EDUARDO NUBER

Evolução morfológica e sedimentológica do Arco Praial de Massaguaçu, Litoral
Norte de São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto
Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências, área de Oceanografia
(Química e Geológica).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Henrique
da Fontoura Klein

São Paulo
2008

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Evolução morfológica e sedimentológica do Arco Praial de Massaguaçu, Litoral
Norte de São Paulo

Eduardo Nuber

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Ciências, área de Oceanografia (Química e Geológica).

Julgada em ____/____/____

Prof.(a) Dr.(a)

Conceito

Prof.(a) Dr.(a)

Conceito

Prof.(a) Dr.(a)

Conceito

*Dedico esta dissertação mono ocular
aos meus familiares e a todas as
demais pessoas que amo.*

I. Sumário

II.	Agradecimentos	v
III.	Resumo	viii
IV.	Abstract	ix
V.	Lista de Figuras	x
VI.	Lista de Tabelas	xiii
Capítulo 1 –	Introdução	1
1.1	Estrutura da Dissertação	3
Capítulo 2 –	Área de Estudo	5
2.1	Caracterização Geomorfológica	7
2.1.1	Caracterização Sedimentológica	7
2.2	Circulação Atmosférica	8
2.3	Clima de Ondas e Marés	9
Capítulo 3 –	Objetivos	10
3.1	Objetivos Específicos	10
Capítulo 4 –	Variação da Posição da Linha de Costa	11
4.1	Metodologia	13
4.1.1	Imagens aéreas	13
4.1.2	Análise dos Dados	15
4.1.3	Validação	16
4.2	Resultados	18
4.2.1	1962 a 1977	18
4.2.2	1977 a 1994	20
4.2.3	1994 a 2001	22
4.2.4	2001 a 2006	24
4.2.5	Zonas de Erosão Acentuada	25
4.3	Discussão	29
4.4	Conclusões	34
Capítulo 5 –	Monitoramento da Morfologia Praial	35
5.1	Métodos de Coleta de Dados Morfológicos	35
5.2	Metodologia	39
5.2.1	Ponto de Instalação do GPS Estático	41
5.2.2	Aproximação da Altura Ortométrica	44
5.2.3	Levantamentos de Campos	45
5.2.4	Análise dos dados	46
5.3	Validação	49
5.4	Resultados	52
5.4.1	Variação de Volume e Largura dos Perfis Bidimensionais	58
5.4.2	Perfis Tridimensionais	65
5.5	Discussão	66
5.5.1	Caracterização das variações morfológicas e possíveis fontes e sumidouros de sedimentos.	66
5.5.2	Áreas de Risco e Zonas de Erosão Acentuadas.	69
5.6	Conclusões	71
Capítulo 6 –	Monitoramento da Sedimentologia Praial	73
6.1	Metodologia	74
6.2	Amostragens de Campo	74
6.2.1	Análise dos Dados	76
6.3	Resultados	76

6.4	Discussão	82
6.5	Conclusões	85
Capítulo 7 –	Considerações Finais	87
Referências Bibliográficas		89
Anexos		92
Anexo I –	Mapas Apresentando as Linhas de Costa	93
Anexo II –	Tabelas com Valores de Variação da Linha de Costa.	99
A)	– Variações de Linha de Costa (m)	99
B)	– Taxas de Variação de Linha de Costa (m/ano)	100
Anexo III –	Posição dos Pontos Iniciais dos Perfis	103
Anexo IV –	Avaliação estatística dos Métodos de Interpolação	104
A)	– Perfis Tridimensionais	105
B)	– Variação Temporal de Sedimentos	110
Anexo V –	Perfis Tridimensionais	113
Anexo VI –	Tabela de Valores Estatísticos de Sedimentos	126

II. Agradecimentos

Gostaria agradecer:

Aos meus pais, Antônio e Helena, por todo apoio prestado em toda a minha vida, aconselhando, ajudando e brigando quando necessário. Amo-lhes muito.

Ao meu irmão, Ricardo, que mesmo distante sempre se preocupou com o que faço da vida e sempre ajudou quando necessitei de seu auxílio. Desejo-lhe muito sucesso em tudo o que faça.

Aos meus demais parentes que sempre olharam por mim, dando apoio das mais diferentes formas.

Ao meu orientador de longa data Antonio H. da F. Klein, que durante estes últimos 6 anos vem me instruindo na minha carreira acadêmica e profissional. Sou-lhe muito grato por tudo o que me ensinou e por me fazer crescer muito como pessoa. Mesmo que, atualmente, minha carreira profissional me distancie um pouco de sua linha pesquisa, o que me foi ensinado levo para o resto de minha vida.

Ao professor, e ex-orientador, Moysés G. Tessler por todo apoio prestado durante a dissertação, financiando os campos e auxiliando em tudo o que era requisitado. Na prática foi um segundo orientador e muito me ensinou durante o mestrado.

Ao professor do Instituto Oceanográfico Michel M. Mahiques, por ceder e auxiliar no uso do GPS. Contribuiu com ótimas dicas na aquisição e análise dos dados e lhe sou muito grato por tudo, inclusive pelas aulas particulares em sua cadeira do mestrado, na qual fui o único aluno no trimestre.

Aos Professores Valdenir V. Furtado e Eduardo Siegle, pelo material cedido e conselhos dados, e ao professor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Valdir Innocentini pelos dados cedidos.

Aos técnicos da área de oceanografia geológica Clodoaldo V. Tolentino, Edílson Oliveira, Marcelo Rodrigues e Samara Goya. Em muito ajudaram na elaboração da tese, auxiliando nos campos, dando manutenção dos

equipamentos, aconselhando... Em fim, ajudando em todas as fazes deste trabalho, inclusive tornando o ambiente mais agradável, com suas brincadeiras e conversas, no período em que eu vivia em São Paulo.

Ao Instituto Oceanográfico e seus funcionários, por proverem apoio logístico aos campos e a elaboração da dissertação.

Aos meus colegas e amigos citados abaixo que tiveram uma participação fundamental neste trabalho. Esta dissertação não teria sido concluída sem a sua participação. Os cito em ordem alfabética, pois seria impossível, e injusto, fazê-lo em grau de importância:

- Alynne A. Affonso, por efetuar as análises laboratoriais das amostras de sedimento e por estar sempre disposta em auxiliar em tudo o que era requisitada. Foi de grande valia nos campos e sempre esteve disposta a ouvir e ajudar com meus problemas;
- Carlos A. Sampaio, por efetuar o georeferenciamento das imagens aéreas, possibilitando as análises da linha de costa, sempre esteve disposta a auxiliar em tudo o que era requisitado;
- Lucas Silveira, sempre esteve pronto a auxiliar no que era requisitado, inclusive manejando o GPS no campo de julho e outubro de 2007, nos quais não pude estar presente; e,
- Mainara Rocha, por me instruir na utilização e tratamento dos dados dos GPS's e onde poderia buscar mais informações sobre o assunto.

A Carlos E. Rojacheski, Mário L. Mascagani, Thomas, Marcelo Pissetta, Deborah, Silvia Gonsales, Antonio H. da F. Klein, Moysés G. Tessler, Alynne A. Affonso, Lucas Sivelira, Carlos A Sampaio, Samara Goya, Marcelo Rodrigues e Edílson Oliveira que participaram dos campos para levantamentos de dados de morfologia de sedimentologia.

Aos proprietários do Hotel Brisa e seus funcionários. Que permitiram que as dependências do Hotel fossem utilizadas como base. Isto facilitou em muito a execução dos levantamentos e tornou as longas horas de caminhada sob o Sol muito menos penosas.

Aos meus chefes e ex-chefes do IBAMA pelo apoio durante o período da dissertação.

Aos meus demais amigos que fiz no período de meu mestrado de São Paulo (Marco Antonio, Leo, Camilla, Lucas, Bia, Patric, Piero e Marinheiro) de Brasília (Elenice, Vitor, Fischer, Alison, Zé Geraldo, Eduardo, Fernando, Karin, Paulinha, Ricardo, Fred, Fernando, Fernandinha, Leandro, Diogo Moya, Diogo Zeni, Alessandra, Maria Helena, Letícia, Wagner, Rita e Tonico) e, mesmo que ainda poucos, do Rio (Roberto e Eveline).

A minha mais querida amiga, que considero uma irmã, Juliana B. Custódio. Muito me ajudou e aconselhou desde que a conheço. Você me é muito cara e sinto muita falta de nossas conversas *non-sence* e viagens (no sentido figurado), que sempre me ajudaram a manter a sanidade nos momentos difícil. Muito obrigado por tudo.

A todos aqueles que por ventura eu tenha esquecido devido ao tempo que se passou ou ao cansaço. Minha memória pode até ser curta, mas meu coração é enorme e lhes sou muito grato.

III. Resumo

Nesta dissertação apresenta-se a evolução morfológica e sedimentológica no Arco Praial de Massaguaçu, Litoral Norte do Estado de São Paulo, em uma escala espaço-temporal histórica e de eventos. O Arco Praial de Massaguaçu localiza-se ao norte da Baía de Caraguatatuba e tem uma extensão de aproximadamente 7,5km. A metodologia consistiu na determinação da variação da linha de costa através da análise de fotografias aéreas de 1962, 1977, 1994 e 2001 e GPS para 2006. Foram obtidos 174 perfis bidimensionais e 16 perfis tridimensionais coletados em cinco levantamentos de campos entre os meses de novembro de 2006 e março de 2008 utilizando o método de DGPS. Foram coletadas ainda 176 amostras sedimentares na zona de espraçamento do Arco Praial, junto ao último ponto de cada perfil bidimensional, sendo uma coleta por perfil. Os resultados demonstraram que a maior parte da praia sofreu progradação entre os anos de 1962 e 1994, sendo observada mudança nesta tendência entre 1994 e 2006. Os dados de morfologia e sedimentologia mostraram grande variabilidade espaço temporal, sendo que estas parecem estar relacionadas a variações anuais de energia de onda. Foi identificada uma Zona de Erosão Acentuada (ZEA) na Parte Central do Arco Praial e dividiu-se a praia em cinco áreas de risco, onde este é menor nas extremidades do Arco Praial e aumenta em direção a região central.

Palavras Chave: *Baía de Caraguatatuba, escala espaço-temporal histórica e de eventos, variações da linha de Costa, DGPS, Zona de Erosão Acentuada.*

IV. Abstract

This dissertation characterize the morphological and sedimentological evolution of Massaguaçu Bay Beach, São Paulo State, Northeast Brazil, in a Historical and events spatial-temporal scale. Massaguaçu Bay Beach is localized northward of Caraguatatuba Bay and has approximately 7.5Km length. The methodology consisted on the determination of the shoreline changes with Aerophotographic analyses of 1962, 1977, 1994 and 2001, 2006 shoreline was taken with GPS. The DGPS Method was used to obtain 174 two-dimensional profiles and 16 tri-dimensional profiles in 5 field campaigns conducted between November, 2006 and March, 2008. 176 sand samples were collect in the swash zone, next to the last position of each two-dimensional profile. Data showed that almost all beach demonstrated shoreline progradation between 1962 and 1994, this tendency change between 1994 and 2006 with the possibility of increase of the retraction processes. It was observed a great variability in morphological and sedimentological data, this appear to be related with variations on the wave height pattern during the year. It has identified an Erosional Hotspot in the central area of the beach and the beach has divided in five risk areas where the risk increase from the extremities to the center of the beach.

Key-words: *Caraguatatuba Bay, historical and events space-temporal scale, Shoreline Changes, DGPS, Erosional Hotspots.*

V. Lista de Figuras

FIGURA 1.1 – CONTATO ENTRE O MATERIAL DO ATERRO E O PRAIAL (a) E OBRA DE CONTENÇÃO COLAPSADA (b). AMBAS AS FOTOGRAFIAS FORAM TIRADAS EM 27 DE JUNHO DE 2006. (FOTOS DO AUTOR)	3
FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ONDE “A” É O BRASIL, “B” O ESTADO DE SÃO PAULO, “C” A BAIJA DE CARAGUATATUBA E “D” É UMA FOTOGRAFIA AÉREA DO ARCO PRAIAL DE MASSAGUAÇÚ.	6
FIGURA 4.1 – POSIÇÃO DAS LINHAS DE CONTROLE SOBRE A PRAIA, OS NÚMEROS EM VERMELHO REPRESENTAM A DENOMINAÇÃO DA LINHA DE CONTROLE.	16
FIGURA 4.2 – COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006 COM AS VARIAÇÕES DA LARGURA (m/ano) DOS PERFIS PRAIAIS.	17
FIGURA 4.3 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO LINHA DE COSTA (m) OBSERVADA ENTRE OS ANOS DE 1962 A 1994.	18
FIGURA 4.4 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1962 A 1977.	19
FIGURA 4.5 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 1977.	20
FIGURA 4.6 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1977 A 1994.	21
FIGURA 4.7 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1977 E 1994.	22
FIGURA 4.8 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1994 A 2001.	23
FIGURA 4.9 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2001.	23
FIGURA 4.10 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 2001 A 2006.	24
FIGURA 4.11 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006.	25
FIGURA 4.12 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 1977 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.	26
FIGURA 4.13 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1977 E 1994 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.	26
FIGURA 4.14 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2001 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.	27
FIGURA 4.15 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.	28
FIGURA 4.16 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 2006 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.	28
FIGURA 4.17 – VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) NAS LINHAS DE CONTROLE.	30
FIGURA 4.18 – EFEITO DAS SAÍDAS PLUVIAIS E SOBRE O ARCO PRAIAL PRÓXIMOS A LINHA DE CONTROLE 34 (b) E 41 (a) e (b). (FOTOS DO AUTOR)	31
FIGURA 4.19 – RESQUÍCIO DE ENROCAMENTO NA REGIÃO CENTRAL DO ARCO PRAIAL (a) E CASAS CONSTRUÍDAS PRÓXIMAS A LINHA DE COSTA (b). (FOTOS DO AUTOR)	32
FIGURA 4.20 – POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA EM 2006 EM RELAÇÃO ÀS RESIDÊNCIAS A SUL DA PRAIA DA COCANHA EM 2001.	33

FIGURA 5.1 – IMAGEM AÉREA DEMONSTRANDO A POSIÇÃO DOS PERFIS.	41
FIGURA 5.2 – POSIÇÃO DA BASE DA ANTENA DO GPS FIXO (FOTO: MOYSÉS G. TESSLER).	42
FIGURA 5.3 – NOVA POSIÇÃO DA BASE DO DGPS, O PONTO VERMELHO INDICA A REFERÊNCIA DO PONTO (FOTO DO AUTOR).	43
FIGURA 5.4 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 1 (C1) OBTIDO EM OUTUBRO DE 2006.	49
FIGURA 5.5 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 3 (C3) OBTIDO EM OUTUBRO DE 2006.	50
FIGURA 5.6 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 1 (C1) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.	50
FIGURA 5.7 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 2 (C2) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.	50
FIGURA 5.8 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 3 (C3) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.	51
FIGURA 5.9 – TIPOS DE ARREBENTAÇÃO DURANTE EVENTOS DE BAIXA (a) E DE MODERADA A ALTA (b) ENERGIA DE ONDA (FOTOS DO AUTOR).	53
FIGURA 5.10 – PERFIS 01 A 09, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.	54
FIGURA 5.11 – PERFIS 10 A 18, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.	55
FIGURA 5.12 – PERFIS 19 A 28, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.	56
FIGURA 5.13 – PERFIS 28 A 36, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.	57
FIGURA 5.14 – VARIAÇÃO TOTAL DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008.	58
FIGURA 5.15 – VARIAÇÃO TOTAL DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008.	59
FIGURA 5.16 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007.	60
FIGURA 5.17 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007.	60
FIGURA 5.18 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES FEVEREIRO E MAIO DE 2007.	61
FIGURA 5.19 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE FEVEREIRO E MAIO DE 2007.	62
FIGURA 5.20 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE MAIO E JULHO DE 2007.	62
FIGURA 5.21 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE MAIO E JULHO DE 2007.	63
FIGURA 5.22 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008.	64
FIGURA 5.23 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008.	64
FIGURA 5.24 – DIAGRAMA COM SENTIDO DO TRANSPORTE OBSERVADO COM AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS.	68
FIGURA 5.25 – VARIAÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DO VOLUME (%) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007,	

	FEVEREIRO E MAIO DE 2007, MAIO E JULHO DE 2007, E JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008 PARA CADA PERFIL. _____	69
FIGURA 5.26 –	VARIAÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA LARGURA (%) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007, FEVEREIRO E MAIO DE 2007, MAIO E JULHO DE 2007, E JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008. _____	70
FIGURA 5.27 –	VARIAÇÕES PERCENTUAIS DE VOLUME (%) OBSERVADAS ENTRE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008. _____	71
FIGURA 6.1 –	AMOSTRADO DE SEDIMENTOS. _____	74
FIGURA 6.2 –	POSIÇÃO APROXIMADA DOS PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS. _____	75
FIGURA 6.3 –	VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM NOVEMBRO DE 2006. _____	77
FIGURA 6.4 –	VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM FEVEREIRO DE 2007. _____	78
FIGURA 6.5 –	VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM MAIO DE 2007. _____	79
FIGURA 6.6 –	VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM JULHO DE 2007. _____	80
FIGURA 6.7 –	VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM MARÇO DE 2008. _____	81
FIGURA 6.8 –	VARIAÇÃO MÉDIA DO TAMANHO MÉDIO DO GRÃO (mm) AO LONGO DA PRAIA. _____	83
FIGURA 6.9 –	VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO TAMANHO MÉDIO DO GRÃO (mm). _____	84
FIGURA 6.10 –	VARIAÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DAS AMOSTRAS (ϕ) COM O TEMPO. _____	85

VI. Lista de Tabelas

TABELA 4.1 – VALORES DE TAXAS MÉDIAS DE RETRAÇÃO (m/ano) E VALORES MÍNIMOS (m/ano) PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA ZEA.	25
TABELA 5.1 – VALORES DAS ALTURAS ORTOMÉTRICAS DAS RN's (m) E GEOIDAIS (m) OBTIDAS COM GPS, A DIFERENÇA ENTRE ESTAS (m), PRECISÃO VERTICAL OBTIDA COM O GPS (m) E A ESTIMATIVA DE ERRO DO GPS NA ALTURA (m).	45
TABELA 5.2 – PERFIS TRIDIMENSIONAIS COLETADOS NOS CAMPOS, PERFIS MARCADOS COM “√” FORAM COLETADOS E PERFIS MARCADOS COM “X” NÃO FORAM COLETADOS.	46
TABELA 5.3 – VOLUME (m ³ /m) OBTIDO COM OS DIFERENTES MÉTODOS NOS TRÊS PERFIS EM FEVEREIRO DE 2007 E A DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES.	51
TABELA 5.4 – DIFERENÇA NA DISTÂNCIA E COTA ENTRE OS PONTOS COLETADOS COM OS DOIS MÉTODOS NO PERFIL 3C EM OUTUBRO DE 2006.	51
TABELA 5.5 – DIFERENÇA ENTRE AS DISTÂNCIA (M) E COTAS (M) DOS PONTOS OBTIDOS COM AMBOS OS MÉTODOS CONCOMITANTEMENTE NOS TRÊS PERFIS DE COMPARAÇÃO EM FEVEREIRO DE FEVEREIRO DE 2007.	51
TABELA 5.6 – VOLUME (m ³) DOS PERFIS TRIDIMENSIONAIS OBTIDOS EM FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.	65
TABELA 5.7 – VARIAÇÕES DO VOLUME DE SEDIMENTOS ENTRE OS CAMPOS.	66

Capítulo 1 – Introdução

Sistemas praias são ambientes que apresentam um frágil equilíbrio, sendo que pequenas alterações neste equilíbrio podem gerar grandes modificações a este tipo de ambiente e as populações que vivem nas zonas costeiras.

Segundo Komar (1997), cerca de dois terços da população mundial vive nas zonas costeiras, sendo que cinquenta por cento da população do mundo industrializado vive em uma distância equivalente a um quilômetro da costa e aumenta na taxa de 1,5% ao ano a partir da década de oitenta. Da mesma forma a costa brasileira é densamente ocupada e esta população sofre um aumento consideravelmente devido às questões econômicas do país. Este aumento se dá, principalmente, nos estados mais desenvolvidos do país, como é o caso do Estado de São Paulo.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (1996) o Litoral Norte de São Paulo é uma das regiões que apresenta o maior crescimento sócio-econômico e populacional do estado, com uma taxa de urbanização acima das médias estaduais, principalmente no Município de Caraguatatuba. Tal ocupação pode gerar grandes problemas quando feita de forma desordenada e sem o conhecimento dos processos que determinam a variabilidade espaço-temporal destes ambientes. Sem este conhecimento é impossível minimizar os efeitos das modificações causadas por esta ocupação. Assim sendo qualquer solução para um problema específico a ser implementada deve ser precedida por estudos de forma a entender o problema em escala regional, já que qualquer intervenção local poderá influenciar negativamente seu entorno. Muehe (1998), através de trabalhos realizados em toda a costa do Brasil, destaca que grande parte do litoral apresenta problemas de erosão em função, principalmente, de uma ocupação desordenada deste ambiente.

A erosão costeira pode ser definida como um balanço negativo de sedimentos em uma célula litorânea gerando um desequilíbrio da forma desta e conseqüente retração da linha de costa. Cooper e Pilkey (2004) crêem que há

vários fatores que são responsáveis pelos processos erosivos, sendo os principais: a obliquidade de chegada e variação da energia de ondas incidentes à costa, ação de tempestades, tipo de sedimento, suprimento e transporte sedimentar desbalanceados, correntes de maré, ação do vento e, possivelmente, aumento do nível do mar. Destacam, ainda, a dificuldade para a obtenção de dados e a ausência de modelos que representem os processos de erosão costeira fielmente e que considerem todas estas variáveis. Allan e Komar (2006) consideram que os fatores de erosão de maior relevância são os controlados pelo clima, principalmente aqueles que alteram a frequência e intensidade das tempestades, bem como das ondas geradas por estas.

Segundo Kerwin (1997) os processos erosivos não ocorrem na mesma taxa ao longo da área em que estes processos são observados. Finkl (1996) chamou as áreas na qual se observava taxas de erosão superiores ao dobro da taxa regional de erosão da linha de costa de “*Erosional Hot Spots*” que serão tratados neste trabalho como Zonas de Erosão Acentuada (ZEA).

McNisch (2004) afirma que tais áreas de erosão anômala classicamente apresentam extensão de vários quilômetros e podem permanecer por décadas, sendo detectadas com levantamentos aerofotogramétricos, cartas náuticas históricas e perfis praias. Contudo, segundo este mesmo autor, vários estudos utilizando técnicas mais recentes de coleta de dados, como LIDAR, GPS Geodésico (*dual-channel GPS*) e imageamento por vídeo (ex.: Sistema ARGUS), identificaram a ocorrência de eventos como estes em escala espaço temporal de dezenas de metros em períodos que variam de dias a semanas.

A Praia de Massaguaçu, localizada no Município de Caraguatatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, está submetida a processos costeiros que geram um complexo transporte de sedimentos, resultando em erosão costeira, especialmente na sua porção central. Tal fato vem gerando prejuízos de ordem financeira, uma vez que as condições locais da praia e das estruturas ali implementadas são alteradas.

Parte do aterro que sustenta a rodovia SP 055 colapsou, sendo necessária à implantação de obras de contenção e dispositivos de

amortecimento hidráulico com a intenção de proteger a área da rodovia da ação direta das ondas, entretanto estas não foram efetivas (FIGURA 1.1).

FIGURA 1.1 – CONTATO ENTRE O MATERIAL DO ATERRO E O PRAIAL (a) E OBRA DE CONTENÇÃO COLAPSADA (b). AMBAS AS FOTOGRAFIAS FORAM TIRADAS EM 27 DE JUNHO DE 2006. (FOTOS DO AUTOR)

Decorre ainda deste fato, a redução da largura da praia, tendo como consequência a redução da área destinada ao desenvolvimento de atividades comerciais e recreacionais envolvendo turistas; resultando em perdas econômicas e estruturais, bem como gerando preocupação na população local.

Tais questões podem, e devem, ser avaliadas de acordo com as escalas de observação dos fenômenos. Tendo isto em vista, os experimentos desenvolvidos nesta dissertação foram desenhados de forma a estudar o problema em uma escala histórica e de eventos, como descrito por Cowell e Thom (1994).

1.1 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução geral para este trabalho. O Capítulo 2 apresenta a área de estudo do trabalho com sua caracterização Geomorfológica, Sedimentológica, Atmosférica e Oceanográfica, obtida através de revisão bibliográfica. No Capítulo 3 são apresentados os objetivos desta dissertação.

Os capítulos que tratam de variação da linha de costa, monitoramento da morfologia praial e monitoramento da sedimentologia praial são respectivamente, os Capítulos 4, 5 e 6. Todos apresentam uma breve descrição, e a metodologia utilizada, resultados, discussão e conclusões obtidas sobre o assunto específico de que tratam.

O Capítulo 7 apresenta as considerações finais deste trabalho, onde é feita uma discussão final sobre os resultados e conclusões obtidas nesta dissertação, bem como de suas limitações.

Capítulo 2 – Área de Estudo

O sistema praial de Massaguaçu é constituído por uma praia de enseada que é dividida pela população local como Praia do Capricórnio a Sul, Praia de Massaguaçu no centro e Praia da Cocanha na sua extremidade Norte, logo após a saída do Rio Bracuí (FIGURA 2.1). Considerando que os vários nomes dados ao diferentes trechos do sistema praial podem gerar confusão no decorrer desta dissertação, optou-se por chamar de Arco Praial de Massaguaçu o trecho que abranje estes três setores, que certamente, do ponto de vista ambiental, são um único sistema praial.

O arco praial de Massaguaçu apresenta uma extensão de aproximadamente 7,5km, situa-se em uma pequena planície costeira, localizada ao norte da Baía de Caraguatatuba, entre as coordenadas 7.393.300 e 7.387.500; e 463.500 e 470.100, no *Datum* SAD-69 (*South American Datum* de 1969). Ao sul da área encontra-se a Ilha e o Canal de São Sebastião.

Segundo Modenesi *et al.* (1983) a planície costeira é cortada pelos Rios Massaguaçu e Bracuí, e seus tributários, que drenam o complexo serrano (embasamento cristalino) a retaguarda da planície (Serra do Mar). Na região mais ao sul do arco praial um esporão arenoso fecha a desembocadura do Rio Massaguaçu.

Existe a possibilidade de que as praias de Mococa e Tabatinga façam parte deste sistema praial, contudo nenhum estudo demonstra que ocorra troca de sedimentos entre os promontórios que dividem estas praias.

FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ONDE “A” É O BRASIL, “B” O ESTADO DE SÃO PAULO, “C” A BAIJA DE CARAGUATATUBA E “D” É UMA FOTOGRAFIA AÉREA DO ARCO PRAIAL DE MASSAGUAÇÚ.

2.1 Caracterização Geomorfológica

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) a praia de Massaguaçu está inserida na Planície Costeira de Caraguatatuba pertencente ao contraforte denominado de “Província Costeira” no segmento denominado de “Zona das Baixadas Litorâneas”.

O trecho litorâneo entre São Sebastião e o núcleo urbano de Caraguatatuba, pode ser classificado como sendo do tipo de “costa longitudinal, onde as praias são paralelas à linha do litoral” (FREITAS, 1960).

A planície de Caraguatatuba, uma das mais desenvolvidas do Litoral Norte Paulista, é limitada a S e SE pelas escarpas da serra e planalto de São Sebastião ou Juqueriquerê, com altitudes entre 700 a 800m, e pela ilha de São Sebastião com topos que alcançam 1.300 a 1.400m, separada do continente por um canal de até 50m de profundidade. A Oeste, Norte e Nordeste, é delimitada pelas escarpas da serra de Caraguatatuba e por morros baixos isolados (CRUZ *et al.*, 1985).

Souza (1990) estudou a morfologia da praia de Massaguaçu, por meio de três perfis de amostragem identificando características morfológicas distintas entre as porções localizadas a norte e a sul do arco praial. No perfil levantado mais a norte da área, a largura média da praia medida foi de 32m, ao centro foi de 17m, e ao sul de 20m. A inclinação praial média obtida foi de 7° ao norte, 10° na porção central da praia e 7° na porção ao sul.

2.1.1 Caracterização Sedimentológica

Segundo Souza (1990) praia de Massaguaçu é constituída, predominantemente, de areias médias a grossas, moderadamente selecionadas, com 4 classes texturais e também modais, sendo o carbonato biodetrítico ausente. A classe modal predominante é de areia grossa, seguida de areia média. Cumpre ressaltar que predominam os valores normais de assimetria e curtose, ou seja, curvas simétricas e mesocúrticas, ressaltando o caráter unimodal desses sedimentos e/ou concentração em torno de uma ou duas classes granulométricas.

Na praia de Massaguaçu se verificam ligeiras variações granulométricas ao longo da praia. De sul (incluindo também a praia na desembocadura do rio Massaguaçu) para norte ocorre um ligeiro decréscimo no tamanho dos grãos. A classe modal predominante passa de areia grossa ao sul para areia média ao norte, enquanto aumentam gradativamente as porcentagens das classes areia fina e areia muito fina nesse sentido. De maneira geral, nos perfis sul e norte, nota-se a mesma relação de ligeiro aumento do tamanho granulométrico da região submersa para a região emersa da praia.

Souza (1990) discorre que junto à desembocadura do rio Massaguaçu os sedimentos são extremamente grossos, contendo, inclusive, fragmentos de rocha. No perfil norte, embora haja sempre o predomínio da classe areia média (> 50%), a segunda classe mais freqüente passa, progressivamente da região submersa para a emersa, de areia grossa para areia fina, aparecendo também a classe areia muito fina e desaparecendo a areia muito grossa. Verifica-se ainda a presença de 5 classes texturais nos sedimentos na região emersa e submersa, e 4 classes no espraimento. Nos perfis do centro e sul o número é de 3 e 4 classes (SOUZA, 1990).

2.2 Circulação Atmosférica

Para Tessler (1988) o entendimento das características geomorfológicas e sedimentológicas do litoral paulista pode em parte ser alcançado através da caracterização meteorológica do Brasil Meridional, tendo em vista a importância de perturbações frontais na circulação atmosférica e, conseqüentemente, na compreensão da origem das modificações de linha de costa em pequena escala.

De acordo com Martins (2006) o controle deste processo está relacionado com a alternância de duas massas de ar, ambas de origem marítima sendo uma polar e outra tropical. A alternância sazonal destas massas de ar é controlada pela interação entre os Ciclones Polares Móveis (APM) e Tropical Atlântico (ATA).

Os APM's antecedem os sistemas frontais e são responsáveis pela precipitação e mudança da direção do vento, gerando os a partir do quadrante Sul. São caracterizados por menores temperaturas e são considerados, juntamente com os ATA's como os principais fatores de geração da dinâmica atmosférica do litoral paulista.

Os ATA's são caracterizados por possuir pressões máximas entre 1020 e 1023, temperaturas elevadas e gerar ventos associados aos alísios com direção predominante de NE e NO, tem sentido Anti-horário e posição entre os 10°S e 40°S de latitude.

O deslocamento para norte ou sul do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul, que se dá juntamente com o Equador Térmico, e a entrada de ar frio polar no inverno irá controlar o predomínio das massas de ar tropical ou polar (MARTINS, 2006).

2.3 Clima de Ondas e Marés

Segundo os estudos de Furtado (1978), Tessler (1988) e Martins (2006), o trem de ondas predominante tem direção SE. As ondas de S, SO são menos freqüentes, mas, por estarem associadas aos sistemas de frentes, possuem maior energia para o transporte de sedimentos. As ondas de L e NE são menos freqüentes e de baixa energia. Tessler (1988) considera ainda que os trens de onda provenientes de SE são mais efetivos no transporte de sedimentos na costa paulista.

São observados dois sistemas principais de correntes litorâneas sendo que ambos têm sentidos opostos, um para NE, gerado por ondas do quadrante SE, e outro para SE gerado pelas ondas provenientes de NE, sendo estes sistemas os responsáveis pelo transporte e redistribuição de sedimentos da região costeira.

Segundo Souza (1990) a influências das ondas provenientes de S e SSE no arco praial de Massaguaçu é pequena devido à difração gerada pela ilha de São Sebastião, as ondas de SE e L incidem diretamente nos setores Sul e Central do Arco Praial.

Capítulo 3 – Objetivos

O objetivo desta dissertação é caracterizar a evolução morfológica e sedimentar no Arco Praial de Massaguaçu, Litoral Norte do Estado de São Paulo, em uma escala espaço-temporal histórica e de eventos.

3.1 Objetivos Específicos

- Determinar o nível de retração da linha de costa visando o cálculo da taxa de variação da linha de costa no arco praial e a determinação da Área de Erosão Acentuada;
- Caracterizar a forma com a qual se dão as variações na morfologia da praia em uma escala de eventos, visando identificar os locais mais vulnerabilidade à erosão costeira; e,
- Determinar como os sedimentos se comportam na face da praia do arco praial.

Capítulo 4 – Variação da Posição da Linha de Costa

Existe uma infinidade de definições e métodos para determinar a posição de linhas de costa. Suguio (1992) define linha de costa como a linha que forma o limite entre a costa e a praia, sendo esta bem demarcada pela presença de falésias, vegetação, escarpas, dunas ou mesmo construções.

Segundo Crowell *et al.* (1991) diversos *datums* ou feições geomorfológicas podem ser utilizados para determinar a posição da linha de costa. Contudo estes autores consideram que, na maioria dos casos, a máxima linha de água se mostra como melhor indicador da interface terra – água para estudos de variação da linha de costa. Isto se deve ao fato desta ser utilizada como *datum* para a elaboração de cartas, ser de fácil identificação em campo, e, geralmente, pode ser identificada em fotografias aéreas. Entretanto, em linhas de costa escarpadas o topo da escarpa é um indicador melhor da linha de costa.

Estudos de variação da linha de costa podem utilizar diferentes formas de aquisição de dados, como mapas ou cartas, fotografias aéreas (e.x. SMITH e ZARRILO, 1990; CROWELL *et al.*, 1991) ou outro método de geoprocessamento, como GPS, imageamento por vídeo ou imagens de satélite (e.x. MCNISH, 2004; Morton *et al.*, 2005), e levantamentos topográficos (e.x. SMITH e ZARRILO, 1990).

Crowell *et al.* (1991) fazem uma ampla discussão sobre a análise de variação da linha de costa em escala de tempo histórica utilizando mapas e cartas topográficas e fotografias aéreas.

Segundo estes autores mapas históricos e cartas podem apresentar *Datums* com coordenadas geográficas obsoletas, irregularidades nos contornos do mapa, sendo que estes podem ser corrigidos através de rotinas computacionais. Defeitos, como manchas, rasgos e enrugamentos, são comuns e não podem ser corrigidos, entretanto são facilmente identificados. O referenciamento de mapas e cartas elaboradas a partir do século XX é simples, pois estes normalmente apresentam pontos de controle primário, como a intersecção entre as linhas de coordenadas ou estações de triangulação.

Segundo Smith e Zarrilo (1990) os levantamentos aerofotogramétricos são muito utilizados para estudar as variações históricas da linha de costa desde o advento do imageamento aéreo de alta resolução em grande escala. As análises destas fotografias aéreas, segundo Crowell *et al.* (1991), estão mais sujeitas a erros, uma vez que estas não possuem pontos de controles primários sendo necessário estipular pontos de controle secundários, como esquinas ou cantos de construções. Outras fontes de erro são decorrentes de distorções geradas no momento de aquisição dos dados, sendo elas:

- A aquisição da imagem com inclinação do avião, o que causa uma diferença de escala entre as bordas da imagem;
- Diferença da escala entre as imagens da faixa, causada pela impossibilidade do avião voar constantemente na mesma altitude;
- Declividade do terreno, gerando distorção na qual as regiões da imagem aparentemente tendem ao centro da fotografia; e,
- Distorção radial gerada pela lente que varia em função da distância radial do centro da fotografia, sendo que a distorção aumenta do centro para as bordas desta.

Crowell *et al.* (1991) observa que tais distorções são mensuráveis e passíveis de correção através de ferramentas computacionais.

Dolan *et al.* (1991) considera que a acurácia e os erros vão depender da qualidade dos dados e estão intimamente relacionados com a habilidade do analista em executar os procedimentos. Segundo estes autores os erros causados durante as análises diminuem com a quantidade de dados disponíveis. Além disto Crowell *et al.* (1991) conclui que os erros da análise serão mais expressivos em ambientes com pequenas variações sazonais, sendo necessário o conhecimento da região estudada para avaliá-lo.

Segundo McNish (2004) posição da linha de costa pode ser definida, ainda, com o uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS) de alta precisão, através de levantamentos contínuos sobre indicadores da linha de costa. Tal método apresenta precisão centimétrica e está relacionada às características do aparelho, contudo isto não retira a subjetividade gerada pelo

operador uma vez que por vezes é possível ocorrer erros de má identificação dos indicadores de linha de costa.

O levantamento de perfis praiais permite a identificação de coordenada bidimensionais (x,z) em qualquer ponto do perfil bem como o volume e a largura de um ponto na praia. Assim, com a execução de uma série de perfis ao longo da costa é possível determinar a posição da linha de costa identificando o indicador através de um ponto no perfil (SMITH e ZARRILO, 1990).

A resolução ao longo da costa desta determinação terá relação inversamente proporcional ao espaçamento entre os perfis, desta forma a utilização deste método não é viável para avaliar grandes áreas (SMITH e ZARRILO, 1990).

4.1 Metodologia

A determinação da variação da linha da costa no Arco Praia de Massaguaçu foi feita através da comparação de linhas de costa vetorizadas sobre os levantamentos aerofotogramétricos de 1962, 1977 e 1994; do arquivo 2796-12 (imagem aérea digital de 2001) e um caminhamento com GPS¹ executado nos dias 27 e 28 de Junho de 2006.

Como o levantamento, utilizando o método de DGPS, se deu sobre o limite superior da praia, ou seja, a interseção entre a praia com a vegetação (Restinga ou de dunas quando visível), escarpa do aterro, construções (quando estas estavam justapostas à praia) e, na Praia da Cocanha, a berma; este foi considerado como linha de costa para a vetorização nas imagens.

4.1.1 Imagens aéreas

As informações sobre os levantamentos aerofotogramétricos estão descrito abaixo:

- Levantamento de outubro de 1962: realizado pela Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo – Instituto Agrônômico (SA - IA).

¹ A descrição e metodologia de operação do GPS são apresentadas no Capítulo 5.

Empresa: Aerofoto Natividade S.A. Escala aproximada 1:25.000.
Fotografias aéreas utilizadas: 7 - 9280 e 7 - 9538;

- Levantamento de 1977: realizado pela Secretaria de Economia e Planejamento do estado de São Paulo - Coordenadoria de Ação Regional Divisão de Geografia (Plano Cartográfico do estado de São Paulo). Empresa: Terrafoto S.A. Atividades de Aerofotolevantamentos. Escala aproximada: 1:8.000. Data: 03/07. Hora aproximada: 12:05. Fotografias aéreas utilizadas: F34 - 294, F34 - 296, F34 - 299, F35 - 312, F35 - 314, F36 - 318;
- Levantamento de 1994: Empresa Base S.A. Escala aproximada 1:25.000. Fotografias aéreas utilizadas: FAIXA 07 - 16 e FAIXA 08 - 12.

Estes levantamentos foram digitalizados com a utilização de um *scanner* na função “*True Color*” com resolução de 600 DPI, sendo que as imagens dos anos de 1962 e 1977 foram obtidas das aerofotografias originais e as de 1994 foram obtidas de cópias de alta qualidade, visto que as aerofotografias originais não se encontravam disponíveis.

Estas imagens foram georeferenciadas tendo como mapa-base o arquivo 2796-12, obtida junto a CDTECA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que consiste em uma base de dados geográficos on-line. O arquivo 2796-12 é uma fotografia aérea digital, obtida no ano de 2001, com resolução espacial de 1m, com projeção em coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), no fuso 23S, e no *datum* planimétrico SAD 69 (*South American Datum 1969*).

O georeferenciamento das imagens foi executado através do programa computacional *IDRISI 15.0 – Andes Edition* desenvolvidos pela *Clark Labs* da Universidade de Clark. O erro obtido no processo referenciamento foi de ½ pixel.

A área ocupada por 10 pixels foi medida, e com isto se pode fazer a aproximação da área que cada pixel representava. Assim obteve-se que a resolução das imagens de 1962, 1977 e 1994 foi de, respectivamente, 2 m, 1,3 m e 1,9 m. A linha de costa obtida com GPS em 2006 apresentou erro horizontal máximo de 0,4 m.

4.1.2 Análise dos Dados

Para se obter valores quantitativos das variações de linha de costa, e facilitar as análises, foram estipuladas 72 linhas de controle (FIGURA 4.1), distanciadas em, aproximadamente, 100m. Usando estas linhas foi extraída a posição da linha de costa em cada ano, possibilitando a determinação de suas variações em metros através do cálculo da distância entre estes pontos². Assim se obtiveram as variações para os períodos de 1962 até 2006 e para os períodos que representam os intervalos das imagens (1962 a 1977, 1977 a 1994, 1994 a 2001 e 2001 a 2006).

Através dos dados de variação da linha de costa foi possível determinar as taxas de variação da linha de costa em metros por ano, para tal o valor de variação da linha de costa observado em duas imagens foi dividido pelo intervalo de tempo entre a aquisição das mesmas.

Para a determinação das Zonas de Erosão Acentuada (ZEA) foi obtida a média das taxas de erosão apresentadas nas análises e, utilizando a definição apresentada por Finkl (1996), todas as áreas que estiverem acima do dobro desta média foram consideradas ZEA's.

Ressalta-se que, com o intuito de sintetizar o corpo de texto desta dissertação, os mapas apresentando as linhas de costa vetorizadas se encontram no Anexo I e as tabelas apresentando os valores obtidos nas linhas de controle no Anexo II.

² A metodologia para determinar as distâncias entre dois pontos em coordenadas geográficas é descrita em detalhe na seção 5.2.4.

FIGURA 4.1 – POSIÇÃO DAS LINHAS DE CONTROLE SOBRE A PRAIA, OS NÚMEROS EM VERMELHO REPRESENTAM A DENOMINAÇÃO DA LINHA DE CONTROLE.

4.1.3 Validação

A validação das variações da linha de costa, neste caso, é complexa, uma vez que as variações da largura dos perfis bidimensionais representam bem as variações da linha de costa quando é utilizada a máxima linha de água. Como o limite superior da praia foi considerado como linha de costa a comparação entre os valores de variação pode ser prejudicada. Contudo, considerando que variações na posição da máxima linha de água devem refletir tendência semelhante às variações no limite superior da praia, foram

considerados como válidos os valores que apresentaram tendências semelhantes.

A FIGURA 4.2 apresenta a comparação entre as variações da linha de costa (m/ano) entre os anos de 2001 a 2006 com as variações de largura (m/ano) obtidas no campo. Nesta pode se notar que a tendência de variação entre a largura dos perfis praias e as variações da linha de costa são semelhantes nas linhas de controle 1, 3, 5, 7, 9, 13, 27, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 47, 63, 67, 69 e 71.

FIGURA 4.2 – COMPARAÇÃO DAS VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006 COM AS VARIAÇÕES DA LARGURA (m/ano) DOS PERFIS PRAIAIS.

Com isto pode-se inferir que as análises da variação da linha de costa são validas uma vez que maior parte destas apresentou tendência de variação semelhante entre a linha de costa e a largura dos perfis. As regiões nas quais as tendências não coincidem estão associadas às regiões mais urbanizadas na linha de costa e podem ser decorrentes de erros na determinação da posição linha de costa.

4.2 Resultados

Pode se observar na FIGURA 4.3 que a maior parte da linha de costa do Arco Praial de Massaguaçu em 2006 se encontrava progradada em relação ao ano de 1962, sendo que estas regiões se concentram nas extremidades da praia (linhas de controle 1 a 31 e 46 a 72).

A região em que a linha de costa em 2006 apresentou retração em relação a 1962 se encontra entre os pontos de controle 32 a 45, sendo que está área representa a área entre o Hotel Brisa e a área na qual foi construído o muro de contenção. Nesta mesma situação encontram-se os pontos de controle 14 e 63 (FIGURA 4.3).

FIGURA 4.3 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO LINHA DE COSTA (m) OBSERVADA ENTRE OS ANOS DE 1962 A 1994.

4.2.1 1962 a 1977

Observa-se na FIGURA 4.4 que entre os anos de 1962 e 1977 o Arco Praial de Massaguaçu apresentou uma forte tendência de progradação ao longo de quase toda a sua extensão, sendo observada retração apenas nas linhas de controle 32, 35 a 37, 55, 56, 61 e 67. Foi registrado valor máximo de

progradação de 30 m na linha de controle 69 e valor máximo de retração de 9 m na linha de controle 36.

Pode se observar na mesma figura que os valores de retração se concentraram na parte central do Arco Praial e que há uma grande disparidade entre os valores de progradação observados em algumas linhas de controle, como é o caso entre os 27 a 34.

As taxas de retração e progradação atingiram respectivamente valores de -0,6 m/ano e 2 m/ano (FIGURA 4.5).

FIGURA 4.4 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1962 A 1977.

FIGURA 4.5 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 1977.

4.2.2 1977 a 1994

Na FIGURA 4.6 e FIGURA 4.7 visualiza-se uma clara diferença na tendência de variação da linha de costa nos períodos de 1977 a 1994, em relação ao período anterior (1962 a 1977).

Entre as linhas de controle 1 a 17 houve uma grande variabilidade da progradação e retração da linha de costa, passando então para uma região onde predominou progradação (linhas de controle 18 a 36), seguida pela região mais central da praia, onde predominou retração (linhas de controle 37 a 47). Na região mais a norte do Arco Praial (linhas de controle 40 a 72) foi observada progradação, sendo exceção a isto as linhas de controle 52, 68 e 69 (FIGURA 4.6).

Observa-se na FIGURA 4.6 que a progradação máxima da linha de costa observada no período foi de aproximadamente 31 m, na saliência da Cocanha (linha de controle 66) e a retração foi de aproximadamente 10 m, na parte central da praia (linha de controle 41, próximo ao local de construção do muro).

FIGURA 4.6 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1977 A 1994.

As taxas de progradação e de retração máximas foram, respectivamente, 1,8 m/ano e de -0,6 m/ano. Observa-se, porém, que poucas linhas de controle apresentaram taxas de progradação acima de 1m/ano, sendo estas as linhas 26, 27 e 66. Apenas a linha de controle 41 atingiu taxa de retração superior a -0,5 m/ano (FIGURA 4.7).

FIGURA 4.7 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1977 E 1994.

4.2.3 1994 a 2001

No período de 1994 a 2001 fica clara uma tendência de retração da linha de costa em quase todo o Arco Praial, as únicas regiões nas quais se observou progradação estavam entre as linhas de controle 4 a 7 e 66 a 72 (FIGURA 4.8 e FIGURA 4.9).

Pode-se observar que a retração foi mais intensa na parte central de Massaguaçu, entre as linhas de controle 36 e 51, que se estende da região entre as proximidades do Hotel Brisa até o campo de futebol próximo ao trevo da via que leva a praia da Cocanha. O valor máximo de retração foi de aproximadamente 11,5 m, apresentando uma taxa de erosão de -1,6 m/ano (FIGURA 4.8 e FIGURA 4.9).

Nas FIGURA 4.8 e FIGURA 4.9 nota-se que o valor de progradação máximo foi de aproximadamente 63 m na linha de controle 67. Contudo tal valor pode estar sobreestimado, uma vez que a região foi ocupada neste período e a linha de costa foi alterada por construções e introdução de árvores na praia. Mesmo assim é certa a progradação da linha de costa nesta região e esta deve ter apresentado valores próximos aos valores de suas adjacências.

Assim considera-se o valor máximo de progradação de aproximadamente 20 m e taxa de 2,9 m/ano.

FIGURA 4.8 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 1994 A 2001.

FIGURA 4.9 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2001.

4.2.4 2001 a 2006

As FIGURA 4.10 e FIGURA 4.11 demonstram que a tendência de retração observada entre o período de 1994 a 2001 se manteve, contudo, esta região foi ampliada e passou a se posicionar entre as linhas de controle 20 a 49.

A linha de controle 63 apresentou maior retração com valor de aproximadamente 12 m, o que representa uma taxa de -2,5 m/ano, contudo ressalta-se que esta região se encontra junto à desembocadura do Rio Bracuí, logo é normal que esta região sofra grandes alterações na posição da linha de costa (FIGURA 4.10 e FIGURA 4.11).

Foi observada progradação da linha de costa nas extremidades do Arco Praia, sendo esta mais intensa na linha de controle 1, no Canto do Capricórnio, com um valor de aproximadamente 22 m, apresentando uma taxa de variação de 4,45 m/ano. Na Praia da Cocanha a linha de controle 69 apresentou valor próximo a 19 m o que representa uma taxa de progradação de 3,5 m/ano (FIGURA 4.10 e FIGURA 4.11).

FIGURA 4.10 – VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) ENTRE OS ANOS DE 2001 A 2006.

FIGURA 4.11 – TAXAS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006.

4.2.5 Zonas de Erosão Acentuada

As ZEA's apresentaram variação entre os períodos de 1962 a 1977, 1977 a 1994, 1994 a 2001 e 2001 a 2006. Os valores para se determinar uma ZEA são apresentados na TABELA 4.1.

TABELA 4.1 – VALORES DE TAXAS MÉDIAS DE RETRAÇÃO (m/ano) E VALORES MÍNIMOS (m/ano) PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA ZEA.

	1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
Retração Média (m/ano)	0,3	0,2	0,5	0,55
Valor Mínimo para ZEA (m/ano)	0,6	0,4	1,0	1,1

Sendo assim foi identificada uma ZEA entre o período de 1962 a 1977 localizado na linha de controle 36 que fica a aproximadamente 300 m a norte do Hotel Brisa. Observa-se que as linhas vizinhas à 36 apresentaram valores acima dos valores médios de retração para o período (FIGURA 4.12).

FIGURA 4.12 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 1977 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.

Entre 1977 e 1994 foi observada uma ZEA que englobou as linhas de controle 40 e 41. Foram observados valores iguais ou acima da taxa média de variação entre as linhas 39 a 45, sendo este maior e deslocado aproximadamente 400 m para o norte em relação à ZEA do período anterior (FIGURA 4.13).

FIGURA 4.13 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1977 E 1994 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.

Entre os anos de 1994 e 2001 foram observadas duas ZEA's. A primeira estava junto à linha de controle 10, observa-se que a linha 09 apresentou taxa acima da média e a linha 11 taxa próxima à média. A segunda

ZEA se localizou entre as linhas de controle 37 a 39 sendo que toda a área entre as linhas de controle 37 a 43 apresentou taxas superiores a 0,8 m/ano (FIGURA 4.14).

FIGURA 4.14 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2001 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.

Já entre os anos de 2001 a 2006 foram observadas três ZEA's. A primeira se localizava na linha de controle 14, podendo esta ser um erro de análise por se tratar de um dado isolado. A segunda pode ser observada entre as linhas de controle 26 a 29, sendo que todas as taxas observadas entre linhas 26 a 35 tiveram valores próximos ao valor mínimo para determinar uma ZEA. A terceira ZEA estava localizada entre os perfis 62 a 64, contudo por esta região se tratar da área de desembocadura do Rio Bracuí é possível que estes valores estejam sobre estimados (FIGURA 4.15).

FIGURA 4.15 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2006 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.

Analisando as taxas de retração da linha de costa para o período de 1962 até 2006 percebe-se que o limite de retração para a determinação de uma ZEA é de 2 m/ano.

Considerando isto se pôde observar a presença de duas ZEA's uma entre as linhas de controle 36 e 37 e outra na linha 41. Ressalta-se que as taxas de retração entre as linhas 34 a 42, 46, 48 e 64 apresentaram valores próximos a média das taxas de retração e as linhas 14 e 63 apresentaram valores próximos ao limite para identificação de uma ZEA.

FIGURA 4.16 – TAXAS DE VARIAÇÃO (m/ano) ENTRE OS ANOS DE 1962 E 2006 COM VALOR MÍNIMO PARA CONSIDERAÇÃO DE UMA ZEA.

4.3 Discussão

As variações da linha de costa não ocorreram de forma uniforme ao longo do tempo, tal fato foi diagnosticado por Norcross *et al.* (2002) na Baía de Kailua, Hawaii. Estes autores discorrem que tal fato se dá pela alteração entre comportamentos de progradação e retração ao longo do tempo, semelhantes às alterações sazonais observadas em análises de curto período.

Grande parte da linha de costa sofreu progradação entre 1962 e 2006. Contudo esta progradação se deu principalmente devido aos eventos ocorrentes entre os anos de 1962 a 1977 na maior parte do Arco Praia e de 1977 a 1994 nas regiões que compreendem as linhas de controle 17 a 36 e 51 a 63 (FIGURA 4.17).

Após 1994 foi observada uma mudança da tendência geral de variação da posição da linha de costa. Ressalta-se que esta alteração pode ter ocorrido em qualquer momento entre os anos de 1977 a 1994, assim esta mudança pode estar relacionada à urbanização do Arco Praia (FIGURA 4.17).

Após este período foi observada predominância de retração na praia e que este processo se intensificou no período de 2001 até 2006 (FIGURA 4.17). Este fato sugere a possibilidade de intensificação dos processos erosivos observados no arco praia.

A FIGURA 4.17 demonstra que a região compreendida entre as linhas de controle 66 e 72 sofreu progradação em todo o período avaliado. Tal fato é decorrente da grande proteção desta área gerada pelo Promontório Norte da Baía de Caraguatatuba, Ilha do Tamanduá e Ilha da Cocanha.

Observa-se ainda uma progradação considerável da linha de costa junto ao Canto do Capricórnio entre os anos de 1962 e 1977, ocorrendo neste período o fechamento da desembocadura do Rio Massaguaçu por uma barra arenosa (FIGURA 4.17).

Tais regiões podem ser responsáveis por perda de sedimentos do Arco Praia, sendo que a barra que fechou a desembocadura do Rio Massaguaçu pode ter permitido que os sedimentos passem pelo Promontório Sul do Arco Praia. A proteção na Praia da Cocanha gerada pelo Promontório Norte da baía e pelas ilhas pode impossibilitar que o sedimento depositado nestas regiões

retorne a parte central do Arco Praial caracterizando outra perda de sedimentos.

FIGURA 4.17 – VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA (m) NAS LINHAS DE CONTROLE.

A impermeabilização e descargas pluviais construídas durante a pavimentação da BR-101 na parte central da praia podem gerar perda de sedimentos nestas regiões. O efeito dos aportes do sistema pluvial sobre a praia pode ser observado em vários locais entre as linhas de controle 23 a 50 (FIGURA 4.18).

Segundo Morton *et al.* (2005), a estabilização da linha de costa através de obras de engenharia, como a introdução de um enrocamento³(FIGURA 4.19a), ou ainda construção de casa (FIGURA 4.19b), ou de um muro de contenção, ou mesmo um engordamento da praia, podem mascarar as taxas naturais de erosão, uma vez que, juntamente com os grandes períodos em que há a impossibilidade de obter dados, impedem a determinação precisa das variações da linha de costa. Assim sendo é possível que os valores de variação de linha de costa observados entre os anos de 1994 e 2006 em todas as áreas

³ Vestígios deste enrocamento foram observados em campo no dia 27 de junho de 2006, logo após uma forte ressaca. Este enrocamento passa boa parte do tempo enterrado sob os sedimentos praias e não se sabe a data de sua construção.

urbanizadas que se estende das linhas de controle 16 a 58 podem estar subestimadas, principalmente a região entre as linhas de controle 39 a 58 onde os reparos na rodovia, e conseqüente, estabilização da linha de costa são constantes.

FIGURA 4.18 – EFEITO DAS SAÍDAS PLUVIAIS E SOBRE O ARCO PRAIAL PRÓXIMOS A LINHA DE CONTROLE 34 (b) E 41 (a) e (b). (FOTOS DO AUTOR)

FIGURA 4.19 – RESQUÍCIO DE ENROCAMENTO NA REGIÃO CENTRAL DO ARCO PRAIAL (a) E CASAS CONSTRUÍDAS PRÓXIMAS A LINHA DE COSTA (b). (FOTOS DO AUTOR)

A FIGURA 4.20 apresenta a linha de costa de 1962 tendo como mapa base a imagem de 2001, pode-se observar que as casas foram construídas muito próximas à antiga posição linha de costa. Observa-se que atualmente esta área apresenta tendência a retração, com possibilidade de intensificação do processo.

FIGURA 4.20 – POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA EM 2006 EM RELAÇÃO ÀS RESIDÊNCIAS A SUL DA PRAIA DA COCANHA EM 2001.

Quanto as ZEA's foi observado que estas apresentaram grande variação ao Longo da Costa, contudo estes se concentram principalmente na parte central do Arco Praial variando entre as linhas de controle 35 a 41 a partir do ano de 1977. Ressalta-se que as taxas de retração nas adjacências destas sempre apresentaram valores elevados.

McNish (2004) discorre que estas regiões de erosão anômala podem se estender por quilômetros, contudo segundo este autor diversos estudos puderam observar que tais áreas podem abranger áreas que vão de dezenas de metros a poucas centenas de metros.

Assim sendo, e considerando as conclusões de Morton *et al.* (2005), é possível que esta ZEA observada na região central do Arco Praial de Massaguaçu seja maior do que o estimado ou que ocorra a presença de duas ZEA's de pequeno porte, sendo uma não identificada devido às alterações na linha de costa geradas pela ação antrópica (consertos no acostamento da rodovia).

4.4 Conclusões

Assim pode-se concluir com relação às variações da posição da linha de costa que:

- A linha de costa no Arco Praial de Massaguaçu encontra-se progradada em relação a 1962, sendo exceção a isto as regiões entre as linhas de controle 36 a 49. Aparentemente os sedimentos são provenientes da região central do Arco Praial e se deposita nas extremidades;
- Os processos erosivos se concentram na parte central do Arco Praial, principalmente na região com orla pouco urbanizada e onde a Rodovia passa adjacente ao sistema praial, e vem sendo intensificado ao longo do tempo. Tal processo pode estar relacionado aos canais de drenagem que são lançados sobre a praia e a impermeabilização gerada pela rodovia;
- As construções feitas junto à orla que se encontram a leste da rodovia BR101 e no trecho entre a região central do Arco Praial até o Rio Cocanha estão sob risco, visto que estão muito próximas da linha de costa atual;
- O Canto do Capricórnio e a Praia de Cocanha são as regiões do Arco Praial menos suscetíveis aos processos de retração da linha de costa, devido a possuírem um grande aporte sedimentar; e,
- As ZEA's apresentaram grande variação espacial no tempo. Tal variação pode estar relacionada à ação antrópica, que, no intuito de reparar os danos causados pela variação da linha de costa, a fixou. Isto impossibilita a determinação acurada das variações e a determinação exata da posição da ZEA por este método. Contudo é possível a presença de uma ou duas ZEA's permanentes entre as linhas de controle 25 a 40.

Capítulo 5 – Monitoramento da Morfologia Praial

Processos de erosão e acreção costeira são fenômenos tridimensionais normalmente estudados através de dados unidimensionais, como posição da linha de costa (Visão em Planta), ou através da variação de feições em perfis praias. O monitoramento praias fornece meios para determinar a dinâmica de praias, os fatores que influenciam os ganhos e perdas volumétricas ao longo da costa, tendências de curto período na estabilidade e taxas de mobilidade da linha de costa (MORTON *et al.*, 1993).

Até recentemente⁴ a aquisição de dados tridimensionais representava uma grande dificuldade, uma vez que a escala espacial destes ambientes tende a limitar o número de segmentos praias a serem analisados (MORTON *et al.*, 1993).

Ainda segundo Morton *et al.* (1993), tais levantamentos são de grande importância, pois podem ser utilizados como suporte a engenharia costeira e para criar políticas (i.e. legislação) de ocupação de áreas costeira, na qual auxiliariam na determinação de áreas de risco e de exclusão para obras.

Estes autores identificam três problemas potenciais e inerentes ao método utilizado para a aquisição de perfis. O primeiro problema está relacionado ao fato dos perfis estarem amarrados a uma referência fixa, no caso de danos ou perda desta será muito difícil fazer comparações precisas entre os perfis coletados em levantamentos prévios e posteriores. O segundo problema ocorre caso os perfis não sigam o mesmo rumo. E o terceiro problema faz relação à interpolação tridimensional utilizando dados bidimensionais. Cada método de coleta apresentara uma suscetividade diferente a cada um destes problemas.

5.1 Métodos de Coleta de Dados Morfológicos

Existe um grande número de métodos de coleta de dados morfológicos, que variam muito em complexidade e de acordo com o

⁴ N.A.: Este recentemente se refere ao final da década de 1980 e início da década 1990 para os Estados Unidos. No Brasil isto só se tornou realidade no final da década de 1990 ou por volta do ano 2000.

equipamento. A escolha do método utilizado irá depender, principalmente, do equipamento disponível para o levantamento, sendo que este irá determinar a precisão dos dados.

Um dos métodos mais simples e, provavelmente, com menor custo é o Método de Emery o qual consiste na medição da diferença de cota e distância entre duas estacas graduadas. Para auxiliar na leitura das cotas pode ser utilizada uma mangueira com água ou um barbante atado às estacas, as distâncias podem ser obtidas com uma trena ou com o próprio barbante.

Este método apresenta erros elevados e muito variáveis devido à subjetividade do método. É indicado para áreas que apresentem grandes variações morfológicas, pois estas tendem a diluir os erros, deixando-os menos representativos. A utilização deste método só é sugerida quando nenhum outro método está disponível.

O método utilizando nível e régua graduada (estadia) é amplamente utilizado devido ao baixo custo dos equipamentos e facilidade de utilização. O nível consiste em um equipamento ótico que mede cotas e distâncias em relação à régua.

Tal equipamento possui um conjunto de espelhos internos que geram três linhas paralelas na horizontal em seu visor que são utilizadas para fazer as leituras na régua. As diferenças de cotas são obtidas por leitura direta na régua enquanto as distâncias são obtidas através de relações trigonométricas entre as leituras feitas nas extremidades da régua. Na prática a distância é obtida através da multiplicação da diferença entre os valores medidos na régua por um fator de correção que pode variar de 98 a 103 dependendo do fabricante do equipamento.

Quando utilizado por operadores inexperientes este método pode apresentar erro de até 20 cm, contudo as medidas de distância têm incerteza de aproximadamente 50 cm. Este método apresenta grande subjetividade e os resultados podem variar consideravelmente entre operadores e necessita que a régua esteja estável e na vertical para uma leitura acurada dos dados. Contudo a verificação da acurácia das medidas é extremamente simples e pode ser feita em campo.

A desvantagem do método é que este apresenta um alcance limitado, e desta forma o equipamento deve ser transferido com frequência, e a precisão das medidas tende a diminuir com a distância.

Borges (1977) descreve o método de coleta utilizando teodolito eletrônico e estádia. O Teodolito eletrônico é um equipamento que possui uma luneta e base móveis, sendo que através do equipamento determina-se os ângulos verticais da luneta e horizontais da base.

São feitas duas leituras na régua com a luneta, sendo registrado também o ângulo no momento da leitura. Com isto é possível determinar a distância e as cotas através de operações matemáticas simples envolvendo as cotangentes dos ângulos.

Este método apresenta erro semelhante ao nível, contudo a incerteza nas medidas é muito inferior uma vez que o local da leitura é escolhido pelo operador do equipamento.

A precisão é dada pela diferença entre os ângulos medidos, sendo que esta diminui com a distância. Os erros gerados pela subjetividade nas leituras são menores, mas variações na verticalidade da régua podem gerar erros consideráveis na análise.

Este método apresenta alcance muito superior ao nível, e como sua mira de leitura não é fixa este não necessita ser deslocado com frequência.

Huang *et al.* (2002) descreve a utilização do método de determinação eletrônica de distância (*EDM*⁵) ou Estação Total (*Total Station*). Este autor discorre que este equipamento é capaz de medir pontos tridimensionais utilizando sofisticados equipamentos para medir ângulo, emissores de raio laser e espelhos refletor (prisma), sendo que a posição de um alvo (prisma) é determinada através de seu azimute em relação a uma direção base e da distância até o alvo. A acurácia na aferição da distância pode variar de $Xmm + Yppm \cdot \text{distância}$, onde X^6 e Y^7 são menores que 10, a acurácia da medida de ângulos se dá em vários segundos.

⁵ Sigla em inglês de *Electronic Distance Measurement*.

⁶ Capacidade de resolução telescópica, sua unidade é dada em frações de graus, geralmente segundos.

O uso de GPS para efetuar levantamentos topográficos foi desenvolvido logo após a sua liberação para uso civil. Morton *et al.* (1993) apresentam uma discussão ampla sobre o uso deste sistema aplicado para estudar variações em ambientes praias. Estes autores consideram que apesar das várias possibilidades de aquisição de dados, todas elas se baseiam no conceito básico de posicionamento através de triangulação com satélites como fontes de dados.

Para os usuários os Satélites GPS fornecem três tipos de informações, transmissão da efeméride (*broadcast ephemeris*), pseudovariância (*pseudorange*) e a transmissão de fase (*carrier phase*). A transmissão da efeméride informa a posição do satélite, a pseudovariância disponibiliza uma medida direta da distância entre o satélite e o receptor e a transmissão de fase é dada pela diferença de fase observada na onda recebida pelo receptor com a fase do sinal de referencia gerado pelo receptor (MORTON *et al.*, 1993).

Um receptor de GPS pode determinar uma posição tridimensional ao rastrear quatro ou mais satélites. A acurácia da posição adquirida depende da acurácia adquirida na transmissão da efeméride e na pseudovariância, contudo a transmissão de fase se mostra em uma ou duas ordens de grandeza mais precisa que a pseudovariância e fornece medidas muito precisas na variação da distância entre os satélites. Devido a isto a transmissão de fase é a observação primária para a aquisição de uma posição precisa (MORTON *et al.*, 1993).

Nos anos de 1990 os GPS's operavam em dois níveis de acurácia em tempo real, o Serviço de Posicionamento Padrão que tinha acurácia de 100 metros nos eixos verticais e horizontais, e o Serviço de Posicionamento Preciso, que possuía acurácia de 16 metros e que tinha seu uso restrito à alguns usuários autorizados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (MORTON *et al.*, 1993). Atualmente esta restrição de uso não é mais aplicada e os receptores civis utilizam o Serviço de Posicionamento Preciso.

⁷ Acurácia horizontal e vertical da medida do ângulo.

Contudo, tendo em vista esta limitação nos anos 1990, foi desenvolvido o método de Sistema de Posicionamento Global Diferencial ou DGPS⁸, que consiste na utilização de dois ou mais receptores GPS que rastreiam os mesmos satélites simultaneamente, sendo que um GPS coleta dados em um ponto de referência conhecido e outro coleta dados em pontos desconhecidos. Supondo-se que o erro dos GPS é semelhante em uma área limitada este pode ser calculado e corrigido utilizando técnicas diferenciais. Este método permite o posicionamento em plataformas móveis e podem atingir acurácia de 1 a 5 metros operando com correção em tempo real (RTK⁹) ou subcentimétrica (erros de 0,5 cm são comuns) operando em modo pós-processado (PPK¹⁰).

O trabalho de Huang *et al.* (2002) comparou os métodos de coleta utilizando Estação Total e DGPS, o qual estava operando em RTK. Estes autores observaram que é possível atingir erros inferiores a seis centímetros utilizando o Método de DGPS e não diagnosticaram diferenças relevantes entre os métodos, concluindo então que ambos os métodos tem acurácia idêntica. Contudo estes não sugerem vantagens ou desvantagens entre os métodos.

5.2 Metodologia

O monitoramento da morfologia consistiu no levantamento da porção emersa da praia através de perfis praias (levantamentos bidimensionais) e em caminhamentos (levantamentos tridimensionais), para os quais foi utilizado o método de DGPS. Foram utilizados dois GPS da marca Trimble, sendo o GPS Estático um Receptor 4700 e o Móvel um Receptor 4800. Utilizou-se ainda o método de nível topográfico e estádia para fazer a comparação com o método de DGPS e com isso validar os levantamentos.

Foram estipulados 36 perfis praias com, aproximadamente, 200 metros de distância entre si, cobrindo toda a extensão do Arco Praial. As referências dos pontos iniciais dos perfis são constituídas por estruturas fixas, em sua maioria quinas de muros e portões, e postes de iluminação pública. Estes perfis foram numerados de forma crescente em direção a praia da Cocanha e sua

⁸ Sigla em inglês para *Differential Global Position System*.

⁹ Sigla em inglês para *Real-Time Kinematic*.

¹⁰ Sigla em inglês para *Pos-Processed Kinematic*.

orientação foi obtida com auxílio de uma bússola sendo esta a direção ortogonal à orientação da linha de costa (FIGURA 5.1 e Anexo III).

Os perfis topográficos foram obtidos com os GPS's configurado no Estilo de Levantamento "Pós-Processado Cinemático" no modo "*Stop and Go*" com intervalo de aquisição de observações a cada dois segundos, sendo que cada ponto consiste em três medidas de posição do GPS. O posicionamento na praia dos pontos coletados foi feito visualmente uma vez que se trata de uma praia com grande declividade e pequena largura, o que permite a fácil identificação das feições da praia.

Os perfis tridimensionais foram feitos através do caminhar entre dois perfis praias, sendo eles entre o perfil praias 1 e 2; 11 e 12; 21 e 22; 25 e 26; e 32 e 33, e foram nomeados, respectivamente, como Perfis 3D-1, 3D-2, 3D-3, 3D-4 e 3D-5 (FIGURA 5.1). Para a execução destes o GPS Móvel foi configurado para operar no Estilo de Levantamento "Pós-Processado Cinemático" no Modo "Caminhar" com intervalo entre aquisição de medidas de 2 segundos.

FIGURA 5.1 – IMAGEM AÉREA DEMONSTRANDO A POSIÇÃO DOS PERFIS.

5.2.1 Ponto de Instalação do GPS Estático

O erro da aquisição dos pontos apresenta uma relação direta com a distância entre a Base (GPS Estático) e o GPS Móvel. Obstáculos, os quais bloqueiam o sinal enviado pelos satélites, influenciam na acurácia dos dados coletados. Tendo isto em vista foi obtido um ponto para ser utilizado como base na Praia de Massaguaçu.

Inicialmente a Antena do Receptor 4700 foi instalada sobre o muro do Hotel Brisa (FIGURA 5.2), com a utilização de um pino centrante, por um período de 8 horas no Estilo de Levantamento “Pós-Processado Cinemático” com um intervalo de obtenção de pontos de 15 segundos. Para o pós-

processamento foram utilizados os dados coletados na estação do Rio de Janeiro da RBMC do IBGE, sendo que estes podem ser adquiridos gratuitamente na *Home Page* do IBGE.

FIGURA 5.2 – POSIÇÃO DA BASE DA ANTENA DO GPS FIXO (FOTO: MOYSÉS G. TESSLER).

O erro da posição obtida com o ajuste foi de 2,2 mm na direção norte, 7,8 mm na direção leste e 1,43 cm na altura com limite de confiança de 95%. Desta forma se obteve que a posição do Ponto Fixo foi:

Datum WGS-84:

Coordenadas: 23°35'42,24995"S; 45°20'22,35416"O

Altura: 4,857 m

Datum SAD-69:

Coordenadas: 23°35'40,51262"S; 45°20'20,79934"O

UTM: 7.390.607,157 m; 465.401,210 m

Altura: 2,866 m

Foram observados erros elevados e rejeição de 39% dos pontos coletados em novembro de 2006, isto deve ter sido causado pela “sombra” do hotel e de uma árvore próximos a base. Assim foi necessário alterar a posição da base do sistema DGPS no mês de fevereiro de 2007, sendo escolhido como novo local para a base um dos cantos da casa da bomba d’água da piscina do Hotel Brisa (FIGURA 5.3).

FIGURA 5.3 – NOVA POSIÇÃO DA BASE DO DGPS, O PONTO VERMELHO INDICA A REFERÊNCIA DO PONTO (FOTO DO AUTOR).

Para a determinação da posição da base do GPS o receptor 4700 foi ligado sobre a nova posição por dois períodos de aproximadamente 4 horas cada, no Estilo de Levantamento “*Fast Static*” com um intervalo de obtenção de pontos de 15 segundos. Novamente foi utilizada como base a estação do Rio de Janeiro da RBMC/IBGE.

O erro da posição obtida com o ajuste foi de 3 mm na direção norte, 5,9 mm na direção leste e 2,3 cm na altura com limite de confiança de 95%. Desta forma a nova posição da Base do sistema DGPS foi:

Datum WGS-84:

Coordenadas: 23°35'43,45526"S; 45°20'23,64863"O

Altura: 4,494 m

Datum SAD-69:

Coordenadas: 23°35'41,71793"S; 45°20'22,09381"O

UTM: 7.390.570,004 m; 465.364,611 m

Altura: 2,523 m

Observou-se que a precisão dos pontos dos perfis obtidos com o GPS no mês de fevereiro de 2007 foram, em média, erros menores que 2 cm nas direções horizontais e menores que 4 cm nas verticais, sendo que o maior erro foi de 6 cm nas direções horizontais e 7 cm na vertical, e a porcentagem de rejeição dos pontos no pós-processamento foi de 1%. Assim se pode considerar que o processo de transferência da base resolveu o problema de erro elevado observado no campo de novembro.

5.2.2 Aproximação da Altura Ortométrica

Com o intuito de apresentar os dados com valores de cota mais aproximados ao nível médio do mar optou-se por fazer a aproximação dos dados em Altura Geoidal para Ortométrica do IBGE. Ressalta-se que isto não é uma tentativa de georeferenciar o ponto Base.

Para tal foi determinada a diferença entre as Alturas Ortométricas e Geoidais através da coleta de um ponto com o GPS Móvel sobre as RN's 1980M e 1980N do IBGE. Os valores de Altura Ortométrica das RN's e da Altura Geoidal obtida sobre as RN's, bem como a diferença entre estas são apresentadas na TABELA 5.1, nesta ainda são apresentados os valores de estimativa de erro na altura e da precisão vertical obtidos com o GPS.

As diferenças das alturas se aproximam muito do estimado com o Modelo Geoidal *MAPGEO2004* (Sistema de Interpolação Geoidal), que é 3,54m. Tal modelo foi desenvolvido, e é distribuído gratuitamente, pelo IBGE e possui um erro médio padrão que varia de 0 a -0,5 m na região estudada.

Assim para aproximar os valores dos dados geoidais das alturas ortométricas foi somado aos valores de cota obtidos com o GPS a diferença obtida sobre a RN 1980M (3,436 m), no qual o GPS apresentou maior precisão e menor valor de erro.

TABELA 5.1 – VALORES DAS ALTURAS ORTOMÉTRICAS DAS RN's (m) E GEOIDAIS (m) OBTIDAS COM GPS, A DIFERENÇA ENTRE ESTAS (m), PRECISÃO VERTICAL OBTIDA COM O GPS (m) E A ESTIMATIVA DE ERRO DO GPS NA ALTURA (m).

RN	1980M	1980N
Altura ortométrica das RN's (m)	5,6787	5,9618
Altura geoidal obtida com GPS (m, SAD-69)	2,243	2,594
Diferença entre as Alturas (m)	3,436	3,368
Precisão Vertical do GPS (m)	0,007	0,02
Estimativa de erro do GPS na altura (m)	0,0055	0,0126

5.2.3 Levantamentos de Campos

Foram efetuadas no total oito campanhas de campo, sendo que duas destas foram consideradas Campos Piloto e seis foram para coleta efetiva dos dados. O sétimo campo teve de ser descartada devido a problemas na bateria do GPS Estático o que impossibilitou o Pós-Processamento dos dados e causou perda dos dados coletados.

Os Campos Piloto foram executados nos meses de setembro e outubro de 2006, e tinham o objetivo de fazer o reconhecimento da área de estudo, fixar o ponto Base no qual seria instalado o GPS Estático, testar e efetuar a validação da metodologia. Os campos de coleta de dados foram executados entre os dias:

- 16 e 18 de novembro de 2006. Não foi possível pós-processar os perfis 8, 10, 11, 12 e 13, sendo estes descartados;
- 25 de fevereiro e 2 de março de 2007;
- 21 a 24 de maio de 2007;
- 10 a 13 de julho de 2007;
- 8 a 12 de outubro de 2007 (campo descartado); e,
- 3 a 6 de março de 2008.

Durante estes foi possível coletar todos os 36 perfis praias com erros geralmente menores que 7 cm nas direções horizontais e 10 nas verticais, com rejeição de pontos menor que 10%. Exceção a isto foi o campo de novembro de 2006 no qual os erros foram maiores de 20 cm nas direções horizontais e 27 cm nas verticais, entretanto puderam ser utilizados na elaboração dos perfis.

Quanto aos perfis tridimensionais estes foram coletados nos meses de fevereiro, maio e julho de 2007; e março de 2008. A listagem dos perfis que foram coletados é apresentada na TABELA 5.2.

TABELA 5.2 – PERFIS TRIDIMENSIONAIS COLETADOS NOS CAMPOS, PERFIS MARCADOS COM “√” FORAM COLETADOS E PERFIS MARCADOS COM “X” NÃO FORAM COLETADOS.

Campo/Perfis 3D	3D-1	3D-2	3D-3	3D-4	3D-5
Nov/06	X	X	X	X	X
Fev/07	X	√	√	√	√
Mai/07	√	√	√	√	√
Jul/07	√	X	X	X	√
Out/07	X	X	X	X	X
Mar/08	√	√	√	√	√

5.2.4 Análise dos dados

Inicialmente os dados foram transferidos do GPS para o computador com o uso do programa computacional *Data Transfer*®. Para o Pós-Processamento dos dados foi utilizado o programa computacional *Trimble Geomatic Office*®.

Para a elaboração dos gráficos bidimensionais dos 36 perfis praias foi utilizado o programa computacional *Microsoft Office Excel*®. Os dados tridimensionais de posição e altura dos pontos obtidos com o GPS foram tratados de forma a transformar os perfis coletados em coordenadas UTM em coordenadas bidimensionais métricas (x;z). Para isto foi utilizado o Teorema de Pitágoras da seguinte forma:

$$d = \sqrt{(Lat_{n+1} - Lat_n)^2 + (Long_{n+1} - Long_n)^2} \quad (\text{Eq. 3.01})$$

onde d é a distância entre os dois pontos, Lat_n é a Latitude do ponto inicial, Lat_{n+1} é a Latitude do ponto subsequente, $Long_n$ é a Longitude do ponto inicial e $Long_{n+1}$ é a Longitude do ponto subsequente. Para determinar a largura dos perfis calculou-se a distância entre cada ponto e somou-se esta com as distâncias entre os pontos anteriores.

Dos perfis praias foi obtido a Largura e Volume para cada levantamento fazendo o uso do programa computacional *BMAP 2.0*® desenvolvido pelo Centro de Pesquisa em Engenharia Costeira do Corpo de Engenheiros da Marinha dos EUA. Para o cálculo do volume este programa utiliza a integral definida:

$$V = \int_{X_1}^{X_2} y \cdot dx \quad (\text{eq. 3.02})$$

onde V é o volume expresso em m^3/m , y é a função que representa o perfil da praia e X_1 e X_2 correspondem, respectivamente, ao ponto (x,z) inicia e final do perfil praias. A diferença entre os pontos X_1 e X_2 corresponde a Largura da Praia.

Os Mapas de Elevação do Terreno e o volume dos perfis tridimensionais foram obtidos com o uso do programa computacional *Golden Software Surfer 8*®, sendo utilizado o método de interpolação “Triangulação com Interpolação Linear”. Este método apresentou o melhor resultado nas análises estatísticas nos métodos de interpolação (Anexo IV). O método para o cálculo dos volumes utilizado foi à regra dos trapézios, que pode ser definido matematicamente pela integral:

$$V_{(x,y)} = \int_{\alpha=x \min}^x \int_{\beta=y \min}^y z_{(\alpha,\beta)} \cdot d\alpha \cdot d\beta \quad (\text{eq. 3.03})$$

onde $V_{(x,y)}$ é o volume do terreno expresso em m^3 , $z_{(\alpha,\beta)}$ representa a função que descreve o terreno e α e β representam, respectivamente, os valores de cota nos eixos x e y na malha da interpolação (*Grid*).

Ao observar os perfis praias e tridimensionais pode se notar uma grande diferença na largura e volume destes ao longo da praia. Com isto o impacto de uma redução de um determinado valor de volume ou largura será diferente para diferentes regiões na praia. Assim para identificar zonas com variações morfológicas semelhantes ao longo da praia os valores de variação de volume e largura foram transformados em valores percentuais em relação ao perfil anterior da seguinte forma:

$$V_p = \frac{\Delta V \times 100}{V_i} \quad (\text{Eq. 3.04})$$

e

$$L_p = \frac{\Delta L \times 100}{L_i} \quad (\text{Eq. 3.05})$$

onde, respectivamente, V_p e L_p são as variações percentuais do volume e da largura da praia em relação ao volume e largura iniciais, V_i e L_i são o volume e a largura de um perfil inicial (em relação ao tempo), e ΔV e ΔL são as diferenças entre o volume e largura de um perfil inicial de um perfil levantado na mesma posição em outro momento.

Nesta dissertação não se pretende estabelecer uma escala para vulnerabilidade às variações morfológicas, ainda porque o volume e largura da praia são muito dependentes do estágio morfodinâmico da praia. Assim uma redução de um determinado percentual terá importância diferente em praias de estágio morfodinâmico diferentes.

5.3 Validação

A validação entre os métodos foi obtida através da comparação entre os métodos de levantamento topográfico usando nível e GPS.

Nas Figuras 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8; e nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 são apresentados respectivamente os perfis obtidos com ambos os métodos e a diferença entre seus valores. Pode-se observar que estes não apresentaram grandes diferenças, sendo os maiores valores de diferença atribuídos a problemas de leitura e inconstância na acurácia do nível.

Assim se pode considerar que a utilização do GPS é uma ferramenta válida para o levantamento de feições morfológicas em ambientes praias e possui certas vantagens com relação ao nível, tais como maior precisão, erro mais constante e pouco variável ao longo do perfil.

FIGURA 5.4 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 1 (C1) OBTIDO EM OUTUBRO DE 2006.

FIGURA 5.5 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 3 (C3) OBTIDO EM OUTUBRO DE 2006.

FIGURA 5.6 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 1 (C1) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.

FIGURA 5.7 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 2 (C2) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.

FIGURA 5.8 – PERFIL DE COMPARAÇÃO 3 (C3) OBTIDO EM FEVEREIRO DE 2007.

TABELA 5.3 – VOLUME (m^3/m) OBTIDO COM OS DIFERENTES MÉTODOS NOS TRÊS PERFIS EM FEVEREIRO DE 2007 E A DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES.

Método	Perfil 1C	Perfil 2C	Perfil 3C
DGPS (m^3/m)	75,197	77,305	83,059
Nível (m^3/m)	74,587	77,191	81,918
Diferença (m^3/m)	0,61	0,114	1,141
Percentual (%)	0,811	0,147	1,374

TABELA 5.4 – DIFERENÇA NA DISTÂNCIA E COTA ENTRE OS PONTOS COLETADOS COM OS DOIS MÉTODOS NO PERFIL 3C EM OUTUBRO DE 2006.

Ponto	Diferença na Distância (m)	Diferença na Distância (%)	Diferença na Cota (m)	Diferença na Cota (%)
1	0,000	0,00	0,026	0,51
2	0,052	4,97	0,004	0,09
3	0,146	3,52	-0,012	-0,32
4	0,261	3,59	-0,018	-0,58
5	0,342	3,66	-0,007	-0,29
6	3,332	24,09	-0,022	-1,14

TABELA 5.5 – DIFERENÇA ENTRE AS DISTÂNCIA (M) E COTAS (M) DOS PONTOS OBTIDOS COM AMBOS OS MÉTODOS CONCOMITANTEMENTE NOS TRÊS PERFIS DE COMPARAÇÃO EM FEVEREIRO DE 2007.

Ponto	Perfil C1				Perfil C2				Perfil C3			
	Cota (m)	Cota (%)	Altura (m)	Altura (%)	Cota (m)	Cota (%)	Altura (m)	Altura (%)	Cota (m)	Cota (%)	Altura (m)	Altura (%)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,60	16,71	0,04	0,74	-1,14	-39,66	0,00	0,08	0,30	12,99	0,01	0,14
3	-0,11	-1,61	0,02	0,35	-0,56	-8,62	0,01	0,12	0,45	8,33	0,01	0,24
4	-0,30	-2,53	0,03	0,88	-1,51	-14,36	0,00	0,08	0,79	7,33	0,02	0,69
5	1,19	8,41	0,06	1,82	0,62	3,67	-0,01	-0,28	0,54	3,69	0,03	1,08
6	-1,36	-7,71	-0,03	-1,13					0,21	1,37	0,00	-0,08

7	1,23	7,14	0,02	0,72
8	0,05	0,25	0,01	0,52
9	-0,47	-2,00	0,00	0,10

5.4 Resultados

O Arco Praial de Massaguaçu é um sistema praial que apresenta estágio morfodinâmico reflectivo com predominância de arrebentação ascendente e frontal. Contudo em momentos de energia de onda moderada a alta sua zona de surfe adquire características de praia intermediária a dissipativa apresentando dois ou três pontos de arrebentação, indicando a presença de bancos submersos, e predominância dos tipos de arrebentação frontal, mergulhante e por vezes deslizante, não sendo observado o tipo ascendente nestas condições (FIGURA 5.9).

FIGURA 5.9 – TIPOS DE ARREBENTAÇÃO DURANTE EVENTOS DE BAIXA (a) E DE MODERADA A ALTA (b) ENERGIA DE ONDA (FOTOS DO AUTOR).

Os Perfis praias são apresentados nas FIGURA 5.10, FIGURA 5.11, FIGURA 5.12 e FIGURA 5.13. Nestes podem ser observados uma diminui da Largura e do Volume da praia em direção ao centro do Arco Praial.

FIGURA 5.10 – PERFIS 01 A 09, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.

FIGURA 5.11 – PERFIS 10 A 18, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.

FIGURA 5.12 – PERFIS 19 A 28, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.

FIGURA 5.13 – PERFIS 28 A 36, OBTIDOS DURANTE OS CAMPOS NOVEMBRO DE 2006, FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.

5.4.1 Variação de Volume e Largura dos Perfis Bidimensionais

Os valores totais de variação do volume observados durante os campos nos 36 perfis bidimensionais são apresentados na FIGURA 5.14. Esta figura representa as variações do volume no período de novembro de 2006 a março de 2008.

Nesta figura pode ser observado que aproximadamente metade dos perfis apresentou perda de volume de sedimentos sendo as regiões de erosão máxima associados aos perfis 12, 19 a 26 e 29 a 34. Nota-se uma acresção de sedimentos nas regiões do Canto do Capricórnio (perfis 1 a 10), Praia da Cocanha (perfis 34 a 36) e entre os perfis 13 a 16.

FIGURA 5.14 – VARIAÇÃO TOTAL DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008.

As variações totais de largura da praia apresentam comportamento semelhante às observadas nas variações totais de volume. Foi observado incremento da largura entre os perfis 1 a 7, 14 e 15, e 33 a 36. Os perfis 8 a 13 e 17 a 34 apresentaram diminuição de sua largura, sendo observados diversos picos, estes localizado nos perfis 12, 17 23 e 31 (FIGURA 5.15).

FIGURA 5.15 – VARIAÇÃO TOTAL DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008.

5.4.1.1 Novembro de 2006 a Fevereiro de 2007

Observou-se que no período de Novembro de 2006 a Fevereiro de 2007 houve acresção de mais de $10 \text{ m}^3/\text{m}$ nos perfis 1 a 9, existindo a possibilidade de ocorrência desta até o perfil 14. Houve erosão nos perfis 15 e 16 seguidos por acresção inferior a $10 \text{ m}^3/\text{m}$ no perfil 17 (FIGURA 5.16).

Os perfis 18 a 22 apresentaram erosão seguida acresção nos perfis 23 e 24. Nos demais perfis foi observada erosão, com picos nos perfis 25, 30 e 33, e acresção, com picos nos perfis 27, 31 e 36 estando estes sempre entre os limites de -10 a $10 \text{ m}^3/\text{m}$ (FIGURA 5.16).

Quanto à largura, neste período, o Arco Praial apresentou incremento entre os perfis 1 a 9, 16, 17, 21 e 36, sendo os maiores valores observados na Região do capricórnio que variaram de 5 m a 13 m (FIGURA 5.17).

Os perfis 20, 27 e 35 não apresentaram variação significativa de largura e os demais perfis apresentaram retração, sendo os maiores valores registrados nos perfis 22, 23, 32 e 33, sem exceder 8 m de variação (FIGURA 5.17).

FIGURA 5.16 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007.

FIGURA 5.17 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007.

5.4.1.2 Fevereiro a Maio de 2007

Entre os meses de Fevereiro e Maio de 2007 observa-se que as variações de volume do arco praial foram menores, quase que em sua totalidade inferiores a $10 m^3/m$, do que as observadas durante o período anterior (FIGURA 5.18 e FIGURA 5.19).

Os maiores valores de erosão foram observados nos perfis 2 e 19, sendo este os únicos locais onde se observou erosão acima de $10 m^3/m$, seguido então pelo perfil 22 com perda de aproximadamente $6 m^3/m$ (FIGURA 5.18).

Foi observada acresção nos perfis 5, 10, 12 e 34 e 35, sendo que estes atingiram valores próximos a $10 \text{ m}^3/\text{m}$. Os demais perfis apresentaram valores próximos a zero com leve tendência a erosão (FIGURA 5.18).

A variação de largura no período de Fevereiro a Maio de 2007 apresentou uma tendência semelhante a do volume.

Na FIGURA 5.19 pode-se observar uma diminuição da largura entre os perfis 1 a 3, tendência a aumento desta entre os perfis 4 a 11, seguidos por pequenas regiões onde há predomínio de diminuição, com picos nos perfis 12, 16, 22, 30 e 32, e aumento, com picos nos perfis 15, 18, 24, 26, 34 e 35.

As variações se concentraram entre os valores de -5 m até 9 m, sendo que o Canto do Capricórnio apresentou maior variabilidade (FIGURA 5.19).

FIGURA 5.18 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m^3/m) ENTRE OS MESES FEVEREIRO E MAIO DE 2007.

FIGURA 5.19 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE FEVEREIRO E MAIO DE 2007.

5.4.1.3 Maio a Julho de 2007

Pode-se observar na FIGURA 5.20 que entre os meses de Maio e Julho de 2007 houve o predomínio de acresção no arco praial, sendo que as variações excederam as observadas no período de Novembro de 2006 a Fevereiro de 2007. Foi constatada acresção entre os perfis 2 a 13, 17 a 24 e 27 a 36. Os perfis que apresentaram erosão são o 1, 14 a 16 e 25 a 28.

FIGURA 5.20 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m³/m) ENTRE OS MESES DE MAIO E JULHO DE 2007.

Novamente é observada uma tendência de variação de largura dos valores semelhantes aos observados no volume. Contudo, apesar das

oscilações seguirem um padrão semelhante, é possível constatar que ocorre uma tendência de diminuição da largura da praia entre os perfis 1 a 17, sendo observado que os perfis 4, 8 e 13 apresentaram aumento moderado da Largura (FIGURA 5.21).

Os perfis 19 a 23 apresentaram aumento de largura, seguidos por uma região de diminuição desta entre os perfis 24 a 28. A partir destes perfis pode ser observado aumento nos perfis 29 e 30 e diminuição no perfil 34, as variações nos demais perfis é próxima à zero (FIGURA 5.21).

FIGURA 5.21 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE MAIO E JULHO DE 2007.

5.4.1.4 Julho de 2007 a Março de 2008

Observa-se que durante os meses de Julho de 2007 a Março de 2008 houve diminuição de até $35 \text{ m}^3/\text{m}$ dos perfis, sendo que tal perda está associada a uma forte ressaca que se deu em outubro de 2007 (FIGURA 5.22).

As maiores perdas de volume se deram entre os perfis 27 a 32 (Pico no Perfil 32 com perda de $35 \text{ m}^3/\text{m}$), seguidos pelos perfis 17 a 24 (Pico no perfil 24 com perda de $22 \text{ m}^3/\text{m}$) e então pelos perfis 6 a 11 (Pico no Perfil 08 com perda de $20 \text{ m}^3/\text{m}$) (FIGURA 5.22).

Pode se observar acreção entre os perfis 1 a 5, 14 e 15, e 33 a 36, sendo esta última região a que apresentou maior acreção, atingindo valores entre 10 e 40 m³/m (FIGURA 5.22).

A FIGURA 5.23 apresenta três regiões com aumento significativo da largura dos perfis, sendo estes idênticos aos locais no qual é observado o aumento de volume. Destaca-se nesta figura a magnitude dos picos de variação tanto na diminuição (perfis 30 e 31) quanto no aumento (perfis 2, 15 e 35) nos quais foram atingidos valores iguais ou superiores a 10 m.

FIGURA 5.22 – VARIAÇÃO DO VOLUME (m³/m) ENTRE OS MESES DE JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008.

FIGURA 5.23 – VARIAÇÃO DA LARGURA (m) ENTRE OS MESES DE JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008.

5.4.2 Perfis Tridimensionais

As figuras dos perfis tridimensionais são apresentadas no Anexo V.

Nota-se que os perfis do Capricórnio (3D-1) da Cocanha (3D-5) apresentaram volume maior e este diminuiu em direção ao centro da praia. O Perfil Central (3D-3) apresentou pouco menos que metade volume do volume Perfil da Cocanha e 1/3 do Perfil do Canto do Capricórnio (TABELA 5.6).

TABELA 5.6 – VOLUME (m³) DOS PERFIS TRIDIMENSIONAIS OBTIDOS EM FEVEREIRO, MAIO E JULHO DE 2007, E MARÇO DE 2008.

Perfil	Fev/07	Mai/07	Jul/07	Mar/08
3D-1	-	39.778,34	38,500,42	40,825,66
3D-2	19.447,60	17.777,57	-	17,564,22
3D-3	8.620,61	9.336,33	-	8,370,49
3D-4	12.527,27	12.245,09	-	11,224,72
3D-5	21.413,25	20.682,66	21,946,09	19,475,09

As variações de volume são apresentadas na TABELA 5.7. Entre Fevereiro e Maio o único perfil que apresentou aumento de volume foi o Perfil 3D-3 com um acréscimo de aproximadamente 750 m³ o que representa um acréscimo de aproximadamente 8,8% de seu volume inicial.

Os demais perfis apresentaram uma diminuição de sedimentos, sendo que o Perfil 3D-2 apresentou diminuição de aproximadamente 1.680 m³ o que representa 8,7% de seu volume original. Os Perfis 3D-4 e 3D-5 apresentaram uma diminuição de aproximadamente 280 m³ (2,2% do volume inicial) e 700 m³ (3,3% do volume inicial), respectivamente.

Entre Maio e Julho se observou a perda de aproximadamente 1.300 m³ junto ao perfil 3D-1 o que corresponde a 3,4% do volume total do perfil. Já perfil o perfil 3D-5 apresentou um acréscimo de aproximadamente 1.260 m³, o que corresponde a 6,1% do perfil.

Entre o período de Julho de 2007 a Março de 2008 pode-se observar uma acresção de aproximadamente 2.320 m³ de areia no Perfil 3D-1, o que corresponde a um incremento de aproximadamente 5,7% de seu volume.

Os demais perfis apresentaram diminuição de volume, sendo que o Perfil 3D-2 apresentou perda de aproximadamente 210 m³, correspondendo a pouco mais de 1% do seu volume. O Perfil 3D-3 apresentou erosão de

aproximadamente 965 m³ o que representa 11,5% de seu volume total. Foi observada uma diminuição de 1.020 m³ no Perfil 3D-4, sendo que isto representa aproximadamente 9% de seu volume.

Por fim, foi identificada uma perda de aproximadamente 2.470 m³ no Perfil 3D-5 o que representa uma diminuição de aproximadamente 12,5% de seu volume inicial.

TABELA 5.7 – VARIAÇÕES DO VOLUME DE SEDIMENTOS ENTRE OS CAMPOS.

Perfi l	Fev/07 – Mai/07		Mai/07 – Jul/07		Jul/07 ¹¹ – Mar/08	
	Variação (m ³)	Proporção (%)	Variação (m ³)	Proporção (%)	Variação (m ³)	Proporção (%)
3D-1	-	-	-1.277,92	-3,32	2.325,24	5,70
3D-2	-1.670,03	-8,59	-	-	-213,36	-1,21
3D-3	715,72	8,30	-	-	-965,84	-11,54
3D-4	-282,19	-2,25	-	-	-1.020,37	-9,09
3D-5	-730,59	-3,41	1.263,43	6,11	-2.471,00	-12,69

5.5 Discussão

5.5.1 Caracterização das variações morfológicas e possíveis fontes e sumidouros de sedimentos.

Ao executar o somatório das variações de volume entre os períodos estudados obteve-se que entre Novembro de 2006 e Fevereiro de 2007 os perfis apresentaram um aumento de aproximadamente 103 m³/m. Entre os meses de Fevereiro e Maio de 2007 uma diminuição de aproximadamente 5 m³/m, caracterizando estabilidade no período. Entre os meses de Maio a Julho de 2007 foi observado um aumento de aproximadamente 148 m³/m e entre os meses de Julho de 2007 e Março de 2008 uma perda de aproximadamente 177 m³/m nos perfis.

Entre os meses de Novembro de 2006 e Fevereiro de 2007 foi observado ganho de volume e largura da praia nos perfis na região próxima ao Canto do Capricórnio indicando progradação destes. Na região central foi identificado processo de perda de volume com aumento de largura o que

¹¹ Os valores de variação dos Perfis 2, 3 e 4 foram obtidos utilizando os valores de volume de Maio de 2007, uma vez que estes perfis não foram coletados em Julho de 2007.

acarretou em uma diminuição da declividade dos perfis, indicando processo de transporte transversal à costa, podendo ainda esta área ter servido de fonte para o acréscimo observado junto ao Canto do Capricórnio.

Os menores valores de variação observados entre Fevereiro e Maio de 2007 em relação ao período anterior sugerem uma diminuição da energia de onda incidente sobre o sistema praial. O pequeno valor de diminuição de sedimentos nos perfis leva a crer que este período foi caracterizado por uma estabilidade do arco praial, apresentando balaço de sedimentos nulo.

Durante os meses de Maio e Julho de 2007 pode ser identificado um aumento da magnitude das variações de volume e largura da praia. Foi observado aumento considerável de volume no Canto do Capricórnio, Centro de Massaguaçu e Praia da Cocanha, e pequenas áreas de erosão entre os perfis 13 a 16 e 25 a 28.

Neste período a largura sofreu diminuição entre os perfis 1 a 16 e 25 a 36 e a erosão entre os perfis 13 a 16 e 25 a 28 e sugere transporte longitudinal a costa.

Tal diminuição de largura sugere ainda o aumento da declividade nos perfis do Canto do Capricórnio e da Praia da Cocanha, indicando predominância de transporte transversal à costa em direção ao continente.

Grande parte do Arco Praial sofreu um forte processo erosivo entre os meses de Julho de 2007 a Março de 2008, contudo boa parte da erosão registrada se deu devido a um único evento erosivo ocorrido em outubro de 2007. Pôde-se observar que neste período houve incremento de volume e largura nas extremidades do Arco Praial e entre os perfis 12 a 15, sugerindo transporte de sedimento para estas regiões.

Uma ressaca ocorrida em outubro de 2007 causou o transporte à Praia da Cocanha, mais especificamente a região após a saliência que é representada pelos perfis 34 a 36. Estes perfis sofreram grande aumento de seu volume e largura, podendo ser eventos semelhantes responsáveis pelas progradações sucessivas na linha de costa nesta região descritas no Capítulo 4.

Considerando isto foi montado o seguinte diagrama (FIGURA 5.24) que sugere quais os componentes longitudinais e transversais à costa interagiram correlacionados com energia de onda para gerar as variações morfológicas observadas.

FIGURA 5.24 – DIAGRAMA COM SENTIDO DO TRANSPORTE OBSERVADO COM AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS.

5.5.2 Áreas de Risco e Zonas de Erosão Acentuadas.

As Figuras 5.25 e 5.26 apresentam os valores de variação de volume e largura percentuais em relação aos valores totais dos perfis. Os gráficos representam os valores de acreção e erosão separadamente para cada perfil, representando assim a variação total destes.

Com isto foi possível classificar diferentes regiões do arco praial de acordo com a proporcionalidade de suas variações, sendo que as regiões onde se encontram os menores valores de variação proporcional, ou onde esta foi exclusivamente positiva, são as que apresentam menor risco a sofrer retração da linha de costa. Desta forma podem ser consideradas áreas de baixo risco (BR) as áreas entre os perfis 1 a 7 e 33 a 36, de risco intermediário (RI) as regiões entre as áreas 08 a 14 e 26 a 32, e de alto risco (AR) a região entre as áreas 15 a 25.

FIGURA 5.25 – VARIAÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DO VOLUME (%) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007, FEVEREIRO E MAIO DE 2007, MAIO E JULHO DE 2007, E JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008 PARA CADA PERFIL.

FIGURA 5.26 – VARIAÇÃO PERCENTUAL ACUMULADA DA LARGURA (%) ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO DE 2006 E FEVEREIRO DE 2007, FEVEREIRO E MAIO DE 2007, MAIO E JULHO DE 2007, E JULHO DE 2007 A MARÇO DE 2008.

List *et al.* (2006) se referiu as regiões de erosão anômalas geradas por tempestades como *Reversing Storm Hotspots*¹², estes autores identificou tais feições em praias abertas, não urbanizadas e observou que estas áreas se recuperam em poucos dias após o término da tempestade.

Se for considerada a definição para ZEA de McNish (2004) é possível reconhecer na FIGURA 5.27 a ocorrência cinco possíveis ZEA's, sendo que três deles encontram-se na área citada no Capítulo 4 como uma ZEA. Tais regiões têm seus picos nos perfis 19 (ZEA 1), 23 (ZEA 2) e 26 (ZEA 3).

As outras ZEA's têm, possivelmente, sua origem relacionada à ressaca ocorrida em outubro de 2007 e apresenta picos nos perfis 29 (ZEAT 1) e 33 (ZEAT 2). O processo de formação desta região pode ser semelhante do observado por List *et al.* (2006), contudo este pôde ser observado três meses após o evento, sugerindo que a recuperação dos perfis praias se dá de forma muito mais lenta.

¹² Que pode ser traduzido como Zona de Erosão Acentuada Reversível gerado por Tempestade (ZEAT).

FIGURA 5.27 – VARIAÇÕES PERCENTUAIS DE VOLUME (%) OBSERVADAS ENTRE NOVEMBRO DE 2006 E MARÇO DE 2008.

5.6 Conclusões

Pode se concluir que, com relação às variações morfológicas:

- As ressacas são responsáveis pelo transporte de sedimentos para a Praia da Cocanha e além do Canto do Capricórnio causando as variações observadas e, conseqüentemente, variações da linha de costa;
- Os processos de erosivos ocorrem em quase todo o Arco Praial, porém se concentram na região central deste, indicando grande influência dos processos de transporte ao longo da costa;
- A grande variabilidade espaço-temporal entre os processos de erosão, acreção e estabilidade do arco praial, juntamente com as diferentes zonas observadas indica grande importância dos processos de transporte transversais e ao longo da costa. Sendo que as variações nestes processos explicariam a variabilidade morfológica observada no Arco Praial;
- O Canto do Capricórnio e a Praia da Cocanha são as regiões menos suscetíveis às variações morfológicas e com maior probabilidade de sofrer acreção de sedimentos. As regiões entre os perfis 08 a 15 e 26 a 32 apresentam risco intermediário de

sofrerem alterações na linha de costa e a área entre os perfis 16 a 25 apresenta alto risco de sofrer retração na linha de costa; e,

- Foi observada a presença de três pequenas ZEA's na parte central do Arco Praial, sendo estes concomitantes com a área identificada como uma ZEA no Capítulo 4. Há ainda a possibilidade da existência de outras duas ZEA's Reversíveis a sul da saliência da Praia da Cocanha, sendo que estas têm sua origem relacionada ressaca ocorrida no mês de Outubro de 2007.

Capítulo 6 – Monitoramento da Sedimentologia Praia

Segundo McIntyre (1977) as características básicas de uma praia são determinadas pela geologia e pela topografia da linha de costa e das terras adjacentes e nos processos físicos operando sobre estas, particularmente a rios e ondas que criam o suprimento e distribuem o material sedimentar. Assim a distribuição granulométrica dos sedimentos nas praias está relacionada principalmente a granulometria das fontes disponíveis, sendo os fatores dinâmicos, como altura de ondas e correntes, secundários (KLEIN *et al.* 2005). Isto já havia sido evidenciado por Nordstrom (1977), que observou não ocorrer variação do tamanho médio do grão com variações da altura de onda.

McLaren (1981) desenvolveu um modelo teórico que considera que se um fluxo for aplicado sobre uma série qualquer de sedimentos, estes terão as suas frações finas removidas, gerando, assim, uma diminuição do tamanho médio dos grãos e aumento da seleção e assimetria tendendo aos finos em direção ao fluxo. Finkelstein (1981) observa que o tamanho de grão diminui em direção às áreas mais protegidas a energia de onda em uma enseada.

Klein *et al.* (2005) analisaram um total de 922 amostras de sedimentos obtidas na face da praia de 28 praias de enseada no Litoral Centro-Norte do Estado de Santa Catarina. Neste estudo os autores puderam identificar três tipos sedimentares característicos. O tipo um é representado por sedimentos com granulometria entre 0,088 mm ($3,5 \phi^{13}$) a 0,250 mm (2ϕ) compostos por areia muito fina a fina. O tipo dois corresponde a areia média, variando de 0,250 mm (2ϕ) até 0,5 mm (1ϕ). E o tipo três seria composto por areias variando entre 0,5 mm (1ϕ) até 1 mm (0ϕ), ou seja, Areia Grossa. Estes autores sugerem ainda que o tipo um é dominante em praias dissipativas e o tipo três é dominante em praias reflectivas, sendo que em praias intermediárias são observados todos os tipos de sedimentos. Estes autores observaram que praias dissipativas e reflectivas apresentam menores variações temporais do tamanho médio de grão, sendo que estas atingem valores de,

¹³ Letra grega *fi*. Representa a escala logarítmica desenvolvida por Krumbein em 1934, e tem seus valores obtidos através da aplicação do logaritmo negativo de base dois do diâmetro do grão em milímetros.

aproximadamente, 0,5 ϕ para praias dissipativas e 0,9 ϕ para praias intermediárias.

6.1 Metodologia

As amostragens de campo foram efetuadas concomitantemente aos campos de levantamentos morfológicos, assim sendo as amostragens foram feitas nos meses de Novembro de 2006, Fevereiro, Maio e Julho de 2007 e Março de 2008, sendo coletadas um total de 176 amostras.

6.2 Amostragens de Campo

As coletas de sedimentos foram feitas com um amostrador de sedimentos de acrílico (FIGURA 6.1) nas proximidades do último ponto obtido com o GPS¹⁴ em cada perfil bidimensional. Assim foi considerando os valores de latitude e longitude destes como a posição das amostras (FIGURA 6.2). As amostras consistem em sedimentos superficiais da zona de espraçamento.

FIGURA 6.1 – AMOSTRADO DE SEDIMENTOS.

¹⁴ Ver metodologia de utilização do DGPS no Capítulo 5.

FIGURA 6.2 – POSIÇÃO APROXIMADA DOS PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS.

As amostras foram nomeadas a partir do campo e da posição em relação a qual foram coletadas sendo que estas posições recebem a mesma numeração do perfil bidimensional ao qual foi coletado, assim sendo, por exemplo, a amostra coletada na posição 10 do segundo campo de coleta (Fevereiro de 2007) recebeu o nome de amostra 2.10. Devido a problemas no modo de marcar as amostras em campo não foi possível analisar as amostras 1.03, 1.05 e 1.28. A amostra 5.16 não foi coletada, pois o perfil 16 deste campo não foi levantado.

6.2.1 Análise dos Dados

Foi utilizada a metodologia de preparação das amostras sugerida por Gross (1971) e de peneiramento a seco descrita por Suguio (1973) para a execução das análises laboratoriais de sedimento.

As amostras foram lavadas com água destilada até a total remoção de sais. Foram secas em estufa a uma temperatura de 60° C por um período de 24 horas. Então estas foram quarteadas até atingirem o peso de aproximadamente 100 g.

Foi efetuada a dissolução do Carbonato de Cálcio das amostras com Ácido Clorídrico à solução de 10% por um período de 24 horas. As amostras foram novamente lavadas, secas e pesadas. Então as amostras foram peneiradas, fazendo uso de um agitador mecânico, em um conjunto de doze peneiras intercaladas com variação de abertura de malha de 0,5 ϕ . O material retido nas peneiras era então pesado, tendo seu peso anotado em ficha específica.

Para o cálculo dos momentos gráficos de Folk e Ward (1957) foi utilizado o programa computacional *Anased*® (LIMA *et al.*, 2001).

6.3 Resultados

A tabela com os valores dos momentos gráficos de Folk e Ward (1957) é apresentada no Anexo VI.

Em novembro 2006 foi observado que as amostras variaram de 0,31 mm (1,69 ϕ) a 0,78 mm (0,35 ϕ). A Seleção das amostras variou de 0,41 até 1,20, a assimetria variou de -0,21 até 0,22, sendo 18 aproximadamente simétrica e a curtose variou de 0,77 até 1,36 sendo que 23 foram mesocúrticas (FIGURA 6.3).

A classe Areia Grossa foi predominante ao longo do Arco Praia. Houve ainda a ocorrência da Classe Areia Média nas amostras 1.13, 1.23, 1.26 a 1.36, exceto no ponto 1.33 (FIGURA 6.3).

As amostras apresentaram-se em grande maioria moderadamente selecionadas, sendo exceção a isto as amostras 1.36 que se mostrou

pobremente selecionada e as amostras 1.09, 1.10, 1.30 e 1.34 se mostraram bem selecionadas (FIGURA 6.3).

As amostras aproximadamente simétricas predominaram, sendo observado ainda amostras com assimetria negativa (1.06 a 1.08, 1.10, 1.11 e 1.32) e positiva (1.18 a 1.23, 1.27 e 1.29) (FIGURA 6.3).

A maioria das amostras apresentou forma mesocúrtica. Houve ainda amostras leptocúrticas (1.02, 1.09, 1.12, 1.15, 1.18, 1.19, 1.26 e 1.31), platicúrtica (1.36) e muito platicúrtica (1.36) (FIGURA 6.3).

FIGURA 6.3 – VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM NOVEMBRO DE 2006.

Em fevereiro de 2007 o tamanho médio variou de 0,127 mm ($2,98 \phi$) até 1,35 mm ($-0,43 \phi$), neste mês as areias grossas se concentraram na parte Sul da praia e as areias médias na parte Central e Norte houve a predominância de Areia Média e uma ocorrência de Areia Fina na amostra 1.36. Pode-se observar uma clara tendência de decréscimo no tamanho médio dos grãos em direção à Praia da Cocanha (FIGURA 6.4).

O Grau de Seleção variou de 0,33 até 0,74, pode se observar que as amostras na parte Sul e na Cocanha foram moderadamente selecionadas, e bem selecionadas na parte central da praia (FIGURA 6.4).

Houve uma predominância de amostras aproximadamente simétricas e a assimetria variou de -0,6 até 0,24 (FIGURA 6.4).

Nota-se a predominância de amostras mesocúrticas, sendo que estas se distribuíram na região mais a Norte do arco praial, na região Sul houve a predominância de amostras leptocúrticas. Os valores de curtose variaram de 0,88 até 3,25 (FIGURA 6.4).

FIGURA 6.4 – VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM FEVEREIRO DE 2007.

Em maio de 2007 o tamanho médio dos grãos variou de 0,150 mm (2,74 ϕ) até 0,94 (0,09 ϕ), foi observada areia grossa entre as amostras 3.01 a 3.27 e 3.32 e 3.34, as demais amostras apresentaram areia média e apenas a amostra 3.36 apresentou areia fina.

O grau de seleção variou de 0,45 até 1,21, sendo que a maioria das amostras era moderadamente selecionadas. As amostras 3.01, 3.19, 3.25 e 3.31 eram bem selecionadas e a 3.34 era pobremente selecionada.

A assimetria apresentou grande variação sendo observados valores entre -0,58 e 0,46, 50% das amostras eram aproximadamente simétricas e se tiveram ocorrência por grande parte do arco praial. Foram observadas ainda amostras com assimetria negativa (31%) e positiva (13%).

A curtose variou de 0,91 até 1,76, a maioria das amostras eram mesocúrticas (64%) e se distribuía ao longo de todo o arco praial, as demais amostras eram leptocúrticas (FIGURA 6.5).

FIGURA 6.5 – VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM MAIO DE 2007.

Em Julho de 2007 o tamanho médio dos grãos variou de 0,366 mm (1,45 ϕ) até 1,33 mm (-0,41 ϕ), sendo observado a predominância de areia grossa e muito grossa no Capricórnio e ao Sul do Rio Cocanha, a areia média foi predominante na parte central do arco praial e na praia da Cocanha (FIGURA 6.6).

O grau de seleção variou de 0,42 até 0,85 sendo que a grande maioria das amostras eram moderadamente selecionadas, as amostras 4.01, 4.33, 4.34 e 4.35 eram bem selecionadas (FIGURA 6.6).

A assimetria variou de -0,30 até 0,14 com predominância de amostras aproximadamente simétricas na região do capricórnio e centro da praia, sendo observadas ainda algumas amostras com simetria positiva no Capricórnio. amostras com simetria negativa foram predominantes na parte norte da praia (FIGURA 6.6).

A curtose variou de 0,89 até 1,35, houve a grande predominância de amostras mesocúrticas. As amostras 4.02, 4.05, 4.07, 4.10, 4.24, 4.31 e 4.34 eram platicúrticas, as amostras 4.06, 4.16, 4.18 e 4.29 eram leptocúrticas e a 4.27 era muito platicúrtica (FIGURA 6.6).

FIGURA 6.6 – VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM JULHO DE 2007.

Em Março de 2008, observa-se que os valores de tamanho médio de grão variaram de 0,35 mm (1,51 ϕ) até 1,02 mm (-0,03 ϕ). A fração mais freqüente foi Areia Grossa que se distribuiu entre as amostras 5.01 a 5.06,

5.08, 5.09, 5.11, 5.14, 5.17, 5.18, 5.20 a 5.29 e 5.31. Houve ainda uma ocorrência de Areia Muito Grossa na amostra 5.07, as demais amostras apresentaram Areia Média (FIGURA 6.7).

O grau de seleção variou de 0,33 a 0,91, sendo observado que a amostra 5.22 se mostrou muito bem selecionada, as amostras 5.01, 5.07, 5.10, 5.15, 5.18 a 5.21, 5.23, 5.26, 5.29, 5.32 e 5.33 se mostram bem selecionadas, as demais amostras estavam moderadamente selecionadas (FIGURA 6.7).

A assimetria das amostras variou de -0,31 a 0,19. A maioria das amostras eram aproximadamente simétrica, foi observado ainda amostras com assimetria positiva (5.03, 5.15, 5.18 a 5.20, 5.33 e 5.34), negativa (5.02, 5.08, 5.09, 5.12 e 5.30) e muito negativa (5.28) (FIGURA 6.7).

A curtose variou de 0,67 até 1,41, sendo observadas curvas leptocúrticas nas amostras 5.06, 5.08, 5.12, 5.16, 5.18, 5.20, 5.23, 5.25, 5.31, 5.36 e 5.37, a única amostra que se mostrou platocúrtica foi a 5.35 e as demais se apresentaram como mesocúrticas (FIGURA 6.7).

FIGURA 6.7 – VALORES DE DIÂMETRO MÉDIO DOS GRÃOS (mm), GRAU DE SELEÇÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS EM MARÇO DE 2008.

6.4 Discussão

A FIGURA 6.8 apresenta os valores obtidos com a média dos tamanhos médios do grão em milímetros. Pode-se observar nesta figura uma clara tendência de diminuição do tamanho médio do grão em direção a Praia da Cocanha.

Segundo King (1973), materiais de natureza mais grossa estão relacionados a regiões expostas a uma maior energia de onda. Segundo Finkelstein (1981), um gradiente ao longo da costa do tamanho do grão sugere que ocorre a variação de energia da onda ao longo da costa com tendência similar a variação do tamanho de grão. Desta forma a predominância de sedimentos de maior granulometria (i.e. Areia Grossa) na região do Canto do Capricórnio sugere que esta região recebe maior energia de ondas e a tendência de diminuição do tamanho de grão sugere um gradiente de energia decrescente da energia de onda em direção a Praia da Cocanha.

Ao se adicionar uma linha de tendência polinomial de base seis à FIGURA 6.8, é possível identificar cinco áreas em que a variação do tamanho de grão se dá de forma diferenciada.

A primeira região está entre as posições de coleta 01 a 09, onde há uma menor variação entre os valores, sendo que a grande declividade da curva se dá principalmente pelo tamanho elevado observado nas amostras coletadas na posição 01.

A segunda região se encontra entre as posições 10 e 18, caracterizada por um decréscimo gradual do tamanho médio do grão, passando de valores de 0,70 mm para valores próximos a 0,55 mm. Ressalta-se que nestas duas regiões houve a presença de valores médios que representam areia grossa.

A terceira região se distribui entre os pontos 19 e 25 e é representada por uma grande variabilidade ao longo da costa na qual se observam valores médios intercalando entre Areia Média e Areia Grossa.

A quarta região se encontra entre as posições 26 e 32 e é caracterizada por uma pequena variação de seus valores médios e a quinta região engloba as posições 33 a 36 e é caracterizada por uma rápida

diminuição no tamanho médio dos grãos, observa-se que na quarta e quinta região houve o predomínio de Areia Média.

Nota-se que estas regiões é semelhante as regiões identificadas no Capítulo 5, que foram identificadas através dos diferentes intensidades de variação morfológica.

FIGURA 6.8 – VARIAÇÃO MÉDIA DO TAMANHO MÉDIO DO GRÃO (mm) AO LONGO DA PRAIA.

A FIGURA 6.9 apresenta os valores de tamanho médio do grão em milímetros variando em relação ao tempo. Os meses de Novembro de 2006, Fevereiro, Maio e Julho de 2007 e Março de 2008 são representados, respectivamente, pelos números 0, 3, 5, 8 e 16.

Nesta figura pode-se notar uma grande variação espaço-temporal na distribuição dos sedimentos superficiais da face da praia. É clara uma predominância de Areia Grossa em quase toda a extensão da praia e que ocorre a variação da distribuição de sedimentos no período amostrado.

Ao se observar a FIGURA 6.9, e aplicar as considerações de Klein *et al.* (2005), pode se inferir que o aumento do percentual de areia média na parte central do Arco Praial em fevereiro de 2007 pode indicar a presença de fluxo de

Norte para Sul na praia. Com um aumento moderado da energia de onda pode ocorrer a erosão das extremidades do Arco Praial e deposição no centro de Massaguaçu, sendo isto observado no mês de Julho de 2007. Eventos de maior energia de onda podem gerar fluxos em direção a norte do arco praial, contudo é possível a ocorrência de fluxos para sul dependendo da direção das ondas incidentes.

Martins (2006), ao estudar a Praia da Sununga, pôde identificar um ciclo completo de rotação praial durante a passagem de um único sistema frontal, sendo este ciclo relacionado à variação da direção das ondas. Tal fato indica grande importância destes eventos para dinâmica das praias desta região. Assim sendo as variações na distribuição do tamanho médio de grão observadas na FIGURA 6.9 podem ser fortemente influenciadas por este processo.

FIGURA 6.9 – VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO TAMANHO MÉDIO DO GRÃO (mm).

A FIGURA 6.10 apresenta as variações do tamanho médio do grão para cada amostra. Pode se observar que não há uma tendência clara de variação do tamanho de grão ao longo de costa e que todos os valores, com exceção dos observados nas posições de coleta 01 e 36, apresentaram valores de variação menor que 1 ϕ .

FIGURA 6.10 – VARIAÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DAS AMOSTRAS (ϕ) COM O TEMPO.

Assim, considerando o estudo de Klein *et al.* (2005), a predominância de sedimentos tipo 3, as variações de tamanho médio de grão inferiores a 1 ϕ e a diminuição do tamanho de grão em direção a praia da Cocanha sugerem que o Arco Praial de Massaguaçu apresenta o estágio morfodinâmico reflectivo.

Adicionalmente Klein e Menezes (2001) sugerem uma classificação de praias baseada não somente no estágio morfodinâmico da praia, mas também no grau de exposição das praias. Considerando este trabalho, o Arco Praial de Massaguaçu parece se adequar à classificação de “Praia Reflectiva Semi-Exposta” destes autores, uma vez que Massaguaçu apresenta variação ao longo da costa do tamanho de grão e da morfologia, a região mais exposta a energia de ondas apresenta pequena variabilidade morfológica e sedimentar, e a região central apresenta grande variabilidade.

6.5 Conclusões

Com isto é possível se concluir que:

- Foram observadas variação espacial da distribuição de sedimentos ao longo da costa, sendo que os menores valores de tamanho médio de sedimentos estão relacionados às regiões

mais abrigadas da Praia da Cocanha e os maiores valores a região mais exposta no Canto do Capricórnio;

- Ocorre variação considerável da distribuição superficial dos sedimentos ao longo da costa, sendo esta associada à sazonalidade da energia da onda durante o ano e, possivelmente, a variação da direção de transporte causado pela mudança da direção das ondas incidentes durante a passagem de sistemas frontais;
- O Arco Praial de Massaguaçu parece se enquadrar no estágio morfodinâmico de “Praia Reflectiva Semi-Exposta”; e,
- Pode ser identificada a formação de cinco zonas a partir da variação do tamanho médio de grão, sendo estas semelhantes às zonas de maior variação morfológicas identificadas no Capítulo 5.

Capítulo 7 – Considerações Finais

Nesta dissertação foi apresentada uma caracterização dos processos erosivos observados no Arco Praial de Massaguaçu em uma escala espaço-temporal de escala e eventos.

Os dados demonstraram que os processos erosivos ocorrem durante um período de tempo considerável, já podendo ser identificado de forma modesta entre os períodos de 1962 e 1977.

Observou-se uma clara mudança na tendência geral de variações da linha de costa após o ano de 1994. Isto pode ter iniciado no final dos anos de 1970 ou início dos anos 1990, e a urbanização do Arco Praial deve ter influenciado nesta alteração.

Contudo somente esta influencia não pode explicar os eventos erosivos ou mesmo sua intensificação na maior parte do Arco Praial. Assim sendo pode-se considerar que os eventos que ocorrem no Arco Praial são decorrentes de processos naturais, sendo a atividade humana um fator secundário que pode ter influenciado na intensificação dos processos erosivos.

O fator que, aparentemente, controla as variações morfológicas e distribuição de sedimentos é uma complexa interação entre a área submersa dos perfis praias com a variação da energia de onda incidente na praia. Contudo a impossibilidade de executar sondagens acústicas desta área e a não coleta de dados de onda impossibilita a confirmação desta hipótese.

Observa-se que os eventos de tempestade, aparentemente, têm grande importância nos processos erosivos observados no Arco Praial e nas progradações observadas na Praia da Cocanha.

Cabe ressaltar que este trabalho apresentou limitações consideráveis advindas de diversos motivos (dificuldades). As limitações serão descritas por assunto.

As análises das variações da posição da linha de costa são limitadas principalmente pela incapacidade de se calcular o erro da análise e por trabalhar apenas com os valores de progradação e retração da linha da costa. Não foi possível determinar as taxas de erosão e acreção uma vez que, para

isso, é necessário que seja conhecida a profundidade de fechamento interna da praia.

Para a determinação da profundidade de fechamento é necessário um conhecimento prévio da batimetria do Arco Praial, sendo esta, preferencialmente, bem detalhada. Sem uma batimetria que apresente dados confiáveis até mesmo a estimativa da profundidade de fechamento utilizando as Formulações de Dean seriam deficientes uma vez que não haveria subsídios para o cálculo das constantes deste modelo. Outra limitação em relação às variações da linha de costa é a dificuldade encontrada em sua validação.

O monitoramento da morfologia praial é limitado por se tratar apenas do monitoramento da parte emersa da praia, desta forma se torna complexa a determinação das direções de transporte ocorrentes no Arco Praial.

Ademais a não determinação das formas de fundo e suas variações, bem como a falta de dados de onda, dificulta a explicação das variações observadas entre os campos e a determinação de possíveis áreas fonte e de perda de sedimentos. Assim todas as menções feitas em relação à região submersa bem como as com relação a altura e/ou energia de onda são inferidas tendo como base as variações observadas na parte emersa da praia.

Já o monitoramento da sedimentologia é limitado, pois se trata apenas de dados da face da praia o que impediu a determinação adequada dos fluxos de transporte e a determinação de suas fontes. Para tal seria necessário estender as coletas para as áreas submersas do arco praial. Novamente a falta de dados de clima de ondas e de hidrodinâmica (correntes) dificultou explicação das variações observadas durante os campos sendo necessário que estas fossem inferidas.

Desta forma esta dissertação é limitada principalmente pela falta de dados chave para a discussão e conclusão, como altura de onda, perfil e distribuição dos sedimentos da região submersa da praia.

Referências Bibliográficas

- ALLAN, J.C.; KOMAR, P.D. 2006. Climate Control in US West Coast Erosion Processes. *Journal of Coastal Research*. 22 (3), 511-529.
- ARAÚJO, R.S. 2008. Morfologia do Perfil Praial, Sedimentologia e Evolução Histórica da Linha de Costa das Praias da Enseada do Itapocorói – Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, 143 p.
- BORGES, A.C. 1977. *Topografia aplicada a engenharia civil*. São Paulo: Edgar Blücher, V. 1, 187p.
- CROWELL, M.; LEATHERMAN, S.P.; BUCKLEY, M.K. 1991. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. *Journal of Coastal Research*. 7 (3), 839-852.
- CRUZ, O.; SUGUIO, K.; EICHLER, B.B. 1985. Sedimentação acelerada de pontais e barras arenosas na Enseada de Caraguatatuba, SP: causas naturais e antrópicas. *Boletim do Instituto Oceanográfico da USP*. 33(1), 39-53.
- COOPER, J.A.G; PILKEY, O.H. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change*. 43, 157-171.
- COWELL P.J.; THOM, B.G. 1994. Morphodynamics of coastal evolution. In: CARTER, R.W.G; WOODROFFE, C.D, (ed). *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 33-86.
- DOLAN, R.; FENSTER, M.S.; HOLME, S.J. 1991. Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. *Journal of Coastal Research*. 7 (3), 723-744.
- FINKL, C.W. 1996. What Might Happen to America's Shorelines if Artificial Beach Replenishment is Curtailed: A Prognosis for Southeastern Florida and Other Sandy Regions Along Regressive Coasts. *Journal of Coastal Research*. 12 (1), iii-ix.
- FINKLESTEIN, K. 1981. Morphological Variation and Sediment Transport in Crenulate-bay Beaches, Kodiak Island, Alaska. *Marine Geology*. 47, 261-281.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Research*. 27, 3-26.
- FREITAS, R. O. 1960. Mineralogia e geologia de areias de praia entre São Sebastião a Caraguatatuba. E.E. São Carlos- USP: *Geologia* n° 12. Publ. n° 31.
- FURTADO, V.V. 1978. *Contribuição ao estudo da sedimentação atual no Canal de São Sebastião, Estado de São Paulo*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, V. 1 e 2.
- GONZÁLEZ, M; MEDINA, R. 2001. On the application of static equilibrium bay formulations to natural and man-made beaches. *Coastal Engineering*. 43, 209 – 225.
- GROSS, M.G. 1971. Carbon determination. In: CARVER, R.E. (ed). *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York: Interscience, p. 573-596.

- HUANG, J.D.; JACKSON, D.W.T.; ANDREW, J.; COOPER, G. 2002. Morphological Monitoring of a High Energy Beach System Using GPS and Total Station Techniques, Runkerry, Co. Antrim, Northern Ireland. *Journal of Coastal Research*. SI 36 (ICS 2002 Proceedings), 390-398.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: PROMOCET/PRÓ-MINÉRIO, 2 volumes.
- KERWIN, L. 1997. *Potential Application for Recycled Glass in Beach Management: Emergency Stabilization of Erosional "Hot Spots"* Broward County, Florida. Dissertação de Mestrado. Florida Atlantic University, Faculty of College of Science, 152 p.
- KING, C.A.M. 1973. *Beaches and Coasts*. Eduard Arnold, 570p.
- KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T. 2001. Beach Morphodynamics and Profile Sequence for a Headland Bay Coast. *Journal of Coastal Research*. 17 (4), 812-835.
- KLEIN, A.H.F.; MIOT DA SILVA, G; FERREIRA, Ó; DIAS, J.A. 2005. Beach Sediment Distribution for a Headland Bay Coast. *Journal of Coastal Research*. SI 42, 285-293.
- KOMAR, P.D. 1997. *Beach Processes and Sedimentation*. 2nd Edition. New Jersey: Prentice Hall. 546p.
- KRAUS, N.C. 1985. Field experiments on vertical mixing of sand in the surf zone. *Journal of Sedimentary Petrology*. 55, 3-14.
- LIMA, S.F.; SILVA FILHO, W.F.; PINHEIRO, R.D.; SÁ FREIRE, G.S.; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U. 2001. ANASED – Programa de análise, classificação e arquivamento de parâmetros sedimentológicos. In: *Congresso da ABEQUA*. Mariluz-inbé: ABEQUA. 8, 458-459.
- LIST, J.H.; FARRIS A.S.; SULLIVAN C. 2006. Reversing storm hotspots on sandy beaches: Spatial and temporal characteristics. *Marine Geology*. 226, 261-279.
- MARTINS, C.C. 2006. *Morfodinâmica de Praias Refletivas: Estudo de Caso na Praia da Sununga, Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- McINTYRE, A.D. 1977. Sandy Foreshore. In: BARNES, R.S.K. (ed.). *The Coastline*. London: John Wiley & Sons. Cap. 2.
- McLAREN, P. 1981. An Interpretation of Trends in Grain Size Measures. *Journal of Sedimentary Petrology*. 51 (2), 611-624.
- McNISH, J.E. 2004. Geologic control in the nearshore: shore-oblique sandbars and shoreline erosional hotspots, Mid-Atlantic Bight, USA. *Marine Geology*. 211, 121-141.
- MODENESI, M.C.; TESSLER, M.G.; CRUZ, O. e COIMBRA, A.M. 1983. Influence of Marine and Continental Processes on Dynamics of a Sand-Ridge at the Mouth of the Massaguaçu River (Caraguatatuba, SP): preliminary conditions. *Boletim do Instituto Oceanográfico da USP*. 32(1), 77-81.

- MORTON, R.A.; LEACH, M.P.; PAINE, J.G.; CARDOZA, M.A. 1993. Monitoring Beach Changes Using GPS Surveying Techniques. *Journal of Coastal Reaserch*. 9 (3), 702-720.
- MORTON, R.A.; MILLER, T; MOORE, L. 2005. Historical Shoreline Changes Along the US Gulf of Mexico: A Summary of Recent Shoreline comparisons and Analyses. *Journal of Coastal Reserch*. 21(4), 704-709.
- MUEHE, D. 1998. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: Cunha, S.B. e Guerra, A. J. T, (ed). *Geomorfologia do Brasil*. Cap. 7. Rio de janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A, p. 273-349.
- NORDSTROM, K.F. The Use of Grain Size Statistics to Distinguish Between High and Moderate Energy Beach Environments. *Journal of Sedimentary Petrology*. 47(3), 1287-1294.
- NORCROSS, Z.M.; FLETCHER, C.H.; MERRIFIELD, M. 2002. Annual and interannual changes in a reef-fringed pocket beach: Kailua Bay, Hawaii. *Maryne Geology*. 190, 553-580.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1996. *Macrozoneamento do Litoral Norte*: plano de gerenciamento costeiro. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.
- SHERMAN, D. J.; SHORT, A. D.; TAKEDA, I. 1993. Sediment Mixing-depth and Bedforms Migration in RIP Channels. *Journal of Coastal Research*. SI (15), 39-48.
- SMITH, G.L.; ZARILLO, G.A. 1990. Calculating Long Term Shoreline Recession Rates Using Aerial Photographic and Beach Profiling Techniques. *Lournal of Coastal Reaserch*. 6 (1), 111 – 120.
- SOUZA, C.R.G. 1990. *Considerações sobre os Processos Sedimentares Quaternários e Atuais na Região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
- SUGUIO, K. 1992. *Dicionário de geologia marinha*: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: T.A. Quiroz. V. 15, 171 p.
- SUNAMURA, T; KRAUS, N.C. 1985. Prediction of avarege mixing depth of sediment in the surf zone. *Marine Geology*. 62, 1-12.
- TESSLER, M.G. 1988. *Dinâmica Sedimentar Quaternária no Litoral Paulista*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 2 vol.

Anexos

Anexo I – Mapas Apresentando as Linhas de Costa Vetorizadas

Anexo II – Tabelas com Valores de Variação da Linha de Costa.

A) – Variações de Linha de Costa (m)

B) – Taxas de Variação de Linha de Costa (m/ano)

Anexo III – Posição dos Pontos Iniciais dos Perfis

Anexo IV – Avaliação estatística dos Métodos de Interpolação

A) – Perfis Tridimensionais

B) – Variação Temporal de Sedimentos

Anexo V – Perfis Tridimensionais

Anexo VI – Tabela de Valores Estatísticos de Sedimentos

Anexo I – Mapas Apresentando as Linhas de Costa

Anexo II – Tabelas com Valores de Variação da Linha de Costa.

A) – Variações de Linha de Costa (m)

Linhas de Controle	Coordenadas UTM (SAD-69)		1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
	Direção Norte	Direção Leste				
1	7.387.684,50	463.614,81	0,56	-0,38	-0,58	4,45
2	7.387.796,76	463.645,49	0,37	0,06	-0,35	3,11
3	7.387.876,83	463.725,68	1,01	0,10	-0,38	1,62
4	7.387.978,11	463.764,99	0,93	0,05	0,90	-0,43
5	7.388.085,91	463.833,11	0,95	0,35	0,52	-0,81
6	7.388.168,64	463.863,81	0,87	0,00	0,61	0,00
7	7.388.254,71	463.945,05	0,47	0,02	0,92	-0,30
8	7.388.361,46	463.967,23	0,79	0,23	-0,65	-0,13
9	7.388.465,09	464.021,31	1,29	0,06	-1,09	-0,06
10	7.388.547,40	464.056,85	1,02	-0,13	-0,37	-0,51
11	7.388.644,91	464.117,53	0,83	-0,20	0,21	-0,97
12	7.388.737,94	464.164,86	1,19	-0,25	-0,38	0,46
13	7.388.817,77	464.238,06	0,76	0,14	-0,27	-0,40
14	7.388.916,99	464.252,19	0,53	0,11	-0,22	-2,07
15	7.388.988,01	464.339,79	0,93	0,12	0,35	0,62
16	7.389.100,63	464.364,80	1,25	0,10	-0,12	0,19
17	7.389.203,07	464.427,19	0,61	0,86	-0,21	-0,46
18	7.389.293,46	464.472,81	0,48	0,65	-0,50	0,22
19	7.389.372,23	464.527,79	0,60	0,94	-0,43	-0,25
20	7.389.456,44	464.567,04	0,70	0,84	-0,37	-0,13
21	7.389.563,61	464.644,48	0,77	0,63	-0,10	-0,19
22	7.389.656,15	464.686,54	1,14	0,25	-0,15	-0,31
23	7.389.756,60	464.761,41	0,88	0,17	-0,56	-0,27
24	7.389.821,43	464.799,15	0,96	0,33	-0,61	-0,67
25	7.389.964,40	464.903,08	0,80	0,68	-0,87	-0,59
26	7.390.023,44	464.937,03	0,68	1,09	-0,44	-1,91
27	7.390.109,34	465.000,65	0,02	0,89	-0,43	-1,08
28	7.390.200,20	465.072,62	0,60	1,03	-0,82	-1,07
29	7.390.312,65	465.138,38	0,22	0,84	-0,31	-1,13
30	7.390.390,73	465.217,40	0,03	0,60	-0,25	-0,60
31	7.390.485,92	465.254,08	0,10	0,47	-0,46	-0,98
32	7.390.537,65	465.336,91	-0,24	0,52	-0,37	-0,95
33	7.390.607,22	465.403,69	0,27	0,04	-0,40	-0,59
34	7.390.679,97	465.438,02	0,12	0,05	-0,30	-0,95
35	7.390.788,62	465.503,20	-0,37	0,39	-0,21	-1,06
36	7.390.836,07	465.569,02	-0,62	0,66	-1,06	-0,55
37	7.390.938,18	465.661,15	-0,33	-0,09	-1,12	-1,06
38	7.391.015,12	465.732,18	0,08	0,02	-1,64	-0,42
39	7.391.098,49	465.815,33	0,31	-0,25	-1,35	-0,22
40	7.391.150,56	465.863,17	0,40	-0,40	-0,94	-0,42
41	7.391.194,28	465.907,72	0,48	-0,60	-0,94	-0,98
42	7.391.290,59	465.991,87	0,37	-0,20	-0,85	-0,30
43	7.391.355,17	466.029,22	0,50	-0,29	-0,64	-0,30
44	7.391.403,07	466.106,78	0,34	-0,22	-0,70	0,30
45	7.391.488,03	466.180,51	0,41	-0,08	-0,48	-0,47

Continuação						
Linhas de Controle	Coordenadas UTM (SAD-69)		1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
	Direção Norte	Direção Leste				
46	7.391.545,39	466.258,45	0,24	-0,02	-0,76	-0,40
47	7.391.697,03	466.418,66	0,26	-0,17	-0,06	-0,51
48	7.391.623,44	466.338,89	0,14	0,06	-0,70	-0,47
49	7.391.764,78	466.486,86	0,49	0,09	-0,52	-0,06
50	7.391.853,00	466.584,78	0,74	-0,05	-0,82	0,51
51	7.391.909,25	466.704,61	0,55	0,17	-0,85	1,15
52	7.391.983,84	466.759,44	0,69	-0,18	0,55	0,35
53	7.392.028,87	466.864,09	0,33	0,26	-0,15	-0,08
54	7.392.103,21	466.915,71	0,20	0,26	-0,15	-0,35
55	7.392.151,83	467.027,23	-0,13	0,63	0,25	-0,17
56	7.392.215,69	467.074,28	0,00	0,40	-0,27	0,00
57	7.392.262,97	467.198,98	0,38	0,48	-0,15	-0,08
58	7.392.337,36	467.255,83	0,41	0,39	-0,25	0,30
59	7.392.376,80	467.363,55	0,35	0,77	-0,25	-0,30
60	7.392.424,59	467.389,13	0,19	0,56	0,12	-0,17
61	7.392.459,08	467.431,37	-0,11	0,30	-0,31	1,05
62	7.392.479,68	467.501,73	0,16	0,37	0,58	-1,07
63	7.392.509,42	467.570,44	0,28	0,33	0,00	-2,47
64	7.392.532,48	467.655,71	0,53	0,38	-0,14	-1,71
65	7.392.549,06	467.782,23	0,67	0,82	-0,58	0,30
66	7.392.601,35	467.839,56	0,12	1,81	2,44	0,51
67	7.392.676,25	467.935,88	-0,15	-0,17	9,05	1,35
68	7.392.725,31	467.991,23	1,24	-0,33	2,95	3,79
69	7.392.773,66	468.123,69	2,00	0,10	1,09	3,82
70	7.392.851,56	468.168,19	1,29	0,18	1,50	0,89
71	7.392.854,80	468.304,25	1,50	0,31	0,46	2,74
72	7.392.920,43	468.395,70	0,98	0,46	0,77	1,38

B) – Taxas de Variação de Linha de Costa (m/ano)

Linhas de Controle	1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
01	0,6	-0,4	-0,6	4,5
02	0,4	0,1	-0,3	3,1
03	1,0	0,1	-0,4	1,6
04	0,9	0,0	0,9	-0,4
05	0,9	0,3	0,5	-0,8
06	0,9	0,0	0,6	0,0
07	0,5	0,0	0,9	-0,3
08	0,8	0,2	-0,7	-0,1
09	1,3	0,1	-1,1	-0,1
10	1,0	-0,1	-0,4	-0,5
11	0,8	-0,2	0,2	-1,0
12	1,2	-0,3	-0,4	0,5
13	0,8	0,1	-0,3	-0,4
14	0,5	0,1	-0,2	-2,1

Continuação				
Linhas de Controle	1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
15	0,9	0,1	0,3	0,6
16	1,2	0,1	-0,1	0,2
17	0,6	0,9	-0,2	-0,5
18	0,5	0,6	-0,5	0,2
19	0,6	0,9	-0,4	-0,3
20	0,7	0,8	-0,4	-0,1
21	0,8	0,6	-0,1	-0,2
22	1,1	0,2	-0,2	-0,3
23	0,9	0,2	-0,6	-0,3
24	1,0	0,3	-0,6	-0,7
25	0,8	0,7	-0,9	-0,6
26	0,7	1,1	-0,4	-1,9
27	0,0	0,9	-0,4	-1,1
28	0,6	1,0	-0,8	-1,1
29	0,2	0,8	-0,3	-1,1
30	0,0	0,6	-0,2	-0,6
31	0,1	0,5	-0,5	-1,0
32	-0,2	0,5	-0,4	-0,9
33	0,3	0,0	-0,4	-0,6
34	0,1	0,0	-0,3	-0,9
35	-0,4	0,4	-0,2	-1,1
36	-0,6	0,7	-1,1	-0,6
37	-0,3	-0,1	-1,1	-1,1
38	0,1	0,0	-1,6	-0,4
39	0,3	-0,3	-1,3	-0,2
40	0,4	-0,4	-0,9	-0,4
41	0,5	-0,6	-0,9	-1,0
42	0,4	-0,2	-0,9	-0,3
43	0,5	-0,3	-0,6	-0,3
44	0,3	-0,2	-0,7	0,3
45	0,4	-0,1	-0,5	-0,5
46	0,2	0,0	-0,8	-0,4
47	0,3	-0,2	-0,1	-0,5
48	0,1	0,1	-0,7	-0,5
49	0,5	0,1	-0,5	-0,1
50	0,7	0,0	-0,8	0,5
51	0,6	0,2	-0,9	1,1
52	0,7	-0,2	0,5	0,3
53	0,3	0,3	-0,2	-0,1
54	0,2	0,3	-0,2	-0,3
55	-0,1	0,6	0,2	-0,2
56	0,0	0,4	-0,3	0,0
57	0,4	0,5	-0,2	-0,1
58	0,4	0,4	-0,2	0,3
59	0,3	0,8	-0,2	-0,3
60	0,2	0,6	0,1	-0,2
61	-0,1	0,3	-0,3	1,0
62	0,2	0,4	0,6	-1,1

Continuação				
Linhas de Controle	1962 – 1977	1977 – 1994	1994 – 2001	2001 – 2006
63	0,3	0,3	0,0	-2,5
64	0,5	0,4	-0,1	-1,7
65	0,7	0,8	-0,6	0,3
66	0,1	1,8	2,4	0,5
67	-0,2	-0,2	9,0	1,3
68	1,2	-0,3	2,9	3,8
69	2,0	0,1	1,1	3,8
70	1,3	0,2	1,5	0,9
71	1,5	0,3	0,5	2,7
72	1,0	0,5	0,8	1,4

Anexo III – Posição dos Pontos Iniciais dos Perfis

Perfil	Coordenadas UTM (SAD-69)		Cota (m)	Orientação do Perfil (°N)	Referência do Perfil
	Direção Norte	Direção Leste			
1	7.387.684,496	463.614,81	4,964	105	Mourão de cerca
2	7.387.876,829	463.725,675	5,000	120	Muro
3	7.388.085,909	463.833,108	4,995	120	Mourão de cerca
4	7.388.254,709	463.945,047	4,301	122	Poste de Iluminação
5	7.388.465,087	464.021,314	5,734	115	Portão de Madeira
6	7.388.644,907	464.117,531	5,043	115	Poste de Iluminação
7	7.388.817,765	464.238,064	5,019	125	Escada
8	7.388.988,011	464.339,786	4,266	115	Bandeira da CETESB
9	7.389.203,065	464.427,189	5,282	125	Portão de Madeira
10	7.389.372,229	464.527,793	5,209	125	Poste de Iluminação
11	7.389.563,614	464.644,479	5,043	115	Poste de Madeira
12	7.389.756,602	464.761,411	4,654	125	Drenagem Pluvial
13	7.389.964,396	464.903,082	5,657	125	Poste de Iluminação
14	7.390.109,34	465.000,645	5,641	125	Poste de Iluminação
15	7.390.312,646	465.138,376	5,567	120	Poste de Iluminação
16	7.390.485,92	465.254,077	5,581	130	Poste de Iluminação
17	7.390.607,22	465.403,692	5,377	135	Muro (Hotel Brisa)
18	7.390.788,617	465.503,199	5,344	135	Poste de Iluminação
19	7.390.938,181	465.661,151	5,386	135	Poste de Iluminação
20	7.391.098,486	465.815,329	5,190	135	Poste de Iluminação
21	7.391.194,276	465.907,719	5,113	140	Início do Muro
22	7.391.355,17	466.029,219	4,704	130	Poste de Iluminação
23	7.391.488,026	466.180,513	5,276	140	Placa Km 90 da Rodovia
24	7.391.697,034	466.418,659	4,959	140	Canal de Drenagem Pluvial
25	7.391.764,782	466.486,863	5,186	140	Poste de Iluminação
26	7.391.909,253	466.704,612	4,969	140	Muro
27	7.392.028,869	466.864,091	4,507	145	Muro
28	7.392.151,834	467.027,228	4,058	145	Portão
29	7.392.262,970	467.198,979	3,995	150	Poste de Iluminação
30	7.392.376,799	467.363,552	3,950	150	Escada
31	7.392.459,084	467.431,374	5,167	145	Escada
32	7.392.509,422	467.570,436	1,881	160	Poste de Iluminação
33	7.392.509,422	467.570,436	2,133	165	Árvore
34	7.392.549,058	467.782,231	2,599	150	Poste de Iluminação
35	7.392.676,253	467.935,882	2,815	130	Poste de Iluminação
36	7.392.773,66	468.123,689	3,217	165	Poste de Iluminação

Anexo IV – Avaliação estatística dos Métodos de Interpolação

Todas as figuras tridimensionais e os mapas de contorno deste trabalho foram feitas no programa *Golden Software Surfer*®. Independente do tipo de dado, o método utilizado para a validação das figuras foi similar. Utilizou-se a função “*Cross Validate...*” encontrada na janela “*Grid Data*” deste programa, janela esta responsável por efetuar a interpolação das malhas. Esta função efetua uma pré-interpolação dos dados e determina, aleatoriamente, pontos de controle para efetuar a comparação entre os valores do eixo Z presentes nos dados com os valores estimados de Z, e seus resíduos, gerados na interpolação, apresentando estes resultados em uma tabela de correlação (*Corelation Rank*). Assim quanto maior os valores de correlação observados entre os valores de Z real dos valore de Z estimados maior será a similaridade entre a malha de dados e a interpolação, o que indica que esta representa bem a malha de dados.

Esta função foi aplicada para cada método de interpolação disponível no programa, sendo elas “Distâncias Inversas para uma Potência” (*Invese Distance to a Power*), “*Kriging*”, “Curvaturas Mínimas”, “Método de Shepard Modificado” (*Modified Shepard`s Method*), “Vizinhos Naturais”, “Vizinhos Mais Próximos”, “Regressão Polinomial”, “Função de Bases Radiais”, “Triangulação com Interpolação Linear”, “Médias Móveis”, “Dados Métricos” (*Data Metrics*) e “Polinômios Locais” (*Local Polynomial*).

Então os valores de correlação foram comparados entre si e se determinou os cinco que apresentaram maior correlação. Como se observou que a diferença entre estes era pequena foram gerados *Wireframes* (apenas para os Perfis Tridimensionais) e mapas de contorno para uma comparação visual.

Assim foi escolhido o método de “Triangulação com Interpolação Linear” para os perfis tridimensionais e “Vizinhos Naturais” para a distribuição do tamanho de grão, pois estes apresentaram maior correlação entre os valores de Z e melhor apresentação visual.

A) – Perfis Tridimensionais

Método de Interpolação: Triangulação com Interpolação Linear

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z: 1		0,996	-0,262
E:		1	-0,193
R:			1

Método de Interpolação: Vizinhos Naturais

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,996	-0,27
E:		1	-0,202
R:			1

Método de Interpolação: Função de Bases Radiais

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,993	-0,02
E:		1	0,073
R:			1

Método de Interpolação: Kriging

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,993	-0,303
E:		1	-0,223
R:			1

Método de Interpolação: Curvaturas Mínimas

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,982	-0,351
E:		1	-0,348
R:			1

B) – Variação Temporal de Sedimentos

Método de Interpolação: Vizinhos Naturais

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z: 1		0,833	-0,324
E:		1	0,183
R:			1

Método de Interpolação: Distâncias Inversas para uma Potência

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z: 1		0,745	-0,729
E:		1	-0,169
R:			1

Método de Interpolação: Kriging

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z: 1		0,72	-0,42
E:	1		0,216
R:			1

Método de Interpolação: Triangulação com Interpolação Linear

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,715	-0,366
E:		1	0,292
R:			1

Método de Interpolação: Polinômios Locais

	Z	Estimativa de Z	Resíduo de Z
Z:	1	0,676	-0,693
E:		1	-0,025
R:			1

Anexo V – Perfis Tridimensionais**Fevereiro de 2007****Perfil 3D-2**

Perfil 3D-3

Perfil 3D-4

Perfil 3D-5

Maio de 2007

Perfil 3D-1

Perfil 3D-2

Perfil 3D-3

Perfil 3D-4

Perfil 3D-5

Julho de 2007

Perfil 3D-1

Perfil 3D-5

Fevereiro de 2008

Perfil 3D-1

Perfil 3D-2

Perfil 3D-3

Perfil 3D-4

Perfil 3D-5

Anexo VI – Tabela de Valores Estatísticos de Sedimentos

Amostra	Coordenadas UTM (SAD-69) Direção Norte	Direção Leste	Diâmetro Médio (mm)	Diâmetro Médio (ϕ)	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose
1,01	7.387.655,58	463.691,81	0,53	0,91	0,54	0,03	0,93
1,02	7.387.845,56	463.785,23	0,65	0,62	0,56	-0,09	1,18
1,03	—	—	—	—	—	—	—
1,04	7.388.235,27	463.979,64	0,55	0,87	0,65	0,03	0,91
1,05	—	—	—	—	—	—	—
1,06	7.388.615,01	464.171,49	0,62	0,69	0,5	0,16	1,02
1,07	7.388.794,71	464.269,16	0,69	0,53	0,59	0,13	1,08
1,08	7.388.970,68	464.368,05	0,74	0,43	0,65	0,14	1,07
1,09	7.389.167,69	464.481,89	0,57	0,8	0,47	0	1,25
1,10	7.389.336,25	464.577,89	0,70	0,51	0,45	0,22	1,12
1,11	7.389.522,63	464.695,51	0,69	0,54	0,56	0,19	1,06
1,12	7.389.717,73	464.823,19	0,71	0,5	0,58	-0,03	1,18
1,13	7.389.898,88	464.929,63	0,43	1,21	0,5	-0,06	1,02
1,14	7.390.072,16	465.049,29	0,68	0,55	0,68	0,02	1
1,15	7.390.275,77	465.193,42	0,52	0,94	0,59	-0,05	1,2
1,16	7.390.382,63	465.269,24	0,78	0,35	0,77	-0,05	0,93
1,17	7.390.583,09	465.423,14	0,61	0,71	0,7	-0,06	0,98
1,18	7.390.737,48	465.548,23	0,54	0,89	0,65	-0,17	1,35
1,19	7.390.905,23	465.689,64	0,61	0,71	0,62	-0,2	1,22
1,20	7.391.077,39	465.837,69	0,59	0,75	0,63	-0,14	1,02
1,21	7.391.174,70	465.926,37	0,66	0,61	0,71	-0,21	1,05
1,22	7.391.321,77	466.072,18	0,64	0,64	0,69	-0,21	1,05
1,23	7.391.451,58	466.210,10	0,45	1,14	0,6	-0,12	1
1,24	7.391.665,49	466.444,84	0,58	0,78	0,62	-0,01	0,95
1,25	7.391.730,80	466.519,52	0,57	0,8	0,69	-0,04	0,94
1,26	7.391.889,46	466.719,79	0,48	1,07	0,55	-0,09	1,22
1,27	7.392.006,86	466.877,99	0,44	1,19	0,59	0,12	1,06
1,28	—	—	—	—	—	—	—
1,29	7.392.229,13	467.223,44	0,43	1,21	0,51	-0,11	1,03
1,30	7.392.326,46	467.392,53	0,44	1,19	0,41	0,09	0,98
1,31	7.392.384,65	467.481,51	0,47	1,08	0,62	0,08	1,36
1,32	7.392.438,97	467.602,43	0,42	1,26	0,54	0,12	1,03
1,33	7.392.491,27	467.804,51	0,52	0,93	0,54	0,07	0,96
1,34	7.392.551,39	468.005,87	0,49	1,04	0,58	0,1	1,09
1,35	7.392.732,56	468.169,35	0,40	1,33	0,47	-0,04	1,04
1,36	7.392.808,95	468.316,22	0,31	1,69	1,2	-0,01	0,77
2,01	7.387.663,66	463.701,22	1,35	-0,43	0,47	-0,01	0,89
2,02	7.387.849,12	463.794,24	0,70	0,52	0,59	0,21	1,09
2,03	7.388.051,24	463.897,85	0,62	0,69	0,59	0,13	1,21
2,04	7.388.233,27	463.988,17	0,71	0,50	0,64	-0,06	1,15
2,05	7.388.434,63	464.084,59	0,63	0,66	0,58	0,15	1,2
2,06	7.388.614,51	464.177,29	0,70	0,52	0,71	0,13	1,03
2,07	7.388.799,84	464.273,22	0,57	0,81	0,60	0,03	1,31
2,08	7.388.972,40	464.368,76	0,51	0,98	0,50	0,18	1,21
2,09	7.389.168,76	464.483,36	0,67	0,57	0,70	-0,09	1,17
2,10	7.389.333,20	464.581,96	0,42	1,24	0,53	0,08	1,02
2,11	7.389.532,79	464.711,65	0,71	0,49	0,61	0,14	1,2
2,12	7.389.715,66	464.825,93	0,61	0,71	0,64	-0,07	1,4

Amostra	Continuação						
	Coordenadas UTM (SAD-69)		Diâmetro	Diâmetro	Grau de	Assimetria	Curtose
	Direção Norte	Direção Leste	Médio (mm)	Médio (ϕ)	Seleção		
2,13	7.389.928,60	464.961,80	0,70	0,52	0,67	-0,24	1,06
2,14	7.390.072,16	465.049,29	0,56	0,83	0,56	-0,12	1,35
2,15	7.390.279,90	465.194,83	0,44	1,17	0,43	0,02	0,99
2,16	7.390.440,22	465.313,49	0,48	1,05	0,49	-0,08	1,2
2,17	7.390.586,91	465.428,13	0,43	1,21	0,55	-0,09	1,08
2,18	7.390.737,27	465.548,96	0,41	1,29	0,43	-0,03	0,98
2,19	7.390.906,03	465.690,35	0,49	1,04	0,52	-0,07	1,22
2,20	7.391.082,21	465.843,08	0,42	1,24	0,51	-0,14	1,04
2,21	7.391.174,04	465.927,06	0,42	1,25	0,48	-0,02	0,97
2,22	7.391.319,59	466.067,93	0,39	1,37	0,49	-0,03	1,09
2,23	7.391.455,98	466.211,88	0,38	1,40	0,45	-0,05	1
2,24	7.391.665,49	466.444,84	0,41	1,29	0,48	-0,09	1
2,25	7.391.724,97	466.513,91	0,36	1,46	0,41	0,04	0,99
2,26	7.391.892,39	466.719,58	0,33	1,59	0,39	0,04	1
2,27	7.392.006,43	466.879,58	0,43	1,21	0,48	-0,08	1,06
2,28	7.392.118,27	467.049,26	0,36	1,49	0,37	0,03	1,02
2,29	7.392.226,49	467.218,34	0,35	1,52	0,39	-0,01	1,11
2,30	7.392.332,10	467.390,42	0,35	1,52	0,33	-0,02	1,04
2,31	7.392.381,87	467.476,03	0,39	1,36	0,37	0,02	1,06
2,32	7.392.442,38	467.600,63	0,41	1,28	0,42	0,01	0,92
2,33	7.392.497,62	467.799,11	0,32	1,65	0,62	0,24	1,46
2,34	7.392.553,90	467.994,43	0,31	1,69	0,79	0,16	1,02
2,35	7.392.732,10	468.164,41	0,30	1,73	0,64	0,14	0,88
2,36	7.392.811,42	468.318,57	0,13	2,98	0,74	-0,60	3,25
3,01	7.387.665,96	463.695,02	0,78	0,36	0,45	-0,18	0,95
3,02	7.387.847,44	463.785,99	0,78	0,35	0,67	0,07	1,08
3,03	7.388.051,72	463.890,78	0,94	0,09	0,7	0,05	0,94
3,04	7.388.231,22	463.983,61	0,69	0,53	0,74	0,18	1,05
3,05	7.388.429,32	464.091,75	0,74	0,43	0,58	-0,14	1,01
3,06	7.388.610,67	464.181,05	0,66	0,61	0,68	-0,08	1,15
3,07	7.388.788,90	464.273,70	0,81	0,31	0,8	-0,01	0,96
3,08	7.388.973,05	464.371,22	0,59	0,77	0,54	-0,02	1,26
3,09	7.389.164,73	464.481,61	0,78	0,36	0,65	0,06	1,01
3,10	7.389.331,45	464.582,20	0,69	0,53	0,66	0,11	1,07
3,11	7.389.529,01	464.701,41	0,73	0,45	0,66	0,07	1
3,12	7.389.720,17	464.820,97	0,59	0,75	0,72	-0,1	1,1
3,13	7.389.931,12	464.951,70	0,71	0,5	0,6	-0,05	0,91
3,14	7.390.076,64	465.054,10	0,59	0,75	0,7	-0,12	1,13
3,15	7.390.271,71	465.191,13	0,49	1,03	0,6	-0,04	0,93
3,16	7.390.438,13	465.313,00	0,52	0,93	0,66	-0,05	1,14
3,17	7.390.589,09	465.425,17	0,56	0,83	0,55	-0,05	0,99
3,18	7.390.733,77	465.550,86	0,60	0,73	0,66	-0,04	0,98
3,19	7.390.908,08	465.691,09	0,44	1,19	0,46	0,13	1,01
3,20	7.391.082,92	465.839,79	0,56	0,83	0,65	-0,19	1,04
3,21	7.391.177,53	465.924,67	0,56	0,83	0,69	-0,25	1,31
3,22	7.391.322,11	466.064,18	0,54	0,88	0,65	-0,19	1,03
3,23	7.391.457,19	466.208,34	0,54	0,89	0,58	-0,17	1,3
3,24	7.391.668,17	466.446,19	0,52	0,93	0,7	-0,17	0,91
3,25	7.391.728,24	466.519,83	0,59	0,75	0,45	0,05	0,96
3,26	7.391.891,06	466.719,43	0,63	0,66	0,78	-0,24	1
3,27	7.392.009,04	466.881,60	0,52	0,94	0,72	-0,28	1,14

Continuação							
Amostra	Coordenadas UTM (SAD-69)		Diâmetro	Diâmetro	Grau de	Assimetria	Curtose
	Direção Norte	Direção Leste	Médio (mm)	Médio (ϕ)	Seleção		
3,28	7.392.118,52	467.049,66	0,45	1,16	0,53	-0,11	1,21
3,29	7.392.231,16	467.219,32	0,44	1,17	0,51	-0,09	1,09
3,30	7.392.334,54	467.391,08	0,48	1,06	0,61	-0,1	1,31
3,31	7.392.390,01	467.486,01	0,47	1,09	0,49	-0,08	1,02
3,32	7.392.441,34	467.601,40	0,59	0,77	0,59	-0,02	1,22
3,33	7.392.499,16	467.801,56	0,48	1,05	0,63	0,25	1,32
3,34	7.392.543,86	467.987,09	0,50	0,99	1,21	0,46	1,76
3,35	7.392.725,10	468.165,90	0,39	1,35	0,89	0,27	1,09
3,36	7.392.809,67	468.312,53	0,15	2,74	0,88	-0,58	1,29
4,01	7.387.657,43	463.692,26	1,33	-0,41	0,43	0,14	1,01
4,02	7.387.845,87	463.787,33	0,85	0,24	0,60	0,09	1,21
4,03	7.388.051,55	463.894,70	0,82	0,28	0,54	-0,06	0,97
4,04	7.388.227,10	463.985,12	0,73	0,46	0,70	0,01	1,04
4,05	7.388.430,86	464.083,67	0,80	0,32	0,85	0,14	1,25
4,06	7.388.616,04	464.176,66	1,03	-0,04	0,60	0,12	0,88
4,07	7.388.797,76	464.270,71	0,99	0,01	0,63	0,00	1,15
4,08	7.388.973,93	464.371,83	0,90	0,16	0,77	0,03	0,93
4,09	7.389.171,94	464.481,49	0,76	0,39	0,70	0,10	1,07
4,10	7.389.337,51	464.580,13	0,74	0,44	0,80	0,12	1,23
4,11	7.389.534,27	464.700,40	0,72	0,47	0,77	0,03	0,98
4,12	7.389.720,53	464.819,28	0,63	0,66	0,77	-0,01	1,05
4,13	7.389.933,33	464.952,90	0,61	0,72	0,70	0,08	0,92
4,14	7.390.082,60	465.044,84	0,61	0,72	0,76	-0,03	0,92
4,15	7.390.281,82	465.188,38	0,50	1,00	0,76	-0,03	1,09
4,16	7.390.444,96	465.309,13	0,51	0,96	0,77	-0,16	0,85
4,17	7.390.586,11	465.422,41	0,56	0,84	0,80	-0,06	1,03
4,18	7.390.745,74	465.557,30	0,59	0,77	0,75	-0,02	0,88
4,19	7.390.904,44	465.693,83	0,44	1,20	0,64	-0,18	1,06
4,20	7.391.075,65	465.841,08	0,42	1,25	0,60	-0,30	1,08
4,21	7.391.172,50	465.927,81	0,48	1,06	0,68	-0,29	0,97
4,22	7.391.317,81	466.067,54	0,46	1,12	0,62	-0,11	1,07
4,23	7.391.456,06	466.208,75	0,45	1,16	0,54	-0,19	1,03
4,24	7.391.668,97	466.443,48	0,46	1,13	0,54	-0,09	1,15
4,25	7.391.733,70	466.511,40	0,69	0,53	0,67	-0,08	0,94
4,26	7.391.899,54	466.712,04	0,73	0,45	0,71	-0,21	0,92
4,27	7.392.013,28	466.874,80	0,57	0,80	0,63	-0,16	1,25
4,28	7.392.128,46	467.041,60	0,55	0,86	0,59	-0,13	0,97
4,29	7.392.239,56	467.214,85	0,72	0,47	0,66	-0,23	0,89
4,30	7.392.337,25	467.384,17	0,67	0,57	0,57	-0,13	0,95
4,31	7.392.392,25	467.475,00	0,59	0,76	0,50	-0,22	1,35
4,32	7.392.454,05	467.591,38	0,60	0,74	0,57	-0,14	1,10
4,33	7.392.508,65	467.795,90	0,48	1,07	0,40	0,13	1,08
4,34	7.392.558,83	467.994,73	0,40	1,33	0,56	-0,08	1,19
4,35	7.392.733,57	468.169,20	0,37	1,45	0,42	0,05	1,03
4,36	7.392.820,78	468.316,72	0,41	1,29	0,44	0,05	1,01
5,01	7.387.651,33	463.695,31	0,91	0,14	0,48	-0,03	1,1
5,02	7.387.839,22	463.796,45	0,72	0,47	0,6	-0,14	1,03
5,03	7.388.051,63	463.898,21	0,59	0,76	0,65	0,1	0,93
5,04	7.388.235,53	463.987,68	0,79	0,34	0,79	-0,07	0,93
5,05	7.388.432,66	464.088,29	0,64	0,64	0,69	0,08	0,96
5,06	7.388.611,55	464.174,51	0,53	0,92	0,61	-0,04	1,14

Continuação							
Amostra	Coordenadas UTM (SAD-69) Direção Norte	Direção Leste	Diâmetro Médio (mm)	Diâmetro Médio (ϕ)	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose
5,07	7.388.796,02	464.270,95	1,02	-0,03	0,45	0	1,09
5,08	7.388.974,07	464.365,50	0,73	0,46	0,57	-0,21	1,13
5,09	7.389.167,83	464.477,21	0,72	0,47	0,55	-0,19	0,94
5,10	7.389.334,16	464.578,82	0,41	1,29	0,46	-0,07	0,99
5,11	7.389.532,19	464.695,42	0,54	0,89	0,51	-0,02	1,16
5,12	7.389.720,39	464.818,75	0,49	1,04	0,59	-0,15	0,93
5,13	7.389.931,36	464.955,80	0,45	1,15	0,6	-0,08	1,03
5,14	7.390.071,34	465.052,18	0,53	0,92	0,56	-0,03	0,95
5,15	7.390.278,19	465.193,26	0,50	1,01	0,46	0,12	1,11
5,16	—	—	—	—	—	—	—
5,17	7.390.588,30	465.424,14	0,61	0,71	0,55	0,05	1,06
5,18	7.390.742,62	465.549,70	0,54	0,88	0,38	0,11	1,23
5,19	7.390.910,96	465.689,57	0,43	1,21	0,48	0,11	1,1
5,20	7.391.112,96	465.867,70	0,51	0,97	0,41	0,19	1,17
5,21	7.391.179,14	465.924,67	0,54	0,9	0,42	0,09	0,98
5,22	7.391.320,52	466.063,39	0,52	0,93	0,33	-0,07	1,08
5,23	7.391.454,38	466.208,15	0,53	0,91	0,41	0,06	1,18
5,24	7.391.592,45	466.358,81	0,58	0,78	0,52	-0,01	0,98
5,25	7.391.728,30	466.519,83	0,52	0,95	0,51	0,04	1,19
5,26	7.391.891,95	466.718,78	0,64	0,65	0,49	0,04	0,99
5,27	7.392.009,49	466.878,25	0,50	1	0,53	-0,08	1,01
5,28	7.392.122,65	467.047,39	0,65	0,63	0,91	-0,31	0,96
5,29	7.392.236,76	467.216,45	0,52	0,95	0,46	-0,07	1,03
5,30	7.392.340,59	467.381,44	0,50	1,01	0,54	-0,15	1,04
5,31	7.392.396,94	467.473,84	0,53	0,92	0,56	-0,08	1,41
5,32	7.392.449,10	467.598,31	0,43	1,21	0,43	0,07	1,04
5,33	7.392.502,09	467.805,00	0,35	1,51	0,47	0,16	1,04
5,34	7.392.550,05	468.006,93	0,40	1,31	0,67	0,08	0,67
5,35	7.392.731,98	468.183,76	0,49	1,04	0,52	-0,02	1,15
5,36	7.392.807,65	468.327,17	0,50	1,01	0,52	0	1,2