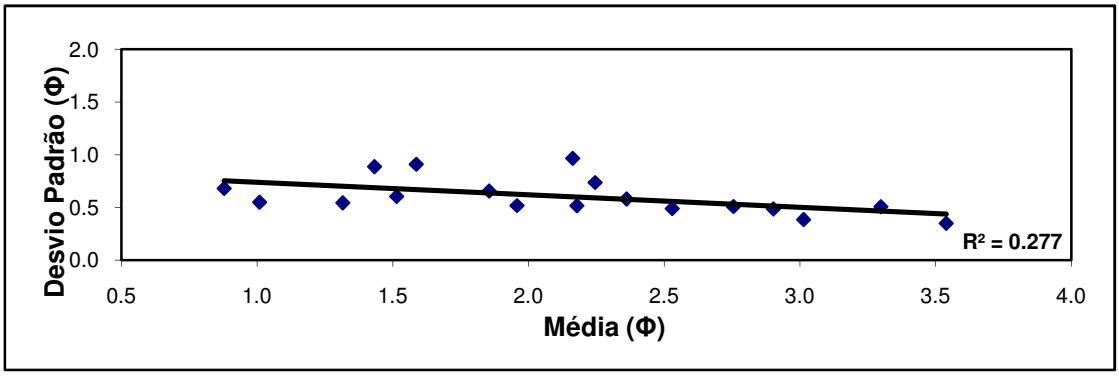


Figura 19: Correlação entre o desvio padrão e a média.

Os sedimentos da face praial foram compostos predominantemente de material carbonato e grãos de quartzo em várias proporções (Figura 20). Grãos de quartzo foram encontrados entre 99% e 20% nas amostras. Em cerca de 78% das amostram o quartzo era o sedimento predominante. Material carbonato foi dominado pelo retrabalhamento, derivado da erosão de recifes de corais na plataforma ou dos promontórios. Em 60% das amostras o carbonato representava menos que 30% do

sedimento da face praial (da praia). Os carbonatos incluíram conchas de bivalves e gastrópodes, algas coralinas, foraminíferos, entre outros.

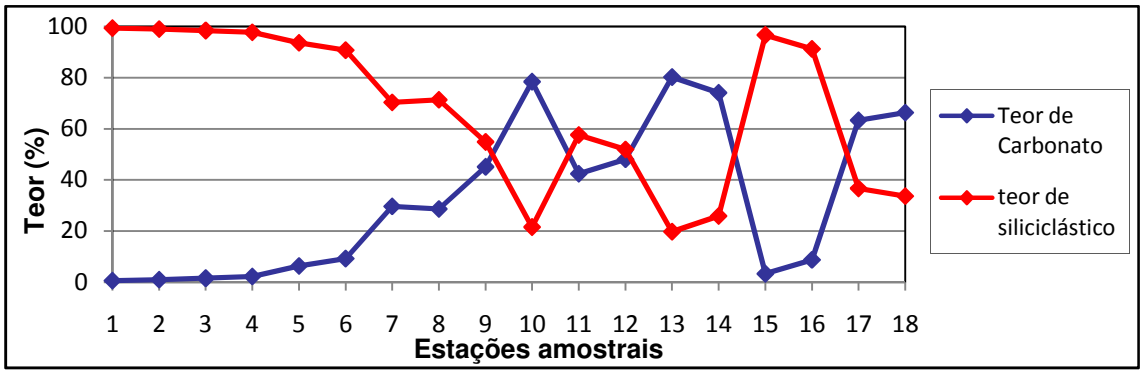


Figura 20: Teor de Carbonato e siliciclástico das praias amostradas.

Em geral, o aspecto superficial dos grãos de quartzo mostrou uma tendência de maior grau de arredondamento nas praias ao norte, como Maimbá e Além, e um equilíbrio entre angulosos e arredondados, ora com grãos mais angulosos do que arredondados, ora ao contrário, nas praias da região central e sul da área de estudo.

6.1.2 Transporte de Sedimentos

As células de balanço sedimentar foram delimitadas através da “matriz de comparação” obtida para as praias amostradas (Tabela 10)

TABELA 10 – Matriz de comparação para células de balanço sedimentar.

	Parâmetros Texturais			Morfologia			Processo E=Erosão D=Deposição T=Transporte	
Estação Amostral	Diâmetro Médio	Grau Seleção	Curtose	Largura	Inclinação	Resultado Final		Sentido da deriva
1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	E	S
2	(+/-)	(+/-)	(+/+)	(+/+)	(+/-)	(+/-)	T	S
3	(+/-)	(+/+)	(-/+)	(-/+)	(+/-)	(+/+)	D	S/L
4	(+/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(+/+)	(-/-)	E	L/W
5	(+/+)	(+/+)	(+/+)	(+/-)	(-/-)	(+/+)	D	W/NE
6	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(+/-)	(+/-)	(-/-)	E	NE/SW
7	(+/-)	(+/+)	(+/+)	(+/+)	(+/+)	(+/+)	D	SW
8	(+/-)	(-/-)	(-/-)	(-/+)	(-/-)	(-/-)	E	N/S
9	(+/+)	(+/+)	(+/-)	(-/+)	(+/+)	(+/+)	D	L
10	(-/+)	(-/+)	(+/+)	(-/+)	(-/+)	(-/+)	T	L
11	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	(-/-)	E	NE/SW
12	(+/-)	(+/-)	(+/+)	(+/-)	(+/-)	(+/-)	T	W
13	(+/+)	(+/+)	(-/-)	(+/-)	(+/+)	(+/+)	D	W/NE
14	(-/+)	(-/-)	(+/-)	(+/+)	(-/+)	(-/+)	T	NE
15	(-/+)	(+/+)	(+/+)	(-/-)	(-/-)	(-/+)	T	NE
16	(-/-)	(-/-)	(-/+)	(+/-)	(+/-)	(-/-)	E	L
17	(+/+)	(+/+)	(-/-)	(+/-)	(+/+)	(+/+)	D	W
18	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	E	W

O método de McLaren considerando todas as amostras mostrou-se transporte significativo somente comparando as amostras de norte para sul sendo o Caso B o único significativo constituindo 38 % dos casos possíveis (Tabela 11).

TABELA 11 – Resumo da aplicação do Z-teste (McLaren e Bowles, 1985) para as praias do município de Anchieta e Piúma..

Caso	Parâmetros	Maimbá →Maria-Neném	Maria Neném → Maimbá
A	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica	x = 28 N = 153 Z = 2.170	x = 17 N = 153 Z = - 0.519
B	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais negativamente assimétrica.	x = 59 N = 153 Z = 9.748	x = 12 N = 153 Z = - 1.742

C	Média mais grossa; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica.	x = 7 N = 153 Z = - 2.964	x = 23 N = 153 Z = 0.947

Desta maneira, a deriva litorânea apresentou a mesma direção das forçantes oceanográficas e dos processos costeiros atuantes na linha de costa de Anchieta e Piúma (MOREIRA, 2009), norte/nordeste para sul/sudoeste.

6.2 AGRUPAMENTO DE PRAIAS E COMPARTIMENTAÇÃO COSTEIRA

Algumas características morfodinâmicas visuais das praias ao longo da linha de costa dos municípios de Anchieta e Piúma encontram-se abaixo (Tabela 12). As classificações das variáveis utilizadas encontram-se na Tab. 9. A mesma coloração indica praias com características próximas ou iguais. As características morfodinâmicas detalhadas das 18 praias estudadas, além de outras características relevantes e o registro fotográfico, encontram-se em anexo (Anexo C).

TABELA 12 – Caracterização morfodinâmica das praias do município de Anchieta e Piúma.

Praia	Média	Gradiente face	Largura	Exposição	Tipologia
Maimbá	grossa	alto	moderada	exposto	refletiva
Além	grossa	alto	moderada	exposto	refletiva
Chuveirinho	média	alto	moderada	exposto	refletiva
Ubú	média	alto	curta	semi- exposto	intermediária
Parati	média	alto	curta	semi- exposto	refletiva
Guanabara	média	alto	moderada	exposto	refletiva
Castelhanos	fina	moderado	curta	exposto	intermediária
Boca da Baleia	fina	moderado	moderada	abrigado	dissipativa
Anchieta	muito fina	moderado	moderada	abrigado	dissipativa
Coqueiros	fina	alto	curta	semi- exposto	refletiva
Inhaúma	fina	alto	curta	semi- exposto	refletiva
Santa Helena	fina	moderado	moderada	semi- exposto	dissipativa
Namorados	fina	moderado	longa	exposto	dissipativa
Costa Azul	fina	moderado	longa	abrigado	dissipativa
Areia Preta	média	alto	moderada	semi- exposto	intermediária
Potrinho	média	alto	moderada	exposto	refletiva
Central	muito fina	baixo	moderada	semi- exposto	dissipativa
Maria-Neném	muito fina	baixo	longa	exposto	dissipativa

As semelhanças das praias por meio das características morfodinâmicas (Tab. 12), podem ser comparadas com os compartimentos obtidos pelas análises estatísticas. Na análise de *cluster*, sete compartimentos de características sedimentares, morfológicas e geológicas foram identificados, baseado na similaridade dos parâmetros de diâmetro médio, grau de exposição, teor de carbonato, gradiente da face, largura e tipologia da praia. O Dendograma (Figura 21) obtido pela análise de *cluster* ilustra as estações amostrais com características sedimentares similares.

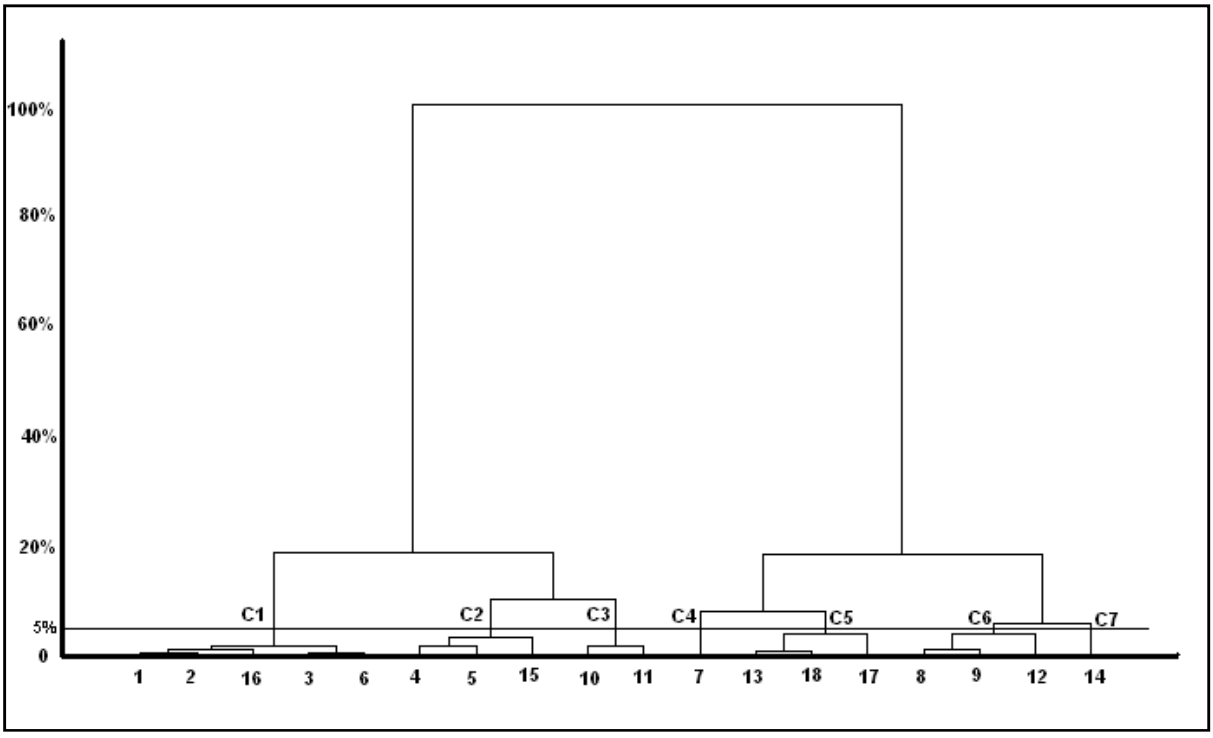


Figura 21: Dendograma obtido através da análise de *cluster*.

As características dos compartimentos costeiros encontrados para as praias dos municípios de Anchieta e Piúma estão evidenciadas abaixo (Tabela 13). As classificações das variáveis utilizadas encontram-se na Tab. 9.

TABELA 13 – Características dos compartimentos costeiros para o município de Anchieta e Piúma.

Praias	Estações	Compartimento	Média	Exposição	Carbonato	Gradiente Face	Largura	Tipologia
Maimbá, Além, Chuveirinho, Guanabara e Portinho	1, 2, 3, 6 e 16	**C1**	grossa a média	exposto	baixo	íngreme	média	Refletiva
Ubú, Parati e Areia Preta	4, 5 e 15	**C2**	média	semi-exposto	baixo	íngreme	curta a média	Intermediária
Coqueiros e Inhaúma	10 e 11	**C3**	fina	semi-exposto	alto a muito alto	íngreme	curta	Refletiva
Castelhanos	7	**C4**	fina	exposto	moderado	moderado	longa	Intermediária
Namorados, Central e Maria-Neném	13, 17 e 18	**C5**	fina a muito fina	exposto e semi-exposto	muito alto	suave	longa	Dissipativa
Boca da Baleia, Anchieta e Santa Helena	8, 9 e 12	**C6**	fina	abrigado e semi-exposto	moderado a alto	moderado	média	Dissipativa
Costa Azul	14	**C7**	fina	abrigado	muito alto	moderado	longa	Dissipativa

7 DISCUSSÃO

7.1 SEDIMENTOLOGIA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

A variabilidade dos tamanhos dos grãos na área de estudo é devido às diferentes fontes sedimentares ao longo da costa, como falésias da Formação Barreiras, *input* de rios, planícies costeiras, afloramentos rochosos e plataforma continental.. Em direção ao sul observa a diminuição do tamanho do grão, possivelmente por causa da contribuição fluvial dos rios Novo e Benevente, no qual os sedimentos finos são retrabalhados em sistemas de planícies costeiras ou entre os afloramentos rochosos, que também aumentam o grau de seleção dos sedimentos (GIANNINI, 1993 *apud* SILVA *et al.*, 2006). Estudos em praias de Santa Catarina sugerem que a variabilidade granulométrica é devido à combinação do retrabalhamento de sedimentos finos e o sedimento grosso originado do afloramento cristalino (SILVA *et al.*, 2006). Já outros estudos atribuem à distribuição granulométrica em segmentos distintos de Santa Catarina pelo transporte longitudinal e fonte sedimentar (TORRONTEGUY, 2002; ABREU de CASTILHOS, 1995 *apud* SILVA *et al.,* 2006).

De maneira geral, notou-se uma diminuição granulométrica da estação 1, praia de Maimbá, para a estação 18, praia Maria-Neném (Figura 17). Essa tendência de diminuição granulométrica de norte para sul não é encontrada em algumas regiões do Estado, como em praias próximo ao rio Doce (SILVA, 2008) e no arco praial Ponta da Fruta – Setiba, localizado na região centro-sul do Estado (PAVANI, 2006), que apresentam aumento da granulometria de norte para sul. Esse padrão de engrossamento dos sedimentos, segundo McCave (1978), é devido à permanência de grãos finos na zona próxima à praia através de processos de espraiamento nos eventos de trocas transversais. Entretanto, a diminuição de granulometria na área de estudo reflete a direção da deriva litorânea proposto por Moreira (2009) (Figura 7 e 8).

Apesar do gradiente granulométrico apontar uma deriva litorânea de norte para sul nas praias da área de estudo, isso não é corroborado pelo grau de seleção e o grau arredondamento dos grãos de quartzo. Estudando as praias de Chesil na costa sul

da Inglaterra, Bird (1996) observou um gradiente granulométrico ao longo da praia juntamente com o aumento da seleção e do arredondamento do sedimento. Isso ocorre pela combinação de várias características, como tamanho, forma e densidade do grão e equivalência hidráulica frente a processos de onda. A possível razão da ausência dessa relação nas praias analisadas, já que não houve um aumento significativo no grau de seleção (Figura 18) e no arredondamento dos grãos, é o aporte de sedimentos através de rios e afloramentos rochosos que contribuem com uma maior variedade de classes granulométricas e a maior exposição de praias ao norte que permite o maior retrabalhamento dos grãos aumentando seu grau de arredondamento.

Segundo Masselink (1992), o gradiente longitudinal em praias em equilíbrio dinâmico é devido a uma fonte sedimentar, pois em praias baía-promontório a deriva litorânea não é suficiente para promover o selecionamento do sedimento. Silva *et al.* (2006) acreditam que o gradiente ocorra se existe fonte sedimentar local na zona costeira e a deriva litorânea seja capaz de promover a combinação ou mistura das classes sedimentares. Por isso, para explicar o gradiente lateral em praias dinâmicas baía-promontório é necessário aumentar estudos sobre fontes sedimentares, por serem fundamentais para explicar o padrão de distribuição sedimentar (KOMAR, 1976; CARTER 1988). Assim, de acordo com Silva *et al*. (2006), é possível concluir que a ocorrência e localização de classes granulométricas em praias baía-promontório não dependem exclusivamente da energia de onda, como já foi sugerido por alguns autores (SHORT, 1999; SILVA *et al*., 2000; KLEIN e MENEZES, 2001). A relação entre o estado de equilíbrio da praia e o gradiente lateral é influenciada pelas características da fonte sedimentar.

7.1.1 Células Litorâneas de Balanço Sedimentar

O resultado para área de estudo também mostra a ocorrência de distintas classes granulométricas em praias adjacentes, sugerindo que o transporte litorâneo de sedimentos pode ser restrito para alguns sistemas praiais, com exportação de sedimentos limitada entre algumas células de balanço sedimentar, como as praias de Ubú e Parati (estações 4 e 5) e Costa Azul (estação 14), que provavelmente

possuem troca sedimentar limitada devido sua orientação em relação à linha de costa e a direção da deriva litorânea. Apesar dessa relação ser evidenciada com a linha batimétrica aproximando da costa (Figura 7 e 8), se consideramos a proposta de Hallermeier (1981) e Muehe (2001), a profundidade limite de troca sedimentar seria de 6,4 m, indicando que as trocas sedimentares entre os compartimentos ocorreriam livremente; além do alto teor de carbonato da praia Costa Azul (~75%), sugerindo possível troca sedimentar com a plataforma continental.

De acordo com Klein *et al*. (2005), diferentes classes granulométricas em praias adjacentes ao longo de costas com praias baía-promontório (Figura 17, estação 6 e estações 10 a 12), indica que os padrões de circulação são restritos para algumas praias, não existindo trocas entre algumas células.

De maneira geral, as praias de Ubú, Guanabara, Boca da Baleia, Inhaúma e Portinho foram classificadas como erosivas, sugerindo zona de barlamar de duas células de deriva litorânea. Essas praias geralmente apresentaram menores larguras e maior declividade da face praial quando comparadas com suas praias adjacentes, sugerindo a ocorrência de ambientes sujeitos a fortes processos erosivos.

As praias que se comportaram como zonas de transporte foram: Além, Coqueiros, Santa Helena, Costa Azul e Areia Preta. Já as áreas classificadas como deposicionais, sugerindo serem zonas de sotamar de duas células constituem as praias de Chuveirinho, Parati, Castelhanos, Anchieta, Namorados e Central. Algumas praias deposicionais apresentaram plataforma interna mais suave quando analisada a linha batimétrica de 5 metros, como é o caso de Castelhanos, Anchieta, Namorados e Central. Souza (1997) ressalta que a classificação da praia em determinada zona de uma célula de balanço sedimentar é influenciada pelas contribuições fluviais próximas a praia.

O transporte geral nas praias estudadas, obtido através do método de células de balanço sedimentar, indicou um equilíbrio de correntes de deriva litorânea atuando tanto nos sentidos N, NE e E como nos S, SW e W. Encontrou que 52% dos rumos foram de N, NE e E, e os 48% restantes apresentaram rumos S, SW e W. Deste

modo, o método de células de balanço sedimentar apresentou direção oposta da deriva litorânea pela análise granulométrica e pelo proposto por Moreira (2009).

O resultado encontrado pelo método de célula reflete ao encontrado por Souza (1997) para praias localizadas na costa oeste de São Paulo. O intenso recorte da linha de costa, formando enseadas e baías de diversos tamanhos, promove o desenvolvimento de pequenas células de deriva litorânea. Segundo Souza (1997), essas células resultam de muitas interferências que os trens de ondas sofrem ao se aproximar do litoral, tomando várias direções. Por isso, não é possível observar uma tendência única de transporte ao longo da costa analisada. Entretanto, analisando a região mais exposta, praias ao norte e a leste da Ponta dos Castelhanos, observa a tendência de transporte para o sul no qual 64% indicam rumos S, SW e W, enquanto 36% apresenta rumos de N, NE e E. Assim, conclui-se que a deriva litorânea é mais facilmente observada em ambientes onde processos de onda ocorrem sem restrições do que em regiões de costa recortada onde acontece intensa refração de ondas.

7.1.2 Transporte Longitudinal

O modelo de McLaren só foi significativo para a direção de transporte de norte para sul, sendo o Caso B o único representativo, compreendendo 38% de todos os oito processos possíveis de ocorrer entre duas amostras como proposto por McLaren (1981). De acordo com McLaren e Bowles (1985), no Caso B o depósito torna-se mais fino, melhor selecionado e com assimetria mais negativa que sua fonte, quando houver decréscimo de energia no sentido do transporte, e a função de transferência exibir baixa energia. Dessa forma, o modelo de McLaren juntamente com os dados morfotexturais apresentados, mostra uma direção de transporte de sedimento principalmente de nordeste para sudoeste. Essa deriva segue a mesma direção dos ângulos de incidência de ondas e ventos predominantes para a costa dos municípios de Anchieta e Piúma (Figura 7 e 8), o que conseqüentemente, geram um padrão de corrente longitudinal de norte para sul.

Correlações positivas na aplicação do método de McLaren (1981) foram obtidas por Bittencourt *et al.* (1992) e Muehe e Carvalho (1993), que caracterizaram os sentidos de corrente de deriva litorânea para praias da Bahia e praias e plataforma continental do Rio de Janeiro, respectivamente.

De acordo com Silva *et al.* (2006), em alguns casos o gradiente granulométrico é mascarado se existe um *input* sedimentar contínuo. Dessa forma, a influência de várias fontes sedimentares na área de estudo como rios, falésias e promontórios, além de praias com células litorâneas limitadas com pouca troca sedimentar com as adjacentes, pode mascarar o resultado do método de Mclaren, pois tornaria o depósito pior selecionado e com classes granulométricas distintas a áreas vizinhas. Em razão disto, propôs retirar o Compartimento 2 e 3 (Tabela 13) e as estações 9 e 16 para verificar a direção da deriva litorânea, pois são praias que possivelmente comportam como células fechadas ou recebem contribuição direta de aportes fluviais. O resultado está exposto abaixo (Tabela 14).

TABELA 14 – Resumo da aplicação do Z-teste (McLaren e Bowles, 1985) quando retiradas algumas praias e compartimentos.

Caso	Parâmetros	Maimbá →Maria-Neném
A	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica	x = 1 N = 55 Z = -2,395
B	Média mais fina; Mais bem selecionada; Mais negativamente assimétrica.	x = 39 N = 55 Z = 13.098
C	Média mais grossa; Mais bem selecionada; Mais positivamente assimétrica.	x = 0 N = 55 Z = 0

O resultado do método de McLaren (Tabela 14) mostrou que somente o Caso B de transporte foi significativo, mas agora representando 71% de todos os processos possíveis, corroborando que algumas praias podem mascarar o resultado do método

devido a aportes sedimentares locais e por serem células fechadas não interagindo com praias vizinhas.

7.2 COMPARTIMENTAÇÃO E MORFODINÂMICA DAS PRAIAS DE ANCHIETA E PIÚMA

O resultado obtido pela análise de *cluster* indica a existência de tipos praiais que podem ser distinguidos baseados em sua morfologia e nos sedimentos. Seis variáveis foram consideradas para descrever o perfil ativo da praia em cada uma das dezoito amostras. As diferentes formas praias foram geralmente associadas com diferentes sedimentos. Apesar disto, algumas praias possuem características sedimentares que foram diferentes em outras praias dentro de categoria similar.

7.2.1 Relação entre Granulometria X Tipologia Praial X Grau de Exposição

Algumas praias da área de estudo podem ser classificadas como expostas considerando ondas predominantes de nordeste, são elas: praia de Maimbá, Além, Chuveirinho, Guanabara, Castelhanos, Namorados, Portinho e Maria-Neném, estações 1, 2, 3, 6, 7, 13, 16 e 18 respectivamente. Essas possuem uma orientação NNW-SSW e englobam todos os estados morfodinâmicos, de refletivo a dissipativo.

Praias semi-expostas apresentaram granulometria de areia média a muito fina e todos os tipos morfodinâmicos, estando de acordo com o encontrado por Klein (2004) para praias semi-expostas de Santa Catarina que variaram de areia grossa a fina e de refletiva a dissipativa. As praias possuem orientação predominante de LW-SW e incluem: Ubú, Parati, Coqueiros, Inhaúma, Santa Helena, Areia Preta e Central, estações 4, 5, 10, 11, 12, 15 e 17 respectivamente.

Poucas praias protegidas de onda de nordeste foram encontradas, sendo elas Boca da Baleia, Anchieta e Costa Azul, estações 8, 9 e 14 respectivamente. A orientação dessas praias variou de SE-NW e L-S, sendo sua granulometria e tipologia restrita a fina e dissipativa. Klein e Menezes (2001) mencionaram a dificuldade de classificar praias abrigadas na classificação de Wright e Short (1983) e Short (1999) utilizando

a abordagem dinâmica de ondas. Ainda segundo Klein e Menezes (2001) em praias abrigadas a granulometria que define sua forma e declividade.

Estudos no ambiente praial (KOMAR 1976; WRIGHT E SHORT, 1984; SHORT 1999; KLEIN e MENEZES 2001; KLEIN, 2004; KLEIN *et al.* 2005, SILVA *et al.*, 2006) mostram a variabilidade do estado morfodinâmico devido às características sedimentares, principalmente para praias exposta e semi-expostas. Sedimentos finos, por exemplo, tendem a produzir praias dissipativas e sedimentos grossos praias refletivas, para um dado contraste de onda. De acordo com Short (1999), a granulometria (com a altura de onda) controla a forma e a dinâmica da praia. Ondas similares em praias compostas de granulometria fina, média ou grossa interagem para produzir diferentes tipos praiais.

Análise de *Cluster* (Tabela 13) mostrou que as praias refletivas da área de estudo tendem a ter uma granulometria de média a grossa e serem mais expostas refletindo o encontrado por Klein (2004) em praias expostas e semi-expostas de Santa Catarina. Entretanto as praias de Coqueiros e Inhaúma apresentaram sedimento fino, mas com alta declividade da face praial tornando-as refletiva. A possível razão é que essas praias estão localizadas próximas à desembocadura do rio Benevente e entre afloramentos rochosos. A combinação de muito aporte sedimentar fino pelo rio, menor exposição e pouco espaço para alocação desse sedimento, visto que são praias de curta largura (C3, Tabela 13), pode causar a alta inclinação da face praial, típicas de praias refletiva e/ou construtivas.

O estado morfodinâmico refletivo predominou nas praias ao norte, como Maimbá e Além, influenciadas diretamente pela Formação Barreira (Figura 6). De acordo com Silva (2003 *apud* KLEIN *et al.*, 2005), areias grossas e médias de praias refletivas e intermediárias estão associadas com praias localizadas em pequenas planícies costeiras (limitada por falésias da Formação Barreira) ou sobre afloramentos rochosos, muitas vezes originadas do retrabalhamento de leques aluviais, ilhas barreiras e aporte de rios.

Praias dissipativas apresentaram areia fina a muito fina e geralmente são abrigadas e semi-expostas (C5, Tabela 13). Segundo Klein *et al.* (2005), areia fina em praias

dissipativas está associada com suprimento fluvial e o bom desenvolvimento de planície costeira, como as praias de Anchieta, Central e Maria-Neném (Figura 6). Esse padrão não é encontrado para as praias dos Namorados e Maria-Neném, que foram consideradas expostas. O estado dissipativo nessas praias é possivelmente devido ao grande aporte de sedimento fino já que a praia dos Namorados é uma zona de depósito de duas células de balanço sedimentar (Tabela 10) e Maria-Neném que está localizada próxima a desembocadura do rio Novo. A relação do estado morfodinâmico e o grau de exposição dessas praias está de acordo com o relato por Klein e Menezes (2001), no qual praias dissipativas ocorrem nos três tipos de grau de exposição em Santa Catarina. Em áreas expostas e semi-expostas elas são bem desenvolvidas (largura longa) compostas de areia fina a muito fina. Já em áreas abrigadas praias são compostas de areia fina, mas menos desenvolvidas.

A largura da praia esta relacionada com a capacidade da mesma armazenar e reter sedimentos frente a processos hidrodinâmicos (HOEFEL, 1998). Na área de estudo percebe uma leve tendência de aumento na largura da praia quando o afloramento rochoso adentra no continente após a praia de Parati (estação 5), aumentando assim a extensão da planície quaternária (praias de Castelhanos, Boca da Baleia e Anchieta), voltando diminuir a largura quando a cadeia rochosa retorna a aflorar na interface continente-oceano (Figura 7 e 8). Porém nota-se que também é possível o desenvolvimento de praias longas entre costões rochosos quando existe um favorecimento da hidrodinâmica para reter sedimento, como é o caso da praia Costa Azul.

O estado intermediário foi encontrado em locais semi-expostos de areia média e expostos de areia fina, não sendo compatível ao encontrado por Klein e Menezes (2001) em Santa Catarina, no qual condições intermediárias seriam mais freqüentes em praias exposta de areia média.

7.2.2 Relação entre Granulometria X Inclinação da Face X Largura

Os resultados encontrados para relação declividade da face praial e granulometria nas praias da área de estudo foram similares aos de Bascom (1951), que analisou

quarenta praias arenosas na costa leste dos E.U.A. e encontrou que praias assentadas de baixa declividade são constituídas por areias finas e as íngremes compostas por areias mais grossas. Esse mesmo padrão também é evidenciado por Klein *et al.* (2005) para praias embaiadas de Santa Catarina e por Hegge *et al.* (1996) para praias abrigadas na costa sudoeste da Austrália. Essa relação foi evidenciada pela análise de *cluster* (Tabela 13) e o gráfico entre granulometria e declividade (Figura 22). O maior valor de declividade é encontrado na praia de Parati em Anchieta (1:8) e o de menor valor na praia Central em Piúma (1:60). Porém praias de areia fina também apresentaram alta declividade da face praial (C3, Tabela 13), são elas praia dos Coqueiros e Inhaúma, como discutido anteriormente.

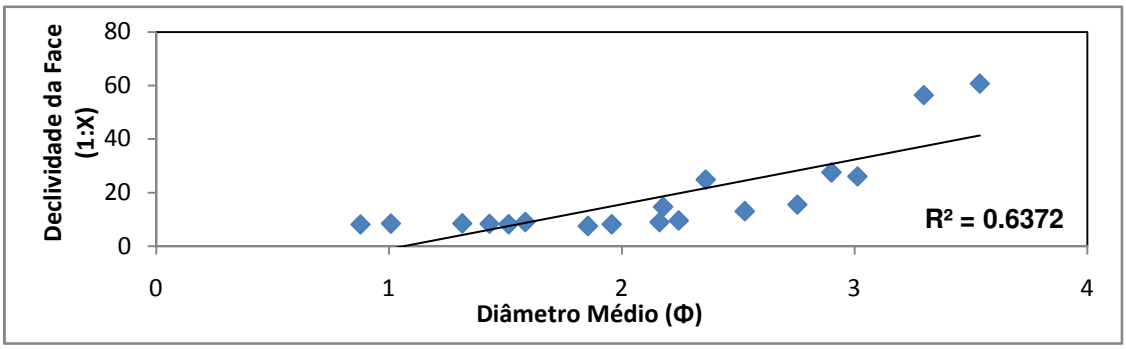


Figura 22: Relação entre diâmetro médio e declividade da face praial.

Komar (1976) em uma revisão sobre declividade da face praial conclui que existem muitas variáveis que afetam a declividade da face praial, como granulometria, grau de seleção, energia de onda entre perfil normal e de tempestade, período da onda, interação com lençol freático e ciclo de maré. Entretanto, ele aponta que a variável mais importante é a granulometria do sedimento da face praial.

A largura da praia também demonstrou boa relação entre a granulometria e a declividade da face praial. Segundo Klein (2004), areia fina produz baixa declividade em uma larga zona de espraiamento de alto potencial de mobilização de areia, enquanto praias de areia média a grossa apresentam declividade mais íngreme e uma zona de espraiamento mais estreita. Praias de largura curta a moderada apresentaram associadas a uma face praial mais íngreme e a um sedimento médio a grosso, como praia de Ubú, Parati e Areia Preta (C2, Tabela 13), exceto para as praias dos Coqueiros e Inhaúma que apresentam sedimento fino devido ao aporte do rio Benevente. Praias mais desenvolvidas, de largura longa, apresentaram

declividade suave da face e areia fina a muito fina, tal como praia dos Namorados, Central e Maria-Neném (C5, Tabela 13).

Essa relação sedimento-morfologia, no qual praias assentadas são compostas de areia fina e íngremes de sedimento mais grosso, foi mencionada por diversos autores (JOHNSON, 1956; SHEPARD, 1963; WIEGEL, 1965; KING, 1972, FINKELSTEIN, 1981; *apud* KLEIN, 2005; HEGGE *et al*., 1996).

7.2.3 Relação entre Carbonato X Granulometria X Grau de Exposição

Apesar do teor de carbonato apresentar baixos valores para praias de granulometria média a grossa e valores moderado a muito alto em praias de areia fina a muito fina não é possível apresentar uma relação direta entre teor de carbonato e granulometria devido ao comportamento dinâmico desse carbonato em praias, já que o mesmo é altamente influenciado pela hidrodinâmica local e a classe granulométrica depende da fonte sedimentar. Observou a tendência de baixos valores de carbonato em áreas expostas e em algumas semi-expostas, devido à alta hidrodinâmica desses ambientes propiciando a quebra do carbonato, alterando sua granulometria e seu comportamento hidráulico, e assim impossibilitando seu depósito (KOMAR, 1976).

Praias abrigadas e algumas semi-expostas apresentaram moderado a muito alto valor de carbonato, chegando a representar 80% do sedimento praial como é o caso da praia dos Namorados. Isso ocorre devido aos promontórios que funcionam como barreiras para entrada direta de ondas, propiciando baixa hidrodinâmica nesses ambientes. Praias próximas a desembocaduras de rios apresentaram composições bem distintas de carbonato. As praias próximas a desembocadura do rio Novo, como Areia Preta e Portinho, apresentaram baixo teor de carbonato, enquanto em Anchieta, Coqueiros e Inhaúma que estão próximas ao rio Benevente observou um alto valor de carbonato. Esse padrão possivelmente reflete a importância de cada rio para as suas respectivas praias, além das praias próximas ao rio Benevente possuírem menor hidrodinâmica em função da Ponta dos Castelhanos que limita a chegada de ondas dominantes de nordeste. De acordo com Komar (1976), o alto

conteúdo de carbonato ocorre em áreas que experimentam baixo suprimento terrígeno e onde outras fontes são negligenciadas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compartimentação morfodinâmica pelo método estatístico multivariável mostrou-se eficiente para englobar diferentes áreas de acordo com as variáveis de granulometria, teor de carbonato, inclinação da face praia, largura da praia (zona emersa), grau de exposição à ondas de nordeste e estado morfodinâmico da praia. Praias expostas geralmente apresentaram granulometria média à grossa, baixo teor de carbonato, inclinação íngreme da face praial e estado morfodinâmico refletivo. Já praias abrigadas e semi-expostas na maior parte eram constituídas de areia fina, moderado a alto teor de carbonato, declividade variada da face praial e estado morfodinâmico intermediário e dissipativo. Essas características também são encontradas por Klein (2004) para o litoral recortado de Santa Catarina. Os resultados inesperados pra algumas praias se devem as diferentes fontes sedimentares que a costa de Anchieta e Piúma está exposta. O resultado obtido por esse método mostrou sete compartimentos distintos em relação aos parâmetros morfotexturais e ambientais.

O método de células sedimentares (TAGGART e SCHWARTZ, 1988; SOUZA 1997) não mostrou uma direção predominante de transporte de sedimentos. Segundo Souza (1997) esse padrão é comum em regiões com afloramentos rochosos na região costeira. O método de McLaren (1981) e McLaren e Bolwes (1985) juntamente com a análise morfotextural confirmou a direção de transporte igual a das forçantes meteorológicas e dos processos costeiros propostos por Moreira (2009), sendo assim, um deriva litorânea de norte/nordeste para sul/sudoeste. Entretanto, ressalta-se que esses modelos aplicados possuem limitações, podendo mascarar os resultados, dando falsas interpretações, principalmente em praias contidas entre promontórios rochosos, que modificam os trens de ondas que chegam a costa.

A compartimentação do litoral e a delimitação de células de balanço sedimentar são fatores importantes na compreensão de processos morfodinâmicos naturais na zona costeira, além de serem ferramentas essenciais para um gerenciamento eficaz da costa, pois a dimensão dos impactos gerados em determinada região (obras de engenharia costeira) poderá ser estimada.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. In: **Geografares**, Vitória, n. 2, jun. 2001.

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Erosão e Progradação do litoral do Espirito Santo. In: Dieter Muehe. (org.). **Erosão e Progradação do Litoral do Brasil**. Brasilia: Minstério de Meio Ambiente, v. 1, p.226 – 264, 2006.

AMADOR, E. S; DIAS, G. T. Considerações preliminares sobre depósitos do Terciário Superior do Norte do Espírito Santo. **Anais Academia Brasileira Ciências**, v. 50(1), p. 121-132, 1978.

ANFUSO, G.; POZO, J. A. M. del; GRACIA, F. J.; AGUAYO, F. L. Long-shore distribution of morphodynamic beach states along an apparently homogeneous coast in SW Spain**. Journal of Coastal Conservation,** v. 9, p. 49-56, 2003.

AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat:** aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém, 2007.

BARROSO, G. F.; SUBTIL, E. L.; GARCIA, A. N. Aspectos da qualidade da água na área de cultivo de moluscos bivalves de Anchieta (ES). In: BARROSO, G. F.; POERSCH, L. H. da S.; CAVALLI, R. O. **Sistemas de cultivos aqüícolas na zona costeira do Brasil:** recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. 315 p.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos do Instituto das Ciências da Terra**, 1964.

BIRD, E. C. F. Lateral grading of beach sediments: a commentary. **Journal of Coastal Research,** v. 12 (3), 774-785 p. 1996.

BITTENCOURT, A. C. S.; BOAS, V. S. G.; FARIAS, F. F. Variações direcionais nos parâmetros granulométricos: Um indicador apropriado para o sentido da deriva litorânea. **Revista Brasileira de Geociências**. Brasil, v.22, 100-106 p. 1992.

BLOTT, S. J.; PYE, K. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms,** v, 26, 1237-1248 p. 2001.

BRAY, M. J.; CARTER, D. J.; HOOKE, J. M. Littoral cell definition and budgets for central southern England. **Journal of Coastal Research,** v. 11 (2), 381-400 p. 1995.

CARTER, R. W. G.; **Coastal Environments:** an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines. 6. ed. London: Academic Press, 1998

Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), 2003. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R032.htm> Acesso em: 5 jun. 2009.

COOPER, N. J.; PONTEE, N. I. Appraisal and evolution of the littoral 'sediment cell' concept in applied coastal management: Experiences from England and Wales. **Ocean & Coastal Management,** v. 49, p. 498-510, 2006.

CUNHA, S. B. da. Bacias Hidrográficas. In: GUERRA, A. J. T. E CUNHA, S. B. da (orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 1998, p. 273-349.

DAVIES, J. L. The coastal sediment compartment. Australian Geographical Studies, v. 12, 139–151p. 1974.

DAVIS. **Coastal Sedimentary Environments**. New York: Springer-Verlag, 2ª ed. 716 p. 1985.

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

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

FOLK, R. L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Hemphill Publishing Company, 170p. Austin, Texas – USA, 1968.

FORTUNATO, A. B.; CLÍMACO, M.; OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, A.; SANCHO, F.; FREIRE, P. Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Proteção. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 8(1), pp. 45-63. 2008.

GEOBRASIL. O estado das atividades nos ambientes marinhos e costeiros. In: **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Edições IBAMA, 2002. Disponível em:<http://www.cfh.ufsc.br/~oceano/documents/amb_marinhos.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2009.

HEGGE, B.; ELIOT, I.; HSU, J. Sheltered sandy beaches of southwestern Australia. **Journal of Coastal Research,** v.12 (3), p. 748-760, 1996.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica.** Itajaí: Editora da UNIVALI, 1998.

IBGE. Contagem da população 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2009.

IEMA. Disponível em: <http://www.meioambiente.es.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2009.

INMAN, D. L. Littoral Cells. In: SCHWARTZ, M. (ed.) **Encyclopedia of Coastal Science.** The earth Science Encyclopedia on line. 1-20 p. 2003. Disponível

em:<http://escholarship.org/uc/item/61p812hc?query=littoral%20cell>. Acesso em: 27 nov 2009.

KLEIN, A. H. da F.; MENEZES, J. T. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast**. Journal of Coastal Research***,* v. 17(4), 812-835 p. 2001. West Palm Beach (Florida).

KLEIN, A. H. da F. **Morphodynamics of headland-bay beaches**: examples from the coast of Santa Catarina State, Brazil. Tese de Doutoramento em Ciências do Mar - Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade do Algarve, Faro, 2004.

KLEIN, A. H. da F.; SILVA, G. M. da; FERREIRA, Ó; DIAS, J. A. Beach sediment distribution for a headland bay coast. **Journal of Coastal Research***,* SI(42), 285-293p. 2005. West Palm Beach (Florida).

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation** (2th edition). New Jersey: Prentice-Hall, 1976.

KOMAR, P.D. 1991. **Handbook of Coastal Processes and Erosion** (4th edition). CRC Press. 297p.

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

KUKI, K. N. **Emissões da indústria de minério de ferro como fatores de risco ecológico em espécies ocorrentes na restinga de Anchieta, Espírito Santo, Brasil.**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

LEEDER, M. R. **Sedimentology:** Process and Product. London: Chapman & Hall, 344p. 1982.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. In: **Boletim IG – USP**, São Paulo, v. 15, 186 p. 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, 389-404 p. 1996.

MAZZER, A. M. **Proposta Metodológica de Análise de Vulnerabilidade da Orla Marítima à Erosão Costeira**: Aplicação na Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil. Tese de Doutoramento em Geociências. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 169 p. 2007.

MASSELINK, G. Longshore variation of grain size distribution along the coast of the Rhone Delta, Southern France: a test of the “McLaren model”. **Journal of Coastal Research,** v. 8(2), 286-291 p. 1992.

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

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

McLAREN, P., and BOWLES, D. The Effects of sediment transport on grainsize distributions. **Journal of Sedimentary Petrology,** v. 55(4), 457-470 p. 1985.

MOREIRA, P. S. C. **Variação da linha de costa e sensibilidade aos processos costeiros de erosão e progradação entre Vitória (ES) e Cabo Frio (RJ) no período de 1954 a 2000.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2009.

MUEHE, D.; CARVALHO, V. G. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre Ponta de Saquarema e o Cabo Frio RJ. Boletim do Instituto Oceanográfico. São Paulo, v. 41, 1-12p. 1993.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: CUNHA, D. S.; GUERRA, T. J. A. (org.) **Geomorfologia:** Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua compartimentação. In: GUERRA, A. J. T. E CUNHA, S. B. da (orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 1998, p. 273-349.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro:** Uma Caracterização Físico-Ambiental. Rio de Janeiro: FEMAR, 1998.

MUEHE, D**.** Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2(1), 35-44 p. 2001.

OJEDA, E.; GUILLÉN, J. Shoreline dynamics and beach rotation of artificial embayed beaches. **Marine Geology,** v. 253, 51-62 p. 2008

PAVANI, F. C. **Determinação da direção e da taxa de transporte longitudinal no arco praial compreendido entre a praia da Ponta da Fruta, Vila Velha e Setiba, Guarapari–ES**. Mografia da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2006.

PIDWIRNY, M. 2007. Fundamentals of Physical Geography. Disponível em: <http://www.physicalgeography.net/home.html>. Acesso em: 05 nov 2009.

PORTAL DE PIÚMA. Disponível em:<http://www.portaldepiuma.com.br/content/blogsection/6/29/>. Acesso em: 5 jun. 2009.

ROCHA, G. B. **Cultivo Experimental da Ostra *Crassostrea gigas* em Piúma, ES.** Dissertação de Mestrado em Biologia Animal – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

SANDERSON, P. G.; ELIOT, I. Compartmentalisation of beachface sediments along the southwestern coast of Australia. **Marine Geology,** v. 162, p. 145-164, 1999.

SHORT, A. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodinamics**. Chichester: Wiley, 379p. 1999.

SILVA, G. M. da; KLEIN, A. H. F.; ALMEIDA, L. E. S. B., 2006. Effect of planform equilibrium state in the sedimentology of headland bay beaches. **Journal of Coastal Research**, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 692 - 696. Itajaí, SC, Brazil..

SILVA, V. W. **Evolução e morfodinâmica atual da linha de costa adjacente à desembocadura do rio Doce, Linhares, Espírito Santo**. Monografia da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2008.

SOPRANI, M. A.; REIS, J. A. T. dos. Proposição de equações de intensidade-duração-frequência de precipitações para a bacia do rio Benevente, ES. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, Vitória, n. 2, p. 18-25, 2007.

SOUZA, C. R. de G. **As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 1997.

SOUZA, C.R de G. Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore of sandy beaches. **Journal of Coastal Research,** v. SI(50), 2007. Austrália

SOUZA, C.R de G.; SUGUIO, K. Método morfo-sedimentológico para a identificação de células de deriva litorânea**. Geosul**, v. 14(27), 243-247 p. 1998. Florianópolis, SC.

STORLAZZI, C. D.; FIELD, M. E. Sediment distribution and transport along a rocky, embayed coast: Montery Peninsula and Carmel Bay, California. **Marine Geology,** v. 170, 289-316 p. 2000.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha** T.A. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992. 171 p.

TAGGART, B. E. SCHWARTZ, M.L. Methods of net shore-drift direction determination: a systematic approach. **Journal of Shoreline Management**, v. 3(4), 285-309 p. 1988.

TAN, S. K.; CHIEW Y. M. Analysis of bayed beaches in static equilibrium. **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering,** v. 120(2), 1994.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, n° 17, 2005.

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

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

ANEXOS

Anexo A – Parâmetros granulométricos das praias dos municípios de Anchieta e Piúma.

Praia	Estação	Média	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria
Maimbá	1	0.878	0.680	1.041	0.207
Além	2	1.008	0.549	1.206	0.189
Chuveirinho	3	1.315	0.543	1.055	0.090
Ubú	4	1.586	0.909	0.697	-0.535
Parati	5	1.855	0.655	0.971	-0.320
Guanabara	6	1.432	0.886	0.725	0.085
Castelhanos	7	2.529	0.488	0.989	0.081
Boca da Baleia	8	2.754	0.508	0.885	-0.086
Anchieta	9	3.013	0.383	0.911	-0.293
Coqueiros	10	2.245	0.736	1.675	-0.377
Inhaúma	11	2.162	0.966	0.637	-0.1407
Santa Helena	12	2.178	0.515	1.327	-0.1408
Namorados	13	2.901	0.486	0.965	-0.087
Costa Azul	14	2.361	0.580	1.040	-0.050
Areia Preta	15	1.957	0.517	1.214	-0.351
Portinho	16	1.514	0.603	0.969	-0.114
Central	17	3.538	0.347	0.871	-0.235
Maria-Neném	18	3.298	0.506	1.035	-0.183

Anexo B – Parâmetros morfológicos e ambientais das praias dos municípios de Anchieta e Piúma.

Praia	Estação	Carbonato (%)	Gradiente face (1:X)	Largura (m)	Grau de exposição	Tipologia
Maimbá	1	0.62	8.1	30.15	1	1
Além	2	1.00	8.5	33.58	1	1
Chuveirinho	3	1.57	8.6	25.68	1	1
Ubú	4	2.26	9.1	18.48	2	2
Parati	5	6.34	7.6	20.37	2	1
Guanabara	6	9.23	8.4	25.92	1	1
Castelhanos	7	29.68	13.1	43.77	1	2
Boca da Baleia	8	28.69	15.5	32.74	3	3
Anchieta	9	45.15	26.1	32.24	3	3
Coqueiros	10	78.45	9.6	21.44	2	1
Inhaúma	11	42.40	9.0	16.70	2	1
Santa Helena	12	48.09	14.7	27.99	2	3
Namorados	13	80.26	27.6	42.56	1	3
Costa Azul	14	74.16	24.9	44.72	3	3
Areia Preta	15	3.32	8.2	32.07	2	2
Portinho	16	8.76	8.2	33.01	1	1
Central	17	63.31	60.7	33.99	2	3
Maria-Neném	18	66.38	56.4	42.04	1	3

Classificação das variáveis:

	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo
Gradiente da face (1:X)		> 10	10 – 30	< 30
Teor de carbonato (%)	> 60	60 – 40	40 – 20	< 20
Largura da praia (m)		>35	35-25	<25

Legenda das variáveis:

	1	2	3
Grau de exposição	Exposta	Semi-exposta	Abrigada
Tipologia praial	Refletiva	Intermediária	Dissipativa

Anexo C – Caracterização morfodinâmica das praias analisadas dos municípios de Anchieta e Piúma.

Identificação da Praia	Caracterização Morfodinâmica
1 - Praia de Maimbá	Região de falésia precedida de praia (Figura 23). Praia de caráter refletiva, presença de berma e face praial bem íngreme. Praia de largura intermediária com areia grossa, moderadamente bem selecionada e assimetria para os finos. Praia muito extensa e exposta de orientação predominamente N – S com baixíssimo conteúdo de carbonatos (<1%). Grãos de quartzo com alto grau de arredondamento indicando processo de retrabalhamento. Os grãos maiores de quartzo apresentaram mais arredondados e foscos do que os grãos menores, mais angulosos e brilhantes.

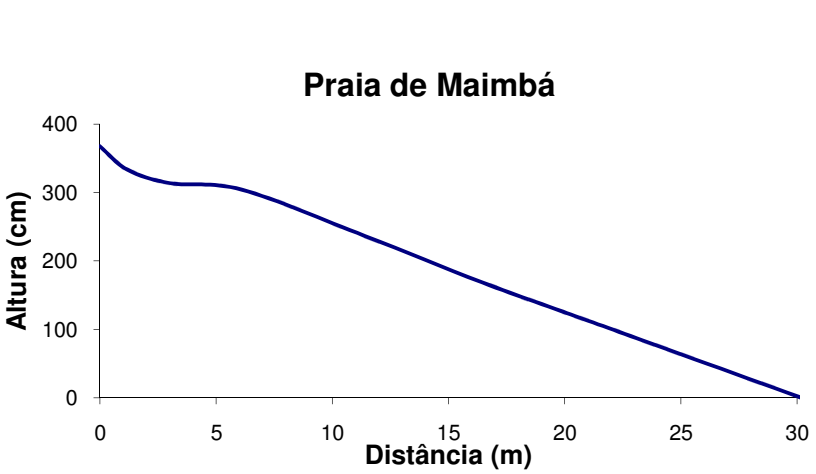


Figura 23: Praia de Maimbá e perfil topográfico da estação 1. Foto: Ludmila Santos.

2 – Praia do Além	Praia refletiva com alta declividade da face praial (Figura 24). Praia essencialmente siliciclástica de granulometria areia média a grossa, moderadamente bem selecionada e assimetria para os finos. Praia de largura intermediária, exposta com orientação predominantemente NE – S e com baixo teor de carbonato (1%). Grãos de quartzo com alto grau de arredondamento indicando processo de retrabalhamento, os grãos maiores são mais foscos do que os menores. Presença de couraças lateríticas aflorando na praia.

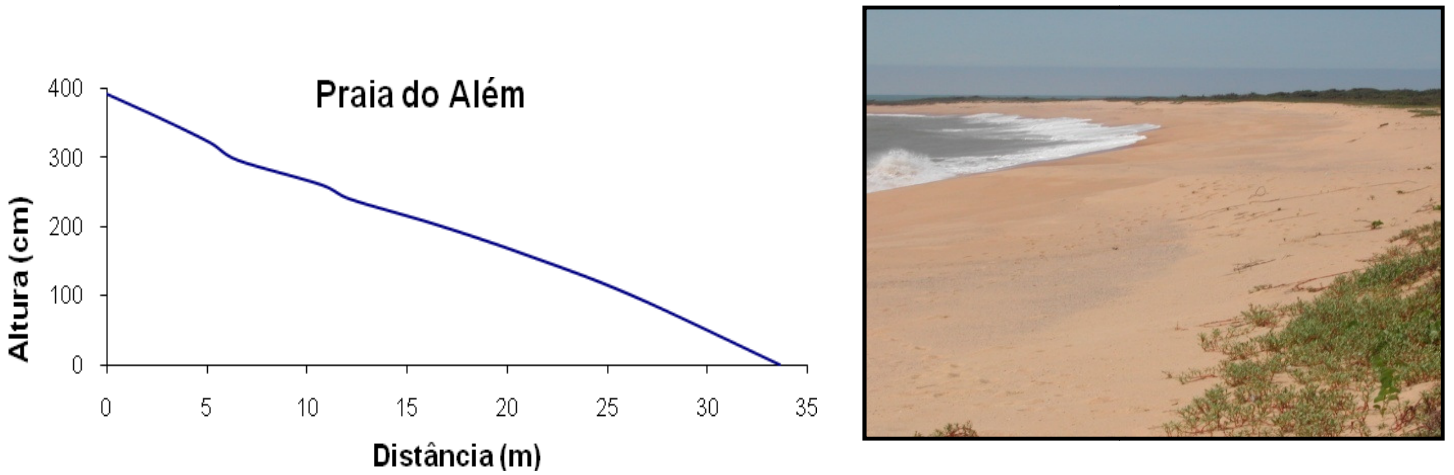


Figura 24: Praia do Além e perfil topográfico da estação 2. Foto: Ludmila Santos.

3 – Praia do Chuveirinho	Praia refletiva com declividade média da face praial (Figura 25). Praia constituída de areia média, moderadamente bem selecionada e simétrica. Praia de pequena extensão entre promontórios e de largura intermediária (Figura 25). Exposta com orientação predominantemente NE – SW e de baixo teor de carbonato (<2%). Grãos de quartzo brilhosos com equilíbrio entre grãos angulosos e arredondados. Presença do mineral granada sugerindo contribuição sedimentar do promontório.

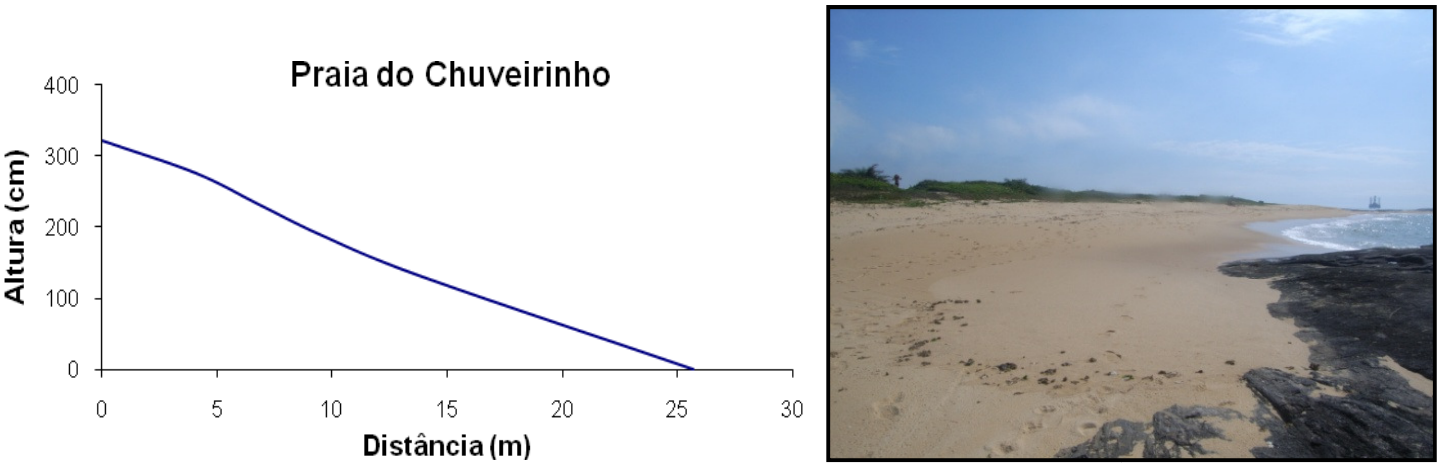


Figura 25: Praia do Chuveirinho e perfil topográfico da estação 3. Foto: Ludmila Santos.

4 – Praia de Ubú	Praia intermediária com declividade da face praial moderada a alta (Figura 26). Praia bimodal de areia média, moderadamente selecionada e assimetria para os muitos grossos. Praia de pequena largura limitada pelo calçamento e semi-exposta com orientação predominantemente L – W, protegida de ondas de nordeste pelo promontório Ponta de Ubú (Figura 26). Teor de carbonato baixo (<3%) e com bom grau de arredondamento dos grãos de quartzo. Presença de couraças lateríticas aflorando na praia.

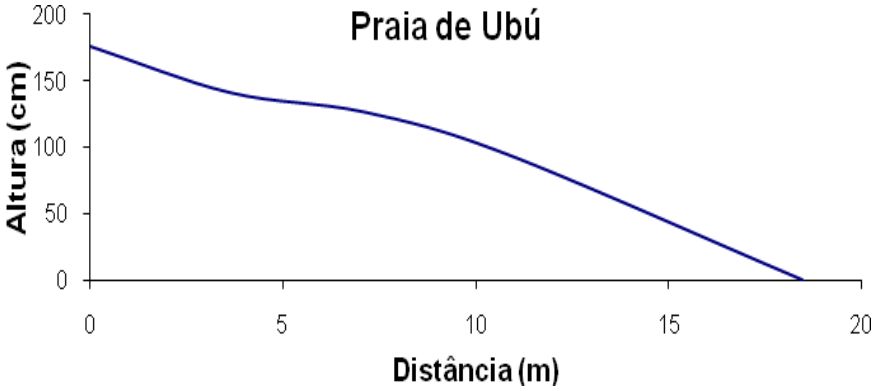


Figura 26: Praia de Ubú e Perfil topográfico da estação 4. Foto: Ludmila Santos.

5 – Praia de Parati	Praia refletiva com alta declividade da face praial e de pequena largura (Figura 27). Granulometria de areia média, moderadamente bem selecionada e assimetria para os muito grossos. Praia semi-exposta com orientação predominantemente L - SW, presença de couraças lateríticas e de ilha em frente a uma região da praia protegendo da ação direta de ondas e formando um pequeno tômbolo (Figura 27). Teor de carbonato baixo (≈7%) e médio grau de arredondamento, com equilíbrio entre grãos angulosos e arredondados. Os grãos maiores de quartzo são mais arredondados e foscos do que os grãos menores, mais angulosos e brilhantes.

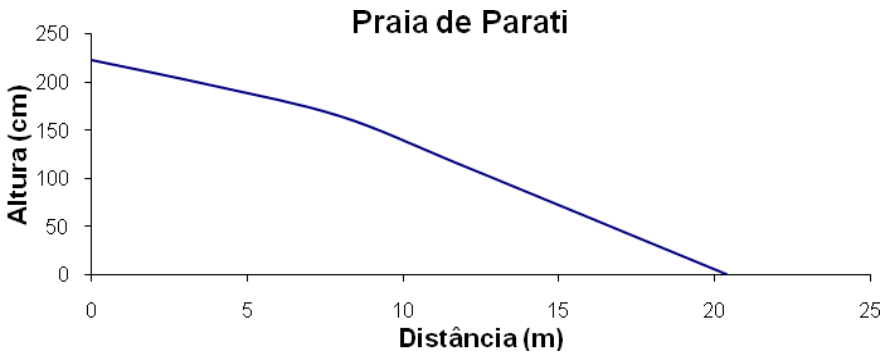


Figura 27: Praia de Parati e perfil topográfico da estação 5. Foto: Ludmila Santos.

6 – Praia de Guanabara	Praia refletiva, com presença de cúspides, e declividade média a alta da face praial (Figura 28). Praia bimodal de areia média, moderadamente selecionada e simétrica. Presença de couraças lateríticas formando um pequeno tômbolo na região central da praia. Praia exposta de orientação predominantemente NE – SW com baixo conteúdo de carbonado (≈10%). Médio grau de arredondamento dos grãos de quartzo com equilíbrio entre angulosos e arredondados.

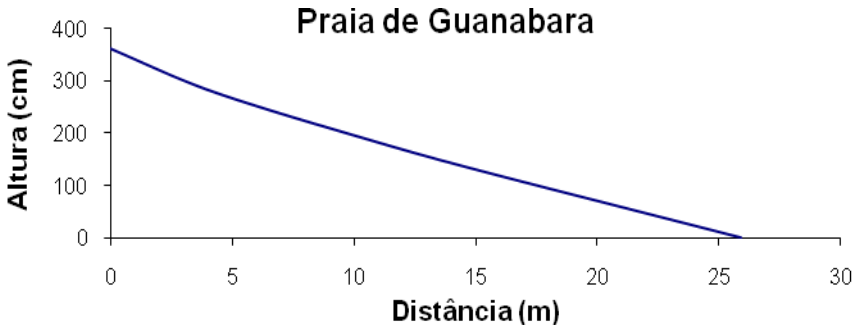


Figura 28: Praia de Guanabara e perfil topográfico da estação 6. Foto: Ludmila Santos.

7 – Praia dos Castelhanos	Praia intermediária de declividade média da face praial (Figura 29). Praia constituída de areia fina, bem selecionada e simétrica. Presença de couraças lateríticas aflorando na praia. Praia longa em largura e exposta com orientação predominantemente NE – SW. Moderado teor de carbonato (≈30%) com grãos de quartzo em sua maioria angulosos e brilhantes.

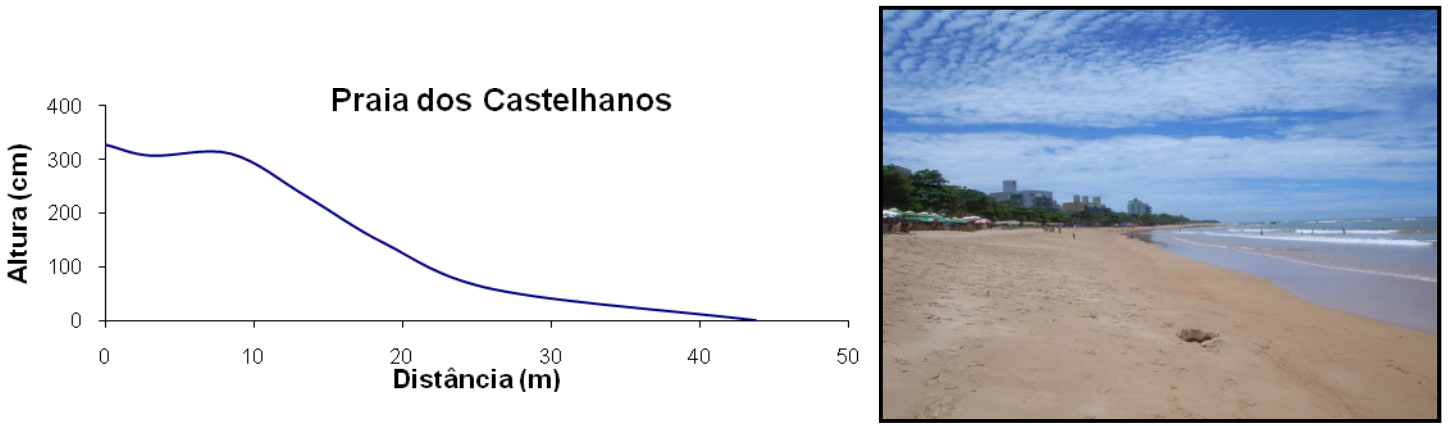


Figura 29: Praia dos Castelhanos e perfil topográfico da estação 7. Foto: Ludmila Santos.

8 – Praia Boca da Baleia	Praia dissipativa com declividade moderada da face praial (Figura 30). Granulometria areia fina, moderadamente bem selecionada e simétrica. Couraças lateríticas aflorando na praia (Figura 30). Praia abrigada de orientação predominantemente SE – NW, sendo protegida de ondas de nordeste pelo promontório Ponta dos Castelhanos. Conteúdo moderado de carbonato (≈30%) e médio grau de arredondamento com equilíbrio entre angulosos e arredondados. Os carbonatos apresentam um tamanho superior aos grãos de quartzo.

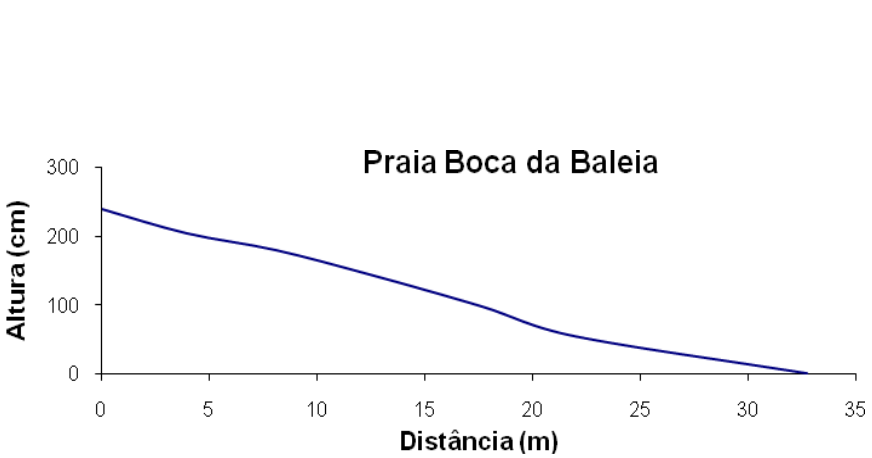


Figura 30: Praia Boca da Baleia e perfil topográfico da estação 8. Foto: Ludmila Santos.

9 – Praia de Anchieta	Praia dissipativa com declividade média a baixa da face praial (Figura 31). Praia composta de areia muito fina, bem selecionada e assimetria para os grossos. Rio Benevente desemboca na extremidade SE da praia. Praia abrigada com orientação SE – NW, sendo protegida de ondas de nordeste pelo promontório. Amostra sedimentar bem heterogênea com alto teor de carbonato (≈45%) e grãos de quartzo na maioria angulosos. Quantidade significativa de mica sugerindo contribuição fluvial e ambiente de baixa hidrodinâmica.

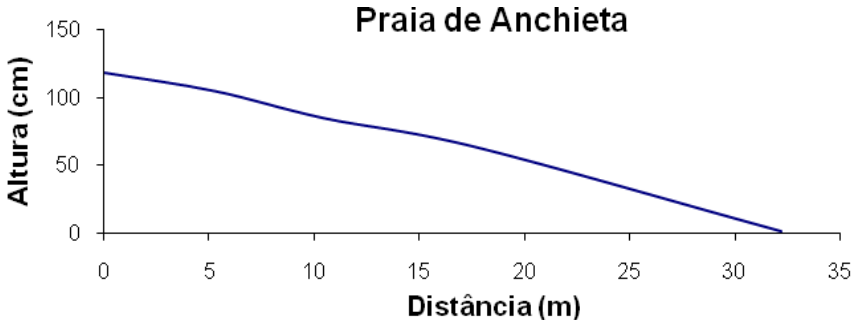


Figura 31: Praia de Anchieta e perfil topográfico da estação 9. Foto: Ludmila Santos.

10 – Praia dos Coqueiros	Praia refletiva de declividade moderada a alta da face praial (Figura 32). Praia estreita em largura com granulometria de areia fina, moderadamente selecionada e assimetria para os muitos grossos. Rio Benevente desemboca próximo a praia. Praia semi-exposta com orientação predominantemente L – SW sendo possivelmente protegida de ondas de nordeste pelo promontório Ponta dos Castelhanos. Altíssimo teor de carbonato (≈80%) e médio grau de arredondamento dos grãos de quartzo.

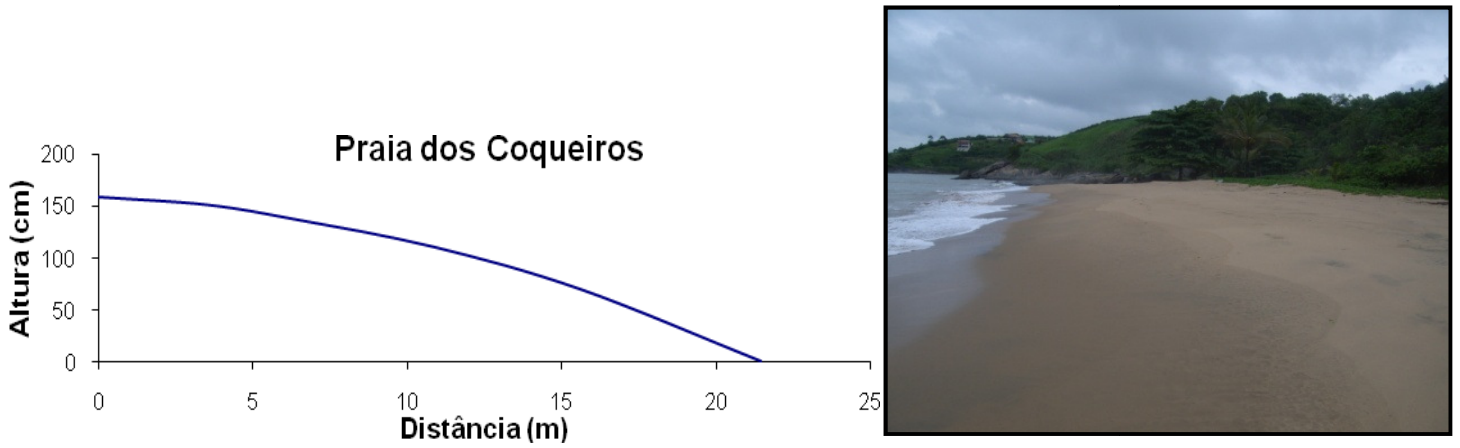


Figura 32: Praia dos Coqueiros e perfil topográfico da estação 10. Foto: Ludmila Santos.

11 – Praia de Inhaúma	Praia refletiva com declividade alta da face praial (Figura 33). Praia bimodal de granulometria areia média a fina, moderadamente selecionada e assimetria para os grossos. Praia de pequena extensão e de curta largura (Figura 33), semi-exposta de orientação predominantemente NE – S. Teor de carbonato alto (≈43%). Os grãos de quartzo de tamanho médio são mais angulosos e menos brilhosos, enquanto os grãos pequenos são mais arredondados e mais brilhosos.

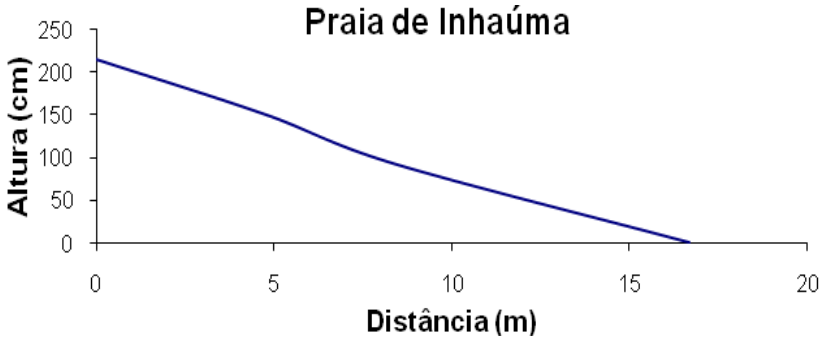


Figura 33: Praia de Inhaúma e perfil topográfico da estação 11. Foto: Ludmila Santos.

12 – Praia de Santa Helena	Praia dissipativa de declividade média da face praial (Figura 34). Praia constituída de areia fina, moderadamente bem selecionada e assimetria para os grossos. Praia de pequena extensão, semi-exposta de orientação predominantemente L – SW. Amostra sedimentar heterogênea com alto teor de carbonato (≈50%) e baixo grau de arredondamento, sendo os grãos de quartzo na maioria angulosos e bem brilhosos.

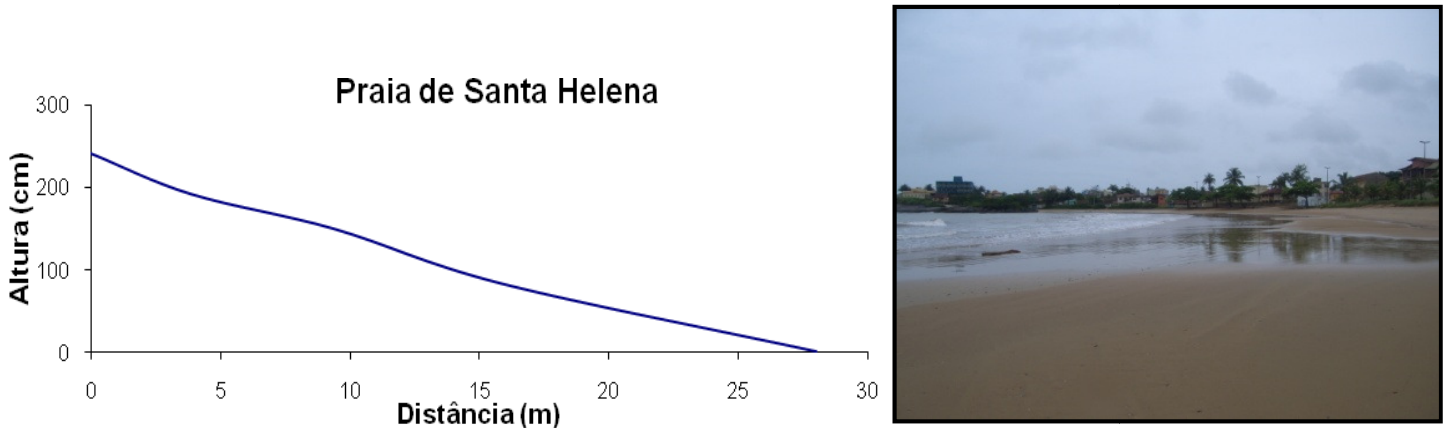


Figura 34: Praia de Santa Helena e perfil topográfico da estação 12. Foto: Ludmila Santos.

13 – Praia dos Namorados	Praia dissipativa de declividade moderada a baixa da face praial (Figura 35). Praia composta de areia fina a muito fina, bem selecionada e simétrica. Praia exposta de orientação predominantemente NE – S. Altíssimo teor de carbonato (≈80%) e médio grau de arredondamento dos grãos de quartzo. Carbonatos bem conservados e em grande variedade, com tamanho um pouco maior do que os grãos de quartzo.

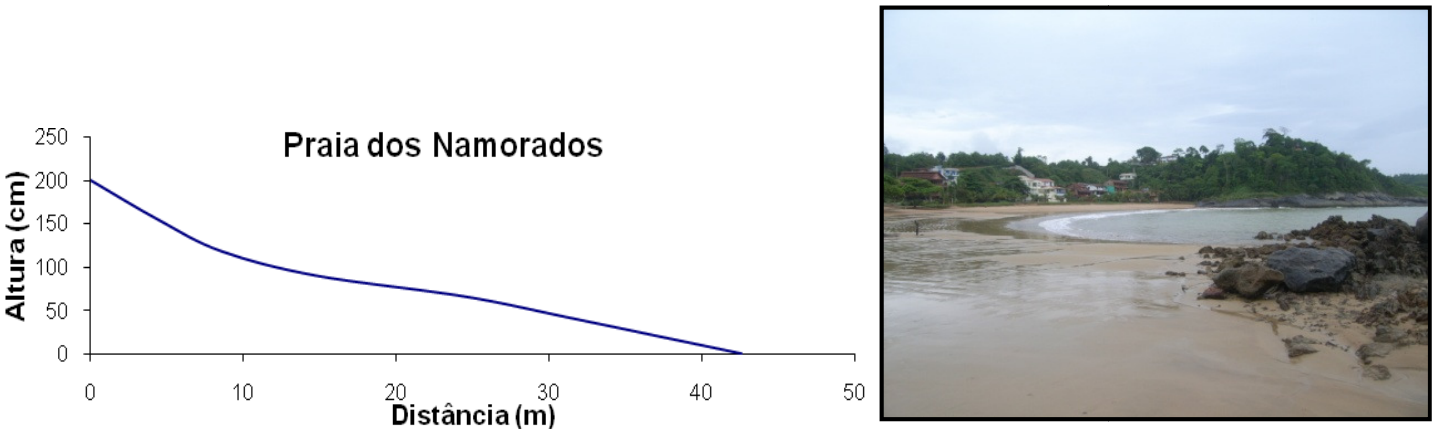


Figura 35: Praia dos Namorados e perfil topográfico da estação 13. Foto: Ludmila Santos.

14 – Praia Costa Azul	Praia dissipativa de declividade moderada a baixa da face praial (Figura 36). Praia de areia fina, moderadamente bem selecionada e simétrica. Praia larga e abrigada protegida por costões rochosos (Figura 36) de orientação predominantemente L – S. Teor de carbonato muito alto (≈75%) com carbonatos relativamente conservados indicando baixa hidrodinâmica. Pequena quantidade de grãos de quartzo de tamanho médio, sendo foscos e poucos arredondados, e grande quantidade de grãos pequenos, brilhosos e mais arredondados.

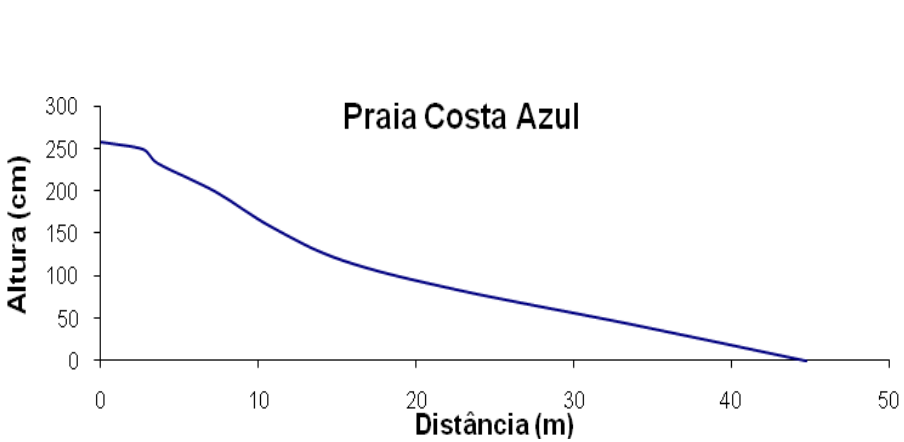


Figura 36: Praia Costa Azul e perfil topográfico da estação 14. Foto: Ludmila Santos.

15 – Praia da Areia Preta	Praia intermediária de declividade média a alta da face praial com presença de cúspides e couraças lateríticas (Figura 37). Praia composta de areia média a fina, moderadamente bem selecionada e assimetria para os muitos grossos. Praia semi-exposta de orientação L – W, o promontório a leste possivelmente serve como proteção de ondas provenientes de nordeste (Figura 37). Teor de carbonato baixo (≈4%) e médio grau de arredondamento dos grãos de quartzo. Presença de grãos de quartzo bem amarelado (sujo) sugerindo contribuição do pequeno canal que desemboca na praia.

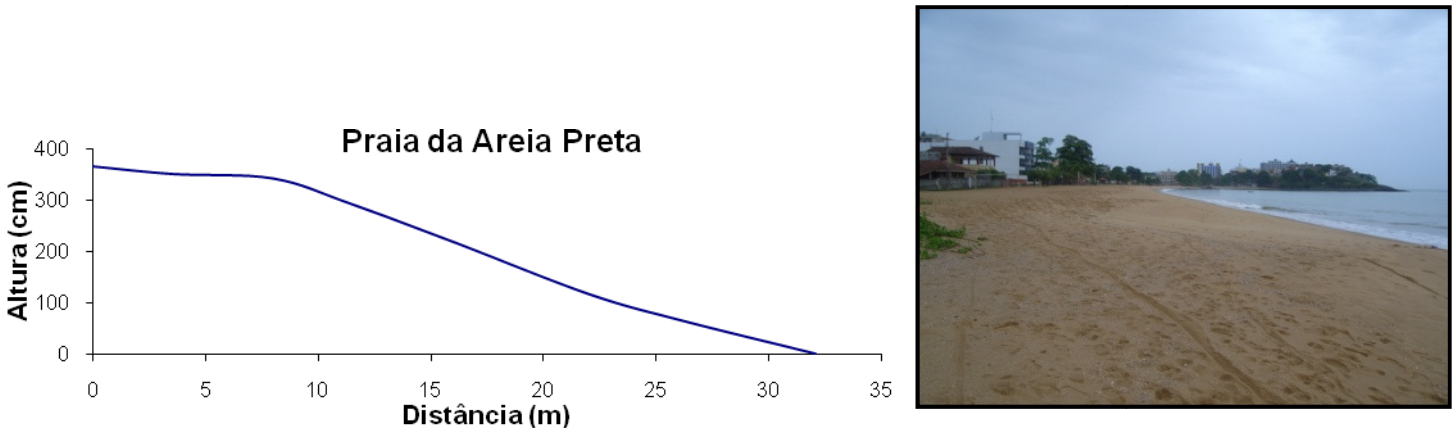


Figura 37: Praia da Areia Preta e perfil topográfico da estação 15. Foto: Ludmila Santos.

16 – Praia do Portinho	Praia refletiva de declividade média a alta da face praial com presença de cúspides (Figura 38). Praia de areia média, moderadamente bem selecionada e assimetria para os grossos. Praia exposta de orientação predominantemente NE – SW. Teor de carbonato baixo (≈9%) e alto grau de arredondamento dos grãos de quartzo. Os grãos maiores são mais arredondados e foscos do que os menores que são brilhosos e menos arredondados. Ausência de mica sugerindo ambiente de maior energia apesar da contribuição fluvial local.

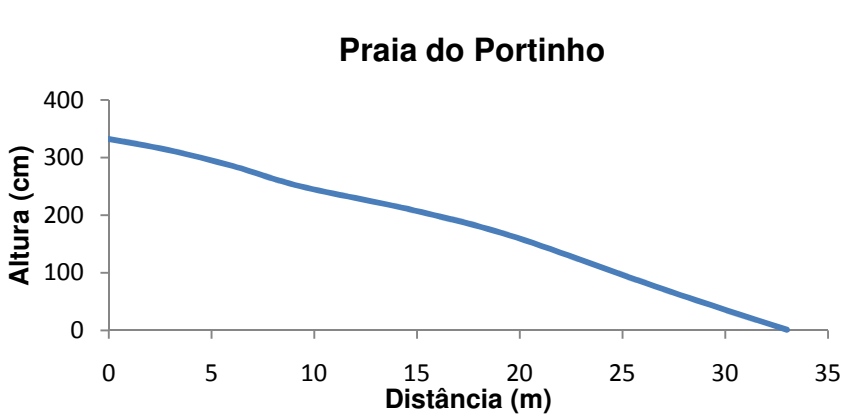


Figura 38: Praia do Portinho e perfil topográfico da estação 16. Foto: Ludmila Santos.

17 – Praia Central (Acaiaca e Coqueiral)	Praia dissipativa de declividade baixa da face praial (Figura 39). Praia de areia muito fina, muito bem selecionada e assimetria para os grossos. Rio Novo desemboca próximo a praia na extremidade leste. Praia semi-exposta de orientação predominantemente L – SW, promontório e ilhas a leste protegem da ação direta de ondas de nordeste (Figura 39). Teor de carbonato muito alto (≈64%) e baixo grau de arredondamento dos grãos de quartzo. Muita mica indicando contribuição fluvial e ambiente de baixa energia.

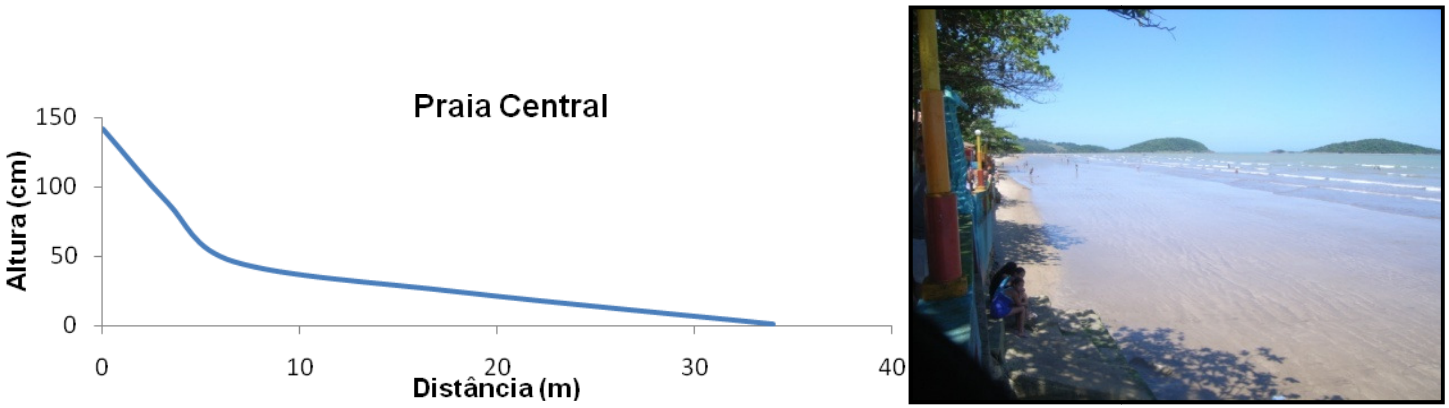


Figura 39: Praia Central e perfil topográfico da estação 17. Foto: Ludmila Santos.

18 – Praia Maria-Neném	Praia dissipativa de baixa declividade da face praial (Figura 40). Praia constituída de areia muito fina, moderadamente bem selecionada e assimetria para os grossos. Rio Novo desemboca à NE. Praia larga e exposta de orientação predominantemente NE – SW. Teor de carbonato muito alto (≈67%) e baixo grau de arredondamento, com presença de algumas micas.

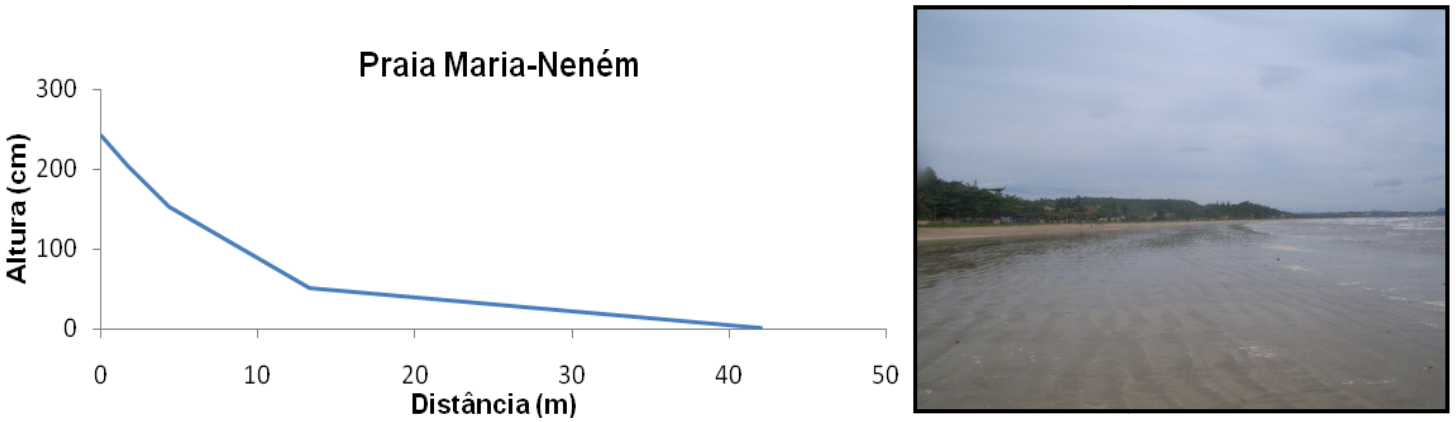


Figura 40: Praia Maria-Neném e perfil topográfico da estação 18. Foto: Ludmila Santos.