

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAÍS GUIMARÃES DE FREITAS

VARIAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A
DINÂMICA NA PRAIA DE BREJATUBA, GUARATUBA, PR.

PONTAL DO PARANÁ
2009

THAÍS GUIMARÃES DE FREITAS

VARIAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A
DINÂMICA NA PRAIA DE BREJATUBA, GUARATUBA, PR.

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia com habilitação em Pesquisa Oceanográfica, no curso de Graduação em Oceanografia, Setor de Ciências da Terra, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marone

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cristina de Souza

PONTAL DO PARANÁ
2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE:
UFPR / SIBI - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar

F866v Freitas, Thaís Guimarães de
Variação morfosedimentar e sua relação com a dinâmica na praia de Brejatuba, Guaratuba, PR. / Thaís Guimarães de Freitas. – Pontal do Paraná, 2013. 94 f.; 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marone.
Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina de Souza.

Monografia (graduação) - Curso de Oceanografia, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

1. Morfodinâmica praial. 2. Variação volumétrica sedimentar. 3. Parâmetros sedimentológicos. I.Título. II. Eduardo Marone. III. Maria Cristina de Souza. IV. Universidade Federal do Paraná.

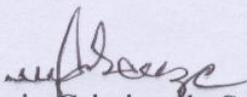
CDD 551.4

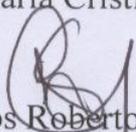
TERMO DE APROVAÇÃO

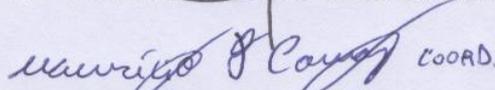
Thais Guimarães de Freitas

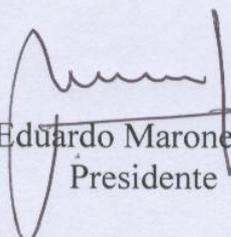
“VARIAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SUA RELAÇÃO COM A
DINÂMICA DA PRAIA DE BREJATUBA, GUARATUBA, PR.”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela
Comissão formada pelos professores:


Profª Draª Maria Cristina de Souza UFPR


Prof. Dr Carlos Roberto Soares CEM/UFPR

 COORD.
Prof. Dr Elirio E. Toldo Jr. CECO-IG/UFRGS


Prof. Dr Eduardo Marone CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 07 de dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Ao Eduardo Marone, grande mestre e orientador. Sem a sua orientação, compreensão, paciência e “puxões de orelha” este trabalho não seria concluído e eu não teria aprendido bases fundamentais de formação profissional e principalmente pessoal. O meu muito obrigado!

À Prof^a. Maria Cristina de Souza por todo auxílio e esclarecimento para que este trabalho melhorasse.

Ao meu grande amigo Clécio de Quadros, presente em todas as coletas, me agüentou durante todos esses anos sem nunca desanimar e respondeu prontamente todas as minhas dúvidas, e não foram poucas!

Aos colegas do Grupo de Física Marinha, que com certeza é o laboratório mais animado do CEM, por me ajudar nas mais variadas tarefas: “Magrão como rotaciona os gráficos de vento? Glauco e essa tabela ASCII? Raíssa pode ir à coleta amanhã?” Dentre muitas outras...

À Marinha do Brasil, em especial ao senhor Jorge Carvalho pela disponibilização dos avisos de incidência de ressacas.

Ao CPTEC/INPE em especial pelo ao senhor Valdir pela ajuda e disponibilização dos dados do Modelo WAVE WATCH.

Ao senhor Daniel Paredes do Laboratório de Sedimentologia da UFPR, pela enorme ajuda na realização das análises granulométricas.

Aos companheiros de aprendizado André, Andressa e Mariana, só nós sabemos como é manter uma empresa em quatro pessoas. Tenham certeza que vamos carregar essa experiência por toda nossa vida.

Aos queridos amigos Marília e Hugo que tornaram essa jornada mais feliz. Nunca ninguém entenderá o que foi a Copa do Mundo de 2006. Só tenho uma coisa a dizer a vocês: “PPP bem feliz”!

À Edna, companheira de casa, de choradeira, de seriados, de comilanças, de chocolate, etc. Só nós sabemos o que é manter uma união estável com filhos por dois anos. Vou sentir muito a sua falta, afinal quem vai comer o miolo do pão?

À Nelly Narciso de Souza, Nellovyska, seus ensinamentos me tornam uma pessoa melhor a cada encontro. É muito bom saber que amizade verdadeira não se limita com distância, tempo ou vida.

À Fanny, negona, que me trouxe muita felicidade e alegria nesses doze anos de convivência.

Ao Bruno Pessler, pelo companheirismo e incentivo durante todo esse trabalho, não me deixando desanimar mesmo quando o cansaço falava alto. Meus dias são mais doces quando estamos juntos.

De forma mais que especial agradeço a minha família, aos meus pais Lane e José, ao meu pai torto Tonho, à minha irmã Tatiane e ao meu sobrinho Davi, que nesses anos sempre acreditaram em mim, nunca deixando de me apoiar e incentivar. Sem vocês nada disso seria possível, o meu muito obrigado com todo amor e carinho.

“O mar é quando há uma margem,

O rio é quando há duas...”

(Aparício Torelly

“O Barão de Itararé”).

SUMÁRIO

SUMÁRIO	I
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
3.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	4
3.2. PARÂMETROS FÍSICOS.....	6
3.2.1. Clima	6
3.2.2. Ventos e frontogênese	7
3.2.3. Correntes de deriva litorânea	8
3.2.4. Marés.....	8
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
4.1. PRAIAS ARENOSAS	10
4.1.1. Definição.....	10
4.1.2. Terminologia	11
4.1.3. Morfodinâmica	12
4.2. ONDAS.....	16
4.3. SEDIMENTOS	20
5. MATERIAIS E MÉTODOS	22
5.1. PROCEDIMENTOS EM CAMPO	22
5.1.1. Localização dos pontos.....	22
5.1.1.1. Barra do Saí.....	22
5.1.1.2. Coroados	22
5.1.1.3. Nereidas	23
5.1.1.1. Morro do Cristo	24
5.1.2. Perfil praias.....	24
5.1.3. Amostragem de sedimento	25
5.1.4. Parâmetros de ondas.....	25
5.2. PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO.....	25
5.2.1. Variações morfológicas e volumétricas sedimentar.....	26
5.2.2. Análise dos sedimentos	26

5.2.3. Estado morfodinâmico	27
5.2.3.1. Ômega Teórico (Ω_t).....	27
5.2.3.2. Parâmetro Adimensional (Ω).....	27
5.2.3.3. Parâmetro escalar de surfe (ϵ).....	28
5.2.4. Sistemas frontais e agitação marítima	28
5.2.5. Modelo de ondas para o litoral do Paraná.....	29
6. RESULTADOS	30
6.1. VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS	30
6.1.1. Barra do Saí.....	30
6.1.2. Coroados	34
6.1.3. Nereidas	37
6.1.4. Morro do Cristo	41
6.2. PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS.....	45
6.2.1. Granulometria	45
6.2.1.1. Barra do Saí.....	45
6.2.1.2. Coroados	46
6.2.1.3. Nereidas	47
6.2.1.4. Morro do Cristo	48
6.2.2. Matéria Orgânica, Carbonato de Cálcio e Finos.....	49
6.3. PARÂMETROS DE ONDAS	50
6.3.1. Barra do Saí.....	50
6.3.2. Coroados.....	50
6.3.3. Nereidas	51
6.3.4. Morro do Cristo	51
6.4. ESTADO MORFODINÂMICO	53
6.4.1. Barra do Saí.....	53
6.4.2. Coroados	54
6.4.3. Nereidas	54
6.4.4. Morro do Cristo	55
6.5. VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA SEDIMENTAR.....	55
6.6. INCIDÊNCIA DE RESSACAS E VENTOS	56
7. DISCUSSÃO.....	61
7.1. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS E VOLUMÉTRICAS	61
7.2. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS, GRANULOMÉTRICAS, CLIMA DE ONDAS E PARÂMETROS MORFODINÂMICOS	63
7.3. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS, VOLUMÉTRICAS DOS PERFIS E AGITAÇÃO MARÍTIMA.....	65

7.4. OUTROS RESULTADOS PARA A PRAIA DE BREJATUBA E REGIÃO	66
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERENCIAS	72
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
FIGURA 2: CLIMATOGRAMA MENSAL DO ESTADO DO PARANÁ (1975-2004). (FONTE: JORGE, 2006).....	6
FIGURA 3: CLIMATOGRAMA SAZONAL DO ESTADO DO PARANÁ. (1975-2004). (FONTE: JORGE, 2006).....	7
FIGURA 4: TERMINOLOGIAS DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS EM LÍNGUA INGLESA (ANGULO, 1996).....	12
FIGURA 5: TERMINOLOGIAS DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS EM LÍNGUA PORTUGUESA (ANGULO, 1996).....	12
FIGURA 6: MODELOS DE QUEBRA DE ONDA.(FONTE: LIMA, 2008)	17
FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ S, DO PERFIL BARRA DO SAÍ. IMAGEM A , MOSTRA O MURO, RÉ DESTE PERFIL; A IMAGEM B INDICA O ALINHAMENTO COM O MURO, PERPENDICULAR A PRAIA; E C , UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO FUNDO SERVE DE RÉ PARA ESSE PERFIL.	22
FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ S, DO PERFIL COROADOS. IMAGEM A , MOSTRA O ALINHAMENTO DO MURO COM OS PILARES DE CONCRETO; A IMAGEM B MOSTRA A QUINA DO MURO, QUE SERVIU DE RÉ PARA ESSE PERFIL.	23
FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ S, DO PERFIL NEREIDAS. IMAGEM A MOSTRA UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO MURO LATERAL ESQUERDO SERVE DE RÉ PARA ESSE PERFIL; A IMAGEM B É UMA IMAGEM APROXIMADA; E C A LOCALIZAÇÃO DA RÉ EM SI.	24
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ S, DO PERFIL MORRO DO CRISTO. IMAGEM A MOSTRA UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO MURO LATERAL ESQUERDO SERVE DE RÉ PARA ESSE PERFIL; A IMAGEM B É UMA IMAGEM APROXIMADA; E C A LOCALIZAÇÃO DA RÉ EM SI.	24
FIGURA 11: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO DE 2008.	31
FIGURA 12: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO E JULHO DE 2008.	31
FIGURA 13: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.....	31
FIGURA 14: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.	32
FIGURA 15: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.....	32
FIGURA 16: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.	32
FIGURA 17: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.....	33
FIGURA 18: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.	33

FIGURA 19: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.	34
FIGURA 20: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO DE 2008.	35
FIGURA 21: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO E JULHO DE 2008.	35
FIGURA 22: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.	35
FIGURA 23: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.	36
FIGURA 24: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO DE 2009.	36
FIGURA 25: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.	36
FIGURA 26: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.	37
FIGURA 27: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.	37
FIGURA 28: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO DE 2008.	38
FIGURA 29: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO E JULHO DE 2008.	38
FIGURA 30: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.	39
FIGURA 31: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.	39
FIGURA 32: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.	39
FIGURA 33: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.	40
FIGURA 34: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.	40
FIGURA 35: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.	41
FIGURA 36: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.	41
FIGURA 37: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO DE 2008.	42
FIGURA 38: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO E JULHO DE 2008.	42
FIGURA 39: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.	43
FIGURA 40: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.	43
FIGURA 41: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.	43
FIGURA 42: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.	44

FIGURA 43: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.	44
FIGURA 44: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.	45
FIGURA 45: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.	45
FIGURA 46: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM SETEMBRO DE 2008.	47
FIGURA 47: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM MARÇO DE 2009.	47
FIGURA 48: HISTOGRAMA DA AMOSTRA FACE DA PRAIA EM SETEMBRO DE 2008.	48
FIGURA 49: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM MAIO DE 2009.	48
FIGURA 50: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM JANEIRO DE 2009.	49
FIGURA 51: ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48°O 25°S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WWATCH. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).	52
FIGURA 52: PERÍODO MÉDIO DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48°O 25°S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WWATCH. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).	52
FIGURA 53: DIREÇÃO SIGNIFICATIVA DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48°O 25°S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WWATCH, ONDE 0° CORRESPONDE AO NORTE E 180° AO SUL. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).	53
FIGURA 54: GRÁFICOS STICKPLOT DE DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS COM PERIODICIDADE SAZONAL, DE JUNHO DE 2008 A MAIO DE 2009. (FONTE: CENTRO DE ESTUDOS DO MAR).	59
FIGURA 55: GRÁFICOS WINDROSE COM PERÍODOCIDADE SAZONAL, INICIADO EM JUNHO DE 2008 A MAIO DE 2009. (FONTE: CENTRO DE ESTUDOS DO MAR).	60
FIGURA 56: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS SEDIMENTARES PARA OS PERFIS BARRA DO SAÍ, COROADOS, NEREIDAS E MORRO DO CRISTO. COMO NÃO HOUVE AMOSTRAGEM NO MÊS DE JANEIRO DE 2009 NO PERFIL COROADOS, OS VALORES APRESENTADOS NO PERÍODO JANEIRO/FEVEREIRO DE 2009 REPRESENTAM A VARIAÇÃO DE DEZEMBRO/2008 A FEVEREIRO/2009.	62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RELAÇÕES DE EQUILÍBRIO ENTRE O ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA E Ω (WRIGHT <i>ET AL</i> , 1985).	15
TABELA 2: VALORES LIMITES TEÓRICOS DA DECLIVIDADE DA FACE DA PRAIA PARA OS ESTÁGIOS MORFODINÂMICOS (KLEIN, 1997). NOTE-SE QUE NO TRABALHO ORIGINAL CITADO HÁ UM ERRO DE DIGITAÇÃO, JÁ QUE O VALOR 0,61 DEVERIA SER 0,061, COMO NESTA TABELA.	16
TABELA 3: PARÂMETROS DE ALTURA, PERÍODO E DIREÇÃO DE ONDAS ENTRE OS DIAS 21 DE AGOSTO DE 1982 E 21 DE JANEIRO DE 1983. (FONTE: PORTOBRÁS, 1983)....	18
TABELA 4: PERÍODO MÉDIO (SEGUNDOS) E ALTURA MÉDIA (METROS) DE ONDAS PARA O ESTADO DO PARANÁ E ADJACÊNCIAS. (* OS DADOS DE LIMA (2008) SÃO PERÍODO E ALTURA MÁXIMAS E NÃO MÉDIOS; ** MEDIÇÕES DE ALVES & MELO (2001) SÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA).....	20
TABELA 5: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL BARRA DO SAÍ AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.	50
TABELA 6: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL COROADOS AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.	51
TABELA 7: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL NEREIDAS AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.	51
TABELA 8: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL MORRO DO CRISTO AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.	51
TABELA 9: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL BARRA DO SAÍ, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; Σ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.....	53
TABELA 10: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL COROADOS, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; Σ PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.....	54
TABELA 11: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL NEREIDAS, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; Σ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.....	54
TABELA 12: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL MORRO DO CRISTO, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; Σ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.....	55
TABELA 13: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS POR METRO LINEAR DE PRAIA PARA OS PERFIS BARRA DO SAÍ, COROADOS, NEREIDAS E MORRO DO CRISTO, AO LONGO DAS AMOSTRAGENS NO PERÍODO DE UM ANO (MAIO/2008 A MAIO/2009). * NÃO HOUVE COLETAS NO MÊS DE JANEIRO DE 2009. ESSE VALOR É DA DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES DOS MESES DE DEZEMBRO/2008 E FEVEREIRO/2009.	56
TABELA 14: OCORRÊNCIA DE RESSACAS, DIREÇÃO E ALTURA DAS ONDAS NA ÁREA CHARLIE ENTRE OS MESES MAIO/2008 E MAIO/2009. (FONTE: MARINHA DO BRASIL).....	57

TABELA 15: TABELA COM OS VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS, ONDAS E MORFODINÂMICOS.	64
---	----

RESUMO

A zona costeira é uma região que está constantemente sofrendo mudanças, sejam elas de origem antrópica ou natural. O principal agente natural modificador desse ambiente são as ondas de superfície ou agitação marítima, seguido das correntes transversais e longitudinais e, em alguns casos, das marés e dos ventos. O objetivo geral deste estudo foi acompanhar a dinâmica da praia de Brejatuba, PR, durante um ano, avaliando os processos que nela ocorrem, de forma a entender a morfodinâmica, nessa escala espacial e temporal, oferecendo informações científicas robustas para um melhor gerenciamento e desenvolvimento urbano no local. O esforço amostral deste trabalho resultou em 9 coletas iniciadas em maio de 2008 e finalizadas em maio de 2009, em quatro pontos da praia de Brejatuba. Para a confecção dos perfis, perpendiculares à linha de costa, foram utilizadas técnicas tradicionais de nivelamento topográfico com auxílio de um nível de precisão e mira graduada. Os sedimentos foram coletados nas dunas, pós-praia, face da praia e linha d'água em cada perfil em cada coleta e processados em laboratório através de peneiramento. Para a caracterização morfodinâmica foi calculado o parâmetro adimensional (Ω), ômega teórico ($\Omega_{\text{teórico}}$), o parâmetro dimensionador da zona de surfe (ϵ). A praia apresentou estágio morfodinâmico intermediário com tendências refletivas para norte. A granulometria dos sedimentos da praia de Brejatuba é formada por areia média, bem selecionada. As maiores alturas e períodos de ondas ocorreram no inverno. As menores variações volumétricas ocorreram na primavera e verão. As maiores variações volumétricas ocorreram no outono e inverno.

Palavras-chave: morfodinâmica praial, variação volumétrica sedimentar, parâmetros sedimentológicos

ABSTRACT

The coastal zone is a region that is constantly under change, both of anthropic or natural origins. The main natural agent to modify this environment is the superficial waves, followed by transversal and longitudinal currents, and, in some cases, tides and winds. The objective of this study was to track the dynamics of the Brejatuba beach, PR, during a year, evaluating the processes that occur there, to understand its morphodynamics. The sampling effort consisted of 9 campaigns, starting on may, 2008, and ending on may, 2009, at four locations of the Brajatuba beach. For the profile confection, perpendicular to the coast line, traditional topographic leveling techniques were used, with a precision level and a graduated aim. Sediment was collected at the dunes, backshore, beach face and water line on each profile at each sampling, and processed through sieving. For the morphodynamic characterization the dimensionless parameter (Ω), theoretical omega ($\Omega_{\text{theoretical}}$) and surfing scaling parameter (ϵ) were calculated. The beach showed an intermediate morphodynamic state, with reflective tendencies at its northern portion. The sediment granulometry is composed by medium, well sorted sand. The greater wave heights and periods occurred on winter. The smallest volumetric variations occurred on spring and summer. The greatest volumetric variations occurred on fall and winter.

Keywords: Beach morphodynamics, sediment volumetric variation, sedimentological parameters.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma região que está constantemente sofrendo mudanças, sejam elas de origem antrópica ou natural. O principal agente natural modificador desse ambiente são as ondas de superfície ou agitação marítima, seguido das correntes transversais e longitudinais e, em alguns casos, das marés e dos ventos.

As praias arenosas distribuem-se ao longo de quase toda a costa brasileira, se estendendo por uma faixa de 9.200 km (HOEFEL, 1998). Elas são consideradas ambientes sensíveis, sujeitos às variações dos níveis dinâmicos de energia local, tendo como consequência a alteração da sua forma bem como a ocorrência da mobilidade sedimentar.

O clima de ondas é um fator importante na probabilidade de ocorrência dos processos erosivos/deposicionais, mas no entanto, o tipo de processo que ocorrerá depende do estado morfodinâmico modal. Logo, praias com estados diferentes sofrerão diferentes respostas a uma mesma energia de ondas. Em outras palavras, existindo diferentes “condições iniciais” (estado morfodinâmico modal), as mesmas causas (energia local) tendem a produzir diferentes efeitos (processos erosivos/deposicionais). Deve-se notar, também, que a energia local é capaz de modificar, através dos processos dinâmicos, o estado morfodinâmico modal (condição inicial), num processo de retro-alimentação (feedback) permanente. Estes dois elementos caracterizam os complexos processos de dinâmica não linear (TSONIS & ELSNER, 2007).

Economicamente falando, as praias são importantes locais de recreação, em torno das quais se desenvolvem balneários, cidades com intensas atividades turísticas, comerciais e industriais. Sendo a região costeira a que concentra a maior proporção de assentamentos humanos. Por sua vez, os ecossistemas praias acabam fornecendo importantes subsídios para serviços ambientais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

O Paraná possui o segundo menor litoral do Brasil, com aproximadamente 100 km de extensão medidos linearmente; considerando as reentrâncias dos estuários e ilhas este número sobe para 1.400 km (ANGULO & ARAÚJO, 1996).

A costa paranaense conta com dois grandes estuários (Guaratuba ao Sul e de Paranaguá mais ao Norte), sendo que eles compartimentam a planície costeira em três setores: planície de Superagui ou Norte (ao norte da baía de Paranaguá), de Praia de Leste (entre as duas baías) e planície Sul ou Brejatuba, localizada ao sul da baía de Guaratuba (SOARES *et al*, 1997).

O estuário mais importante, denominado Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), formado pelas baías das Laranjeiras e Guaraqueçaba (eixo N-S), e Antonina e Paranaguá (eixo L-O) está localizado na porção centro-oeste do litoral, possui duas desembocaduras e uma área aproximada de 600 km². Já a Baía de Guaratuba situada na porção sul do litoral, possui uma única desembocadura sendo menor em área quando comparada com o CEP, de apenas 50 km² (LAMOUR, 2007).

Segundo Angulo & Araújo (1996) essa região costeira pode ser classificada em três tipos principais de costa, considerando a sua constituição geológica, configuração geomorfológica e dinâmica costeira: (i) estuarinas ou protegidas (1.316,8 km), (ii) associadas a desembocaduras (105,1 km) e (iii) de mar aberto ou oceânicas (61,1 km).

Alterações antrópicas no ambiente praias são mais intensas com o crescimento demográfico em torno das áreas costeiras. Devido ao fato de muitas cidades terem as suas economias baseadas no turismo, há anos as praias vêm recebendo os efeitos diretos desse aumento populacional, com o avanço da ocupação das costas e da multiplicação dos usos que se faz dessas regiões (QUADROS 2002).

A urbanização do litoral sul paranaense teve o seu início na década de 30 e intensificou-se na década de 60, ocorrendo problemas ligados à especulação imobiliária com loteamentos em áreas próximas à orla marítima ou até mesmo a sua invasão (ANGULO, 1993b).

A ocupação da orla litorânea não foi acompanhada de preocupação com a estabilidade da costa e nem com a manutenção do equilíbrio dinâmico litorâneo. As variações da linha de costa no Paraná têm sido rápidas e suficientemente significativas, devendo ser consideradas nos planos de ocupação da orla (ANGULO, 1993a).

Deve haver, portanto, estudos técnico-científicos na hora de se planejar a ocupação de locais emersos, uma vez que os mesmos podem se encontrar em áreas inadequadas, sujeitos a mudanças dinâmicas complexas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi acompanhar a dinâmica da praia de Brejatuba, no município de Guaratuba – PR, durante um ano, avaliando os processos que nela ocorrem de forma a entender a morfodinâmica, nessa escala espacial e temporal, oferecendo informações científicas para um melhor gerenciamento e desenvolvimento urbano no local.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- 1) Avaliar as variações nos perfis praias;
- 2) Analisar a tipologia sedimentar;
- 3) Identificar parâmetros de ondas do litoral;
- 4) Identificar o estado morfodinâmico praias;
- 5) Calcular a variação volumétrica sedimentar;
- 6) Verificar a ocorrência de agitação marítima.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A praia de Brejatuba, área de estudo deste trabalho, localiza-se no município de Guaratuba-PR, entre as latitudes $25^{\circ}53'25''$ S e $25^{\circ}58'37''$ S e longitudes $48^{\circ}34'29''$ O e $48^{\circ}35'24''$ O (FIGURA 1). Possui uma forma retilínea com direção norte-nordeste, e se estende por 9,9 km entre a Barra do Saí (ao sul) e o Morro do Cristo (ao norte). A região foi classificada por Angulo & Araújo (1996) como “costa oceânica”, mas na divisa com o Estado de Santa Catarina, onde ocorre a influencia da desembocadura do rio Saí-Guaçu, esta foi classificada como “costa associada a desembocaduras” por uma extensão de aproximadamente 1 km.

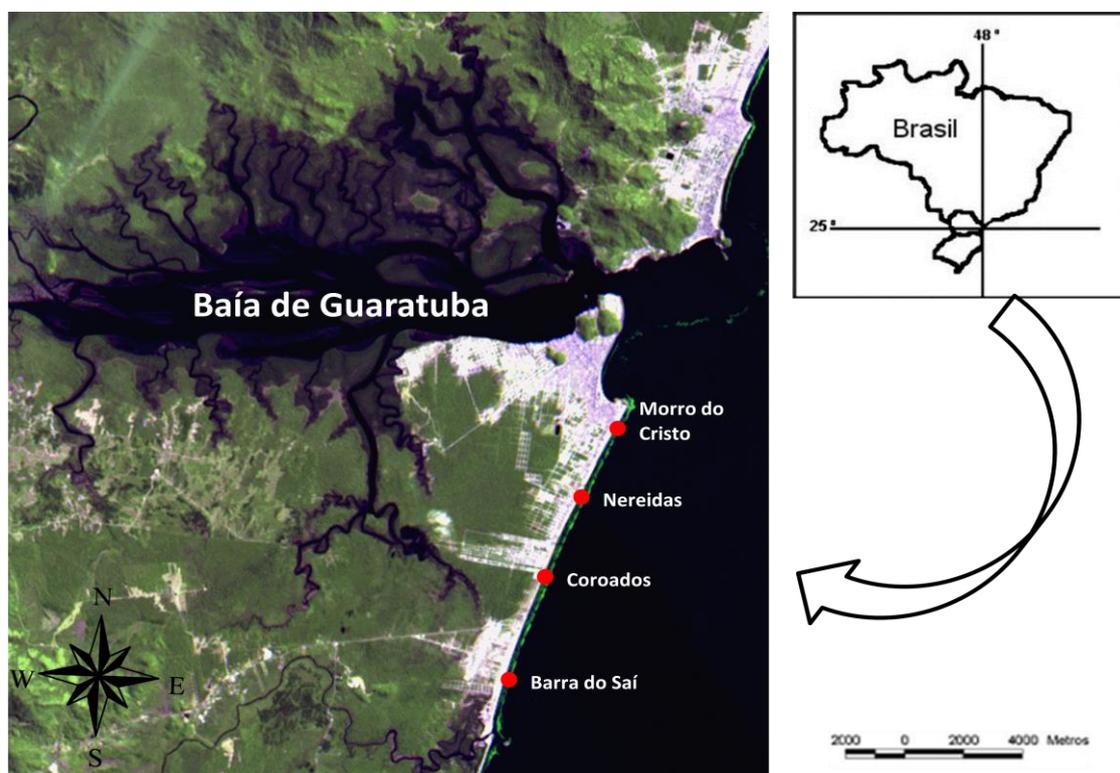


FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Dois perfis estão localizados nas extremidades da praia de Brejatuba, um próximo a desembocadura do Rio Saí Guaçu, na Barra do Saí, e outro perto do afloramento rochoso conhecido como Morro do Cristo; os outros dois pontos são intermediários, um localizado no balneário Coroados e outro no balneário Eliane.

As vias de acesso ao município de Guaratuba ocorrem pelas rodovias BR-376 (Curitiba – Garuva) até o município de Garuva e continuando pela PR-

412 (Garuva – Guaratuba). Outra via é a BR-277 que liga Curitiba a Paranaguá e prosseguindo pela PR-508 (Alexandra – Matinhos) ou pela PR-407 (Paranaguá – Matinhos), seguindo pela PR-412 até o *ferry boat* para a travessia da Baía de Guaratuba.

3.2. PARÂMETROS FÍSICOS DO LITORAL PARANAENSE

3.2.1. Clima

O sistema de classificação climática de Köppen é baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade. Apresenta um código de letras que designam grandes grupos e subgrupos climáticos, além de subdivisões para distinguir características estacionais de temperatura e pluviosidade (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O litoral paranaense é classificado, segundo Köppen, como Cfa, ou seja, trata-se de uma região de clima subtropical úmido, mesotérmico e com verão quente. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e no mês mais frio a temperatura é inferior a 18 °C.

O conhecimento sobre as condições climáticas de uma região fornece indícios sobre tipos de tempo predominantes, sendo importante para o planejamento das atividades humanas (JORGE, 2006) (FIGURAS 2 e 3).

A precipitação média anual para a região litorânea varia de 2000 a 2500mm. As chuvas que caem no litoral são do tipo ciclônico orográfico e de convecção. Os maiores índices de precipitação ocorrem durante o verão (40%) e os menores durante o inverno (13%). A umidade varia entre 80 e 85% em média, considerada a maior do estado (IAPAR, 1978).

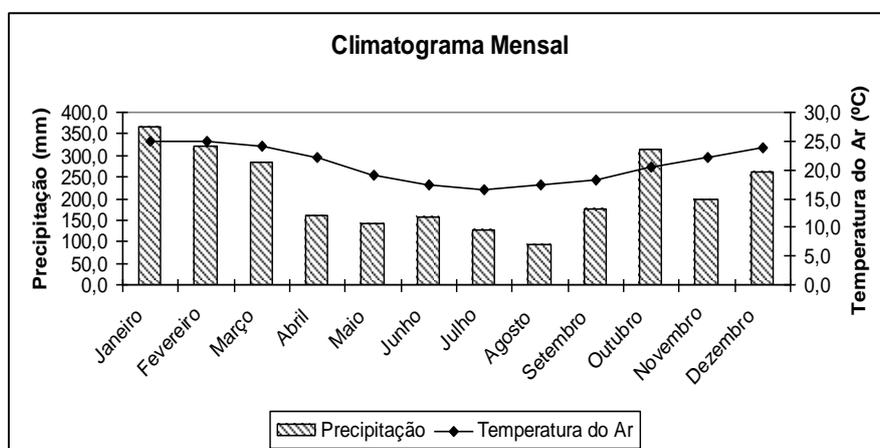


FIGURA 2: CLIMATOGRAMA MENSAL DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ (1975-2004). (FONTE: JORGE, 2006).

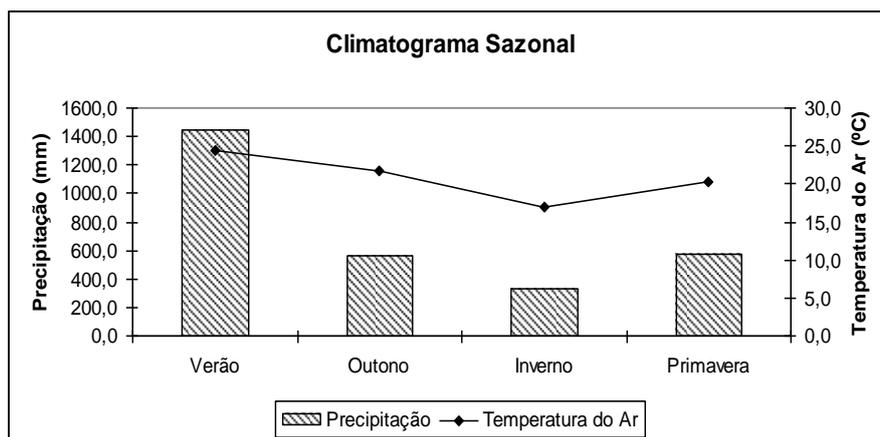


FIGURA 3: CLIMATOGRAMA SAZONAL DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ. (1975-2004). (FONTE: JORGE, 2006)

3.2.2. Ventos e Frontogênese

A dinâmica atmosférica da região é, em grande parte, dominada pelo anticiclone (centro de alta pressão) do Atlântico Sul. Durante o verão predominam os ventos de Norte/Nordeste e a Massa Tropical Atlântica avança mais pronunciadamente sobre a região. Há predomínio de chuvas convectivas, devido às altas temperaturas, as quais causam ascensão do ar, condensação da umidade e precipitação. Durante o inverno, predomina na região os ventos de Sul/Sudeste e a Massa Polar Atlântica age intensamente, trazendo baixas térmicas para a região. Há maior ocorrência de sistemas frontais de noroeste e sul, também conhecidas como “correntes perturbadas” (IAPAR, 1978).

Quando uma massa de ar se desloca, a sua parte dianteira passa a ser conhecida por frente. As massas que se chocam umas com as outras produzem a maioria dos fenômenos meteorológicos, entre eles as frontogêneses.

A dinâmica praial da costa sul brasileira é regulada, principalmente, por fenômenos associados à passagens de sistemas frontais. Calliari & Klein (1993) verificaram esta relação em estudos no litoral do Rio Grande do Sul e Quadros (2002) e Brauko (2008) obtiveram resultados semelhantes em trabalhos no Paraná.

Os ventos dos quadrantes Leste/Sudeste são os predominantes em todo litoral paranaense, soprando em média, a uma velocidade de 4 m/s, podendo atingir os 25 m/s. Também, na região, as brisas marinhas e terrestres são de grande relevância, pois tem grande atuação sobre o clima local, podendo

atingir valores de 2 m/s nos meses mais quentes (novembro a março) (CAMARGO *et al* 1996).

3.2.3. Correntes de deriva litorânea

Correntes de deriva litorâneas são resultantes do movimento de água provocado quando as ondas não atingem a costa perpendicularmente, ou seja, é originado pela incidência oblíqua das ondas na praia, que por sua vez deslocam, junto com a água, o material em suspensão numa trajetória em zigue-zague. Estas possuem um importante papel no transporte sedimentar, proveniente de diversas fontes, no sentido de movimento paralelo à costa (CHRISTOFOLLETI, 1980).

No Paraná, a intensa incidência de ondas do quadrante S-SE produz uma deriva resultante orientada para Norte. Essa observação é notada na direção das desembocaduras fluviais e na morfologia dos deltas de vazante dos estuários de Paranaguá e Guaratuba (ANGULO, 1992; ANGULO *et al* 2006).

Um estudo envolvendo o lançamento de 460 garrafas, com um cartão resposta no interior, na zona adjacente à desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá, verificou que o sentido das correntes predominantes nessa região eram preferencialmente para o Norte (MARONE *et al* 1995), mas com alguns casos de deriva em direção oposta.

Noernberg (2001) verificou que correntes paralelas à costa fluem preferencialmente para o Norte. Em condições normais elas apresentaram intensidades inferiores a 25 cm/s, mas em condições com alta energia de ondas as intensidades chegaram a 75 cm/s orientadas para Norte e a 40 cm/s quando direcionadas para Sul.

3.2.4. Marés

Maré meteorológica é a diferença entre a maré realmente mensurada e a maré astronômica. O fator mais importante para a sua geração é a pista de atuação do vento, onde ocorre a troca do *momentum* entre o ar e o mar. O empilhamento de água na costa ocasionado pela pista de ventos, somado a passagem de um sistema frontal, com uma maré com alta amplitude pode resultar em grandes ressacas.

Em situações extremas, de grande intensidade, as ressacas podem ser um fator de destruição para a zona costeira (MARONE & CAMARGO, 1994).

No Paraná, um estudo de caso evidenciou que as marés meteorológicas podem aumentar consideravelmente o nível do mar (> 80 cm) e gerar ondas com poder devastador para a zona costeira (MARONE & CAMARGO, 1994).

A baía de Guaratuba tem como principal forçante a maré, e também tem um regime de micromarés, isto é, a amplitude nas marés de sizígias são inferiores a 2 m, é semi-diurna com variações na amplitude quando ocorrem marés meteorológicas associadas à passagem de sistemas frontais. Em geral, as máximas amplitudes das marés de sizígias chegam a 1,50 m e nas marés de quadratura até 0,65 m, com prisma médio de maré de $32,62 \cdot 10^6 \text{m}^3$ (MARONE *et al*, 2004). Uma particularidade dessa baía é a acentuada assimetria da maré, possuindo um ciclo de maré vazante mais curto e intenso em relação ao ciclo de maré enchente (MARONE, 2004).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. PRAIAS ARENOSAS

Existem diversos conceitos na literatura atual que são utilizados para definir o termo “praia”. Dentre eles, o caráter não coesivo dos sedimentos e a dominância dos fatores hidrodinâmicos, como as ondas, são as características mais evidentes. As praias arenosas atuam como zonas tampão, protegendo a costa da ação direta da energia do oceano, sendo esta uma das suas principais funções ambientais (HOEFEL, 1998).

4.1.1. Definição

As praias são consideradas sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis que constantemente ajustam-se às flutuações dos níveis de energia local, e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos (HOEFEL, 1998).

Komar (1976) diz que praias são o acúmulo de sedimentos inconsolidados de tamanhos diversos, como areia, cascalho e seixo, que se estende em direção à costa, do nível médio de maré baixa até alguma alteração fisiográfica como uma falésia, um campo de dunas ou um ponto de fixação permanente da vegetação

Praias podem ser definidas de várias maneiras; entretanto duas variáveis são essenciais, isto é, as ondas e os sedimentos (SHORT, 1999). Nos casos em que a influência das marés supera a das ondas, estabelecem-se terraços de maré e não praias propriamente ditas (SHORT, 1982).

Nas praias verificam-se intensas atividades das ondas e correntes, ora erodindo, ora progradando a área intertidal. Nelas, o movimento das águas é oscilatório, sendo o movimento em direção à terra mais forte do que o seu retorno (BIGARELLA, 1997).

Praias são ambientes de sedimentação litorânea dominados por ondas, sendo o local de transição entre os continentes e os mares, constituindo ambientes de alta energia. Distinguem-se dos ambientes litorâneos protegidos, nos quais geralmente as marés têm influência predominante e as ondas ação restrita (ANGULO, 1996). No presente trabalho, esta será a definição adotada para o termo praia.

Segundo a legislação brasileira, lei nº 7661/88, art.10, § 3º, “entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema”.

4.1.2. Terminologia

Da mesma forma que há discrepâncias na bibliografia no que se refere a definições do ambiente praial, também há divergências e imprecisões conceituais nas terminologias de ambientes e subambientes clásticos dominados por ondas.

Com o intuito de melhorar a compreensão terminológica deste ambiente, Angulo (1996) desenvolveu um perfil hipotético do ambiente litorâneo com termos em português, a partir das terminologias apresentadas por diversos autores, considerando propostas brasileiras. Angulo (1996) compartimentou a zona litorânea em cinco ambientes: pós-praia, antepraia, face litorânea, transição litoral-costa afora e plataforma continental (FIGURA 4 e 5).

Pós-praia (*backshore*) é local geralmente delimitado pelas dunas ou falésias no sentido do continente. Para o mar é delimitada pela antepraia. Este limite é marcado por variações no declive, contendo a crista da berma, sendo a berma a principal feição morfológica. Hidrodinamicamente, o local situa-se acima do nível de preamar médio, com alcance apenas das ondas de tempestades ou marés muito altas.

O ambiente antepraia (*foreshore*) limita-se com o pós-praia, no sentido do continente e, com a face litorânea no sentido do mar. Pode subdividir-se em face praial, que seria a sua parte superior e mais íngreme, e uma parte de declive mais suave, denominado terraço de baixa-mar. Sua hidrodinâmica é marcada na porção superior pelo limite de espraiamento das ondas de preamar médio, e o limite inferior é o nível médio de maré baixa.

A face litorânea (*shoreface*) situa-se entre a antepraia, em direção ao continente, e a zona de transição litoral-costa afora em direção ao mar. A hidrodinâmica da face litorânea ocorre desde o nível médio de maré baixa até a base da ação das ondas.

A região de transição litoral-costa afora (*transition-offshore*) está entre a face litorânea e a plataforma. A hidrodinâmica está localizada entre a média da base das ondas de bom tempo e a média da base das ondas de tempestade.

A plataforma continental (*continental shelf*) possui limite apenas em direção ao continente, com a zona de transição litoral-costa afora ou a média da base de ondas de tempestades. Neste trabalho a terminologia adotada será a proposta por Angulo (1996).

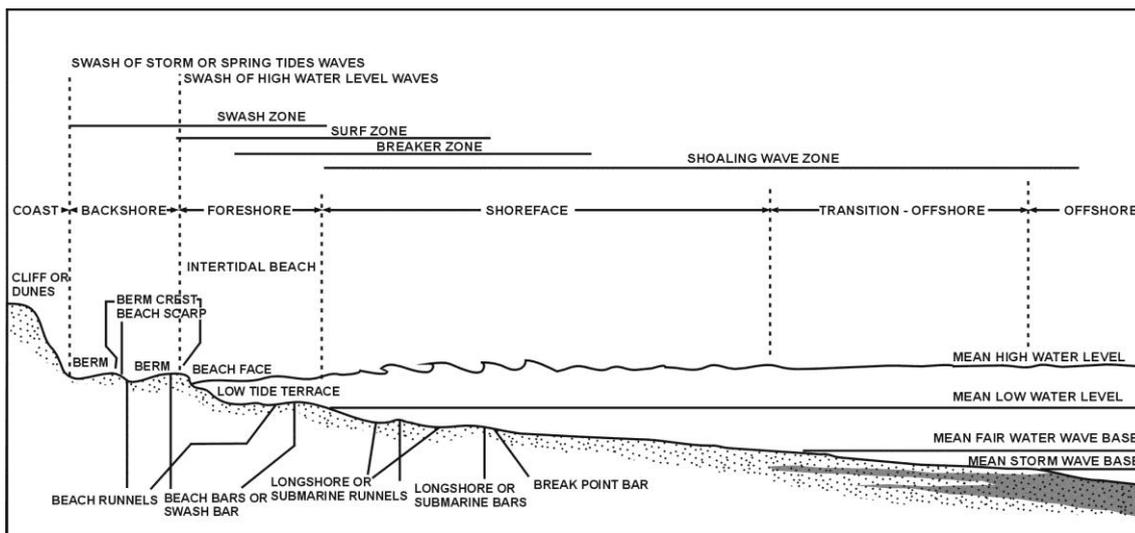


FIGURA 4: TERMINOLOGIAS DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS EM LÍNGUA INGLESA (ANGULO, 1996).

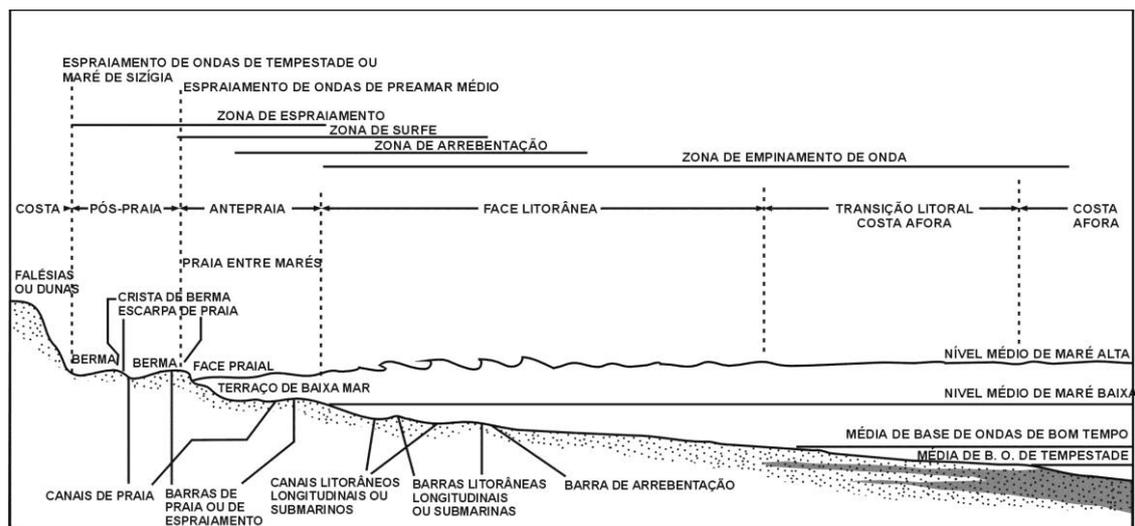


FIGURA 5: TERMINOLOGIAS DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS EM LÍNGUA PORTUGUESA (ANGULO, 1996).

4.1.3. Morfodinâmica

As praias arenosas oceânicas são ambientes dinâmicos e sensíveis às variações dos níveis de energia local (HOEFEL, 1998).

O termo morfodinâmica foi introduzido na literatura costeira por Wright & Thom (1977 *apud* Short, 1999). Eles o definiram como sendo o “ajuste mútuo da topografia e dos fluídos hidrodinâmicos envolvendo transporte do sedimento”.

A morfodinâmica de uma praia é o resultado da interação entre as ondas incidentes, o sedimento e a morfologia antecedente da praia, formando um ciclo fechado retroalimentado, no qual as ondas incidentes irão atuar sobre os sedimentos, modificando a morfologia da praia e vice-versa (WRIGHT & SHORT, 1984).

Posteriormente, Wright (1995) emprega o termo morfodinâmica utilizando-o para indicar a união de uma série de processos mutuamente interdependentes, que envolve não só a hidrodinâmica mas também a morfologia do fundo e sua seqüência de alterações.

Essa linha de raciocínio foi complementada por Weschenfelder & Zouain (2002), que afirmam que o estado morfodinâmico praiial não depende apenas das características do regime de ondas incidentes e da configuração morfológica da região costeira, mas também de características da plataforma continental adjacente, da disponibilidade e textura do estoque sedimentar, dos processos harmônicos (produzidos pela ação das marés e correntes derivadas) e do grau de exposição da praia em relação às ondas.

O estado morfodinâmico modal, ou mais freqüente, representa uma resposta às características mais recorrentes do tipo de arrebentação e dos sedimentos. Supõe-se que a variabilidade destes estágios indica a mobilidade praiial (SHORT, 1999).

Dos atuais modelos seqüenciais de evolução morfológica, os princípios introduzidos pela escola australiana de geomorfologia têm ampla aceitação. Entre os primeiros modelos baseados nas classificações quantitativas dos sistemas praiiais o proposto por Guza & Inman (1975), denominado parâmetro escalar de surfe (ϵ), permite relacionar diretamente os fenômenos da zona de surfe com a morfologia associada, desenvolvendo os estudos no sentido de descrever seqüências morfológicas e também explicar sua ocorrência e formação (WRIGHT & SHORT, 1984).

Quando não há séries representativas do clima de ondas de determinado local, o parâmetro dimensionador de surfe (ϵ) demonstra as condições morfodinâmicas antecedentes, por relacionar dados hidrodinâmicos com o gradiente entre a praia e a arrebentação. Assim, as características das ondas na arrebentação, o nível de ressonância sobre a costa e o tipo de barras formadas serão dependentes da refletividade ou parâmetro escalar de surfe (ϵ) (GUZA & INMAN 1975).

A equação relativa ao parâmetro dimensionados de sufe (ϵ) é expressa por:

$$\epsilon = \frac{a \cdot \omega^2}{g \cdot \tan^2 \beta}$$

Onde “a” é a amplitude da onda na zona de arrebentação, “w” é a frequência da onda incidente em radianos ($2 \pi / T$), “g” é a aceleração da gravidade em m/s^2 , e “ β ” é o gradiente praial.

O parâmetro permite identificar características de reflexão ou dissipação das ondas incidentes na praia. Valores de $\epsilon > 20$ indicam zonas de arrebentação extensas com alta dissipação de energia das ondas incidentes; valores $2,5 < \epsilon < 20$ indicam uma dissipação intermediária; e $\epsilon < 2,5$ indica uma zona de arrebentação refletiva.

Wright & Short (1984) elaboraram um modelo evolutivo baseado na descrição de seis estados morfodinâmicos praias: dois extremos, refletivo e dissipativo, e quatro tipos intermediários, formados por elementos de ambos os extremos.

No estado dissipativo encontra-se praias com um declive suave, de granulometria geralmente fina, zona de arrebentação bem desenvolvida, onde a taxa de transporte de sedimento é baixa e a presença de barras submersas é comum.

As praias caracterizadas pelo estado refletivo possuem uma topografia de alta declividade, formada por sedimentos de granulometria comumente grossa, uma zona de arrebentação estreita, alta taxa de transporte de sedimento e a presença de cúspides praias.

O estado intermediário possui uma caracterização morfodinâmica complexa e menos estável, estando entre o estado dissipativo, com baixa energia de onda, e o estado refletivo, de alta energia de onda. Para Short

(1999), a característica mais marcante deste tipo de praia é a presença de uma zona de surfe segregada com bancos e *rips*. Por apresentarem uma acentuada variação morfodinâmica, essas praias foram classificadas em quatro tipos:

- Barra-canal longitudinal ou *Longshore Bar-trough* (LBT);
- Barra e Praia Rítmicas ou *Rhythmic Bar and Beach* (RBB);
- Barra transversal ou *Transverse Bar and Rip* (TBR);
- Crista-canal/Terraços de Maré Baixa ou *Ridge and Runnel/Low Tide Terrace* (RR/LTT).

Os estados morfodinâmicos de uma praia podem ser definidos através de diversos parâmetros e variáveis. Em praias arenosas dominadas por regime de micro-marés o parâmetro adimensional (Ω) é um dos mais utilizados. Wright *et al* (1985) fixaram valores médios de Ω partindo da relação de equilíbrio entre o estado da praia e os valores Ω (TABELA 1), onde Ω é expressado pela fórmula:

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

Onde “ H_b ” é a altura da onda; “ ω_s ” é a velocidade de decantação do sedimento e “ T ” é o período de onda.

TABELA 1: RELAÇÕES DE EQUILÍBRIO ENTRE O ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA E Ω (WRIGHT *ET AL.* 1985).

Estados morfodinâmicos	Ω Médio	σ (desvio padrão)
Refletivo	<1,5	-----
Terraço de Baixa-Mar (LTT)	2,4	0,19
Bancos Transversais (TBR)	3,15	0,64
Banco e Praia de Cuspídes (RBB)	3,50	0,76
Banco e Calha Longitudinal (LBT)	4,70	0,93
Dissipativo	>5,50	-----

Os valores instantâneos de Ω podem não representar necessariamente o estágio morfológico modal de uma praia. Assim, Wright & Short (1984) propuseram um Ω médio que considera as condições morfodinâmicas antecedentes de uma praia.

Klein (1997) determinou valores teóricos (Ω_t) extremos da declividade para os estágios morfodinâmicos, modificando a equação para a seguinte fórmula:

$$\Omega t = \frac{0,0225}{\tan\beta^2}$$

Segundo Klein (1997), essa metodologia representa as condições mais freqüentes da morfologia e, conseqüentemente, das características morfodinâmicas da praia.

A metodologia é aplicada quando há necessidade de avaliar empiricamente o estado morfodinâmico de uma praia, mas somente em regimes de micromarés (<2 m), como é o caso da área de estudo. A TABELA 2 informa os valores limites teóricos da declividade da face da praia para os estágios morfodinâmicos. No trabalho original o valor foi citado como 0,61, sendo que o valor real é 0,061.

TABELA 2: VALORES LIMITES TEÓRICOS DA DECLIVIDADE DA FACE DA PRAIA PARA OS ESTÁGIOS MORFODINÂMICOS (KLEIN, 1997). NOTA-SE QUE NO TRABALHO ORIGINAL CITADO HÁ UM ERRO, JÁ QUE O VALOR 0,61 DEVERIA SER **0,061**, COMO NESTA TABELA.

Estágios	Ω Limite	Tan β Limite
Dissipativo	$\Omega > 6$	$\tan\beta < \mathbf{0,061}$ (3,5°)
Intermediário	$1 < \Omega < 6$	$\mathbf{0,061} < \tan\beta < 0,15$
Refletivo	$\Omega < 1$	$\tan\beta > 0,15$ (8,5°)

4.2. ONDAS

O principal agente modificador do ambiente praiado é o clima de ondas, seguido das correntes transversais e longitudinais e, em alguns casos, as marés.

As ondulações formadas em eventos extremos são as principais responsáveis pelas modificações na zona costeira, sendo a altura da onda, ligada à sua energia, o processo hidrodinâmico de maior importância nas variações da morfologia praiado (SHORT, 1999).

As ondas, ao atingirem águas progressivamente mais rasas, ficam instáveis e quebram. O ponto de quebra da onda ocorre em função de suas características e da profundidade, dependendo da altura e período da onda.

Galvin (1968, *apud* HOEFEL, 1998) diz que a partir da declividade praiado, altura e comprimento de onda é possível classificar modos de quebra de ondas em progressiva ou deslizante (baixa declividade); mergulhante (declividade moderada à alta); ascendente (declividade muito baixa, não chega a quebrar)

ou frontal (alta declividade, intermediária entre mergulhante e ascendente) (FIGURA 6).

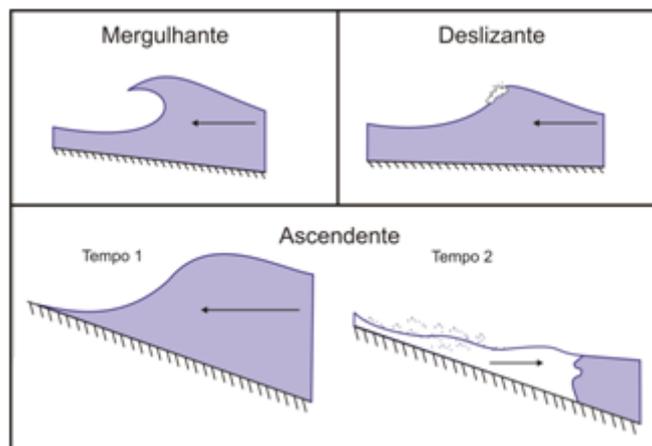


FIGURA 6: MODELOS DE QUEBRA DE ONDA.(FONTE: LIMA, 2008)

Determinar o clima de ondas de uma região é uma tarefa que requer uma quantidade elevada de dados de campo, coletados através de aparelhos específicos e em um prolongado espaço de tempo (LIMA, 2008).

No Paraná, os estudos referentes a dados de ondas tiveram início com Bandeira (1974, *apud* NOERNBERG, 2001). Posteriormente, temos informações de PORTOBRÁS (1983), Marone *et al* (1997), Gobbi (1997), Noernberg (2001), Martins *et al* (2004) e Lima (2008). Trabalho de Alves & Melo (2001) no litoral norte do estado de Santa Catarina identificou parâmetros de ondas incidentes na costa nessa região, próxima ao litoral do Paraná.

Bandeira (1974, *apud* NOERNBERG, 2004) registrou dados de ondas no período de 23 de abril de 1972 a 18 de março de 1973 com um ondógrafo autônomo a ultra-som, instalado a uma profundidade de 10 m em frente ao balneário Praia de Leste. Ele verificou que as ondas de abril a agosto são mais longas em comparação às de setembro a março. De julho a dezembro as alturas significativas foram maiores e as direções foram tanto de sudeste como de nordeste. A altura máxima mais freqüente foi de 1m ($H_{m\acute{a}x}$) e a altura significativa foi de 0,8m; o período mais freqüente foi de 6 s, seguido de 5 s; a direção (Θ) mais freqüente foi de 120° SE. Os valores máximos, neste caso, parecem subestimados, como se verá mais a frente.

O período amostrado de PORTOBRÁS (1983) foi de agosto a dezembro de 1982, com um ondógrafo fundeado a 16,5 m de profundidade entre Praia de

Leste e o arquipélago de Currais. Esses dados evidenciaram dois trens preferenciais de ondas, provenientes das direções (Θ) N74° e N174°, ENE e SSE/SE respectivamente. As alturas máximas registradas ($H_{m\acute{a}x}$) foram de 2,35 m em agosto e 3,95 m em setembro de 1982. O período médio variou entre 10,73 e 16,53 s.

Foram observados valores extremos dos parâmetros de ondas no que se refere a dois sistemas distintos de geração de ondas (TABELA 3). As ondas provenientes da direção SSE/SE foram influenciadas pela passagem de sistemas meteorológicos frontais, os quais acarretam a formação de “ondas de tempestades”.

TABELA 3: PARÂMETROS DE ALTURA, PERÍODO E DIREÇÃO DE ONDAS ENTRE OS DIAS 21 DE AGOSTO DE 1982 E 21 DE JANEIRO DE 1983. (FONTE: PORTOBRÁS, 1983).

Parâmetros	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Altura máxima (m)	2,35	3,95	3,20	2,65	3,50
Altura significativa (m)	1,58	2,54	2,04	1,49	2,13
Período médio (s)	16,5	10,7	12,0	9,80	12,0
Direção	-----	112°	133°	140°	123°

Num levantamento realizado por Marone *et al*, (1997) no período do verão (17 de janeiro a 06 de fevereiro de 1997) e outro no inverno (14 a 19 de agosto de 1997), foram coletados dados de ondas com um ondógrafo S4ADW, localizado entre a Ilha da Galheta e o balneário Pontal do Sul. No verão, as ondas que entraram na baía de Paranaguá possuíam alturas significativas (H_s) menores que 0,5 m e períodos da ordem de 7 s. Ondas menores, com alturas de até 0,25 m apresentaram períodos de até 12 s. A direção predominante das ondas que chegaram à baía era do quadrante SE. No inverno, as ondas mostraram alturas significativas menores que 0,3 m, períodos na ordem de 5 s, e a direção média (Θ) foi S-SE. Os autores salientam que o período amostrado foi de extrema calma, encontrando-se o instrumento numa região relativamente protegida da agitação marítima direta, e recomendaram medições em condições mais energéticas.

Gobbi (1997) realizou uma pesquisa bibliográfica concernente à dinâmica costeira do litoral paranaense e analisou comparativamente diferentes fontes de dados como fotografias aéreas, dados de campo disponíveis na

literatura, etc. e conseguiu implementar um modelo numérico de propagação de ondas para o litoral. Verificou que o clima de ondas é bem distribuído ao longo do ano e não houve registros bem delineados de ondas de uma única direção. No Estado do Paraná, foi observado que as variações entre a máxima e a mínima direção das ondas são de aproximadamente 90° .

No trabalho de Noernberg (2001) é possível contemplar o comportamento de ondas incidentes na zona costeira adjacente às desembocaduras de da baía de Paranaguá, através de imagem de satélite LANDSAT, em evento pós-frontal, a uma profundidade de 20 m, no dia 26 de setembro de 1999. Os resultados encontrados foram: direção de propagação aproximada, 115° ; comprimento de onda aproximado (L), 130 m; período da onda (T), 9,13s; número de ondas (K), 0,048 ondas/m; freqüência angular (σ), 0,688 ciclos/s; velocidade da onda (c), 2,03 m/s.

Estudos de Martins *et al* (2004) foram realizados no período de julho de 2001 a janeiro de 2002. As coletas variaram de 10 a 12 hs e os dados foram registrados por um ondógrafo S4 InterOcean no balneário Atami, instalado a uma profundidade de 5 a 7 m. Esses dados obtidos em campo foram comparados e complementados com os de uma estação oceanográfica, localizado na Ponta do Caraguatá, na Ilha do Mel. A altura significativa (H_s) encontrada foi de 0,3 m em média e altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$), de 0,38 m. O período máximo ($T_{m\acute{a}x}$) variou de 10 a 11 s e o período significativo (T_s) foi de 9 s. A direção preferencial (Θ) de incidência das ondas é SE, e secundariamente NE.

Lima (2008) coletou dados de onda durante um ano, de outubro de 2006 a outubro de 2007, com um ondógrafo S4ADW2. O aparelho ficou fundeado próximo à isóbata de 10 m, entre as praias dos balneários de Shangrilá e Ipanema, no litoral paranaense. Neste trabalho o autor selecionou um cenário específico de uma situação extrema de ondas, caracterizando uma condição de tempestade bem definida, nas datas de 11/10/2006 a 10/12/2006, para a simulação dos dois modelos, o WWM e o SWAN. Os parâmetros de ondas utilizados nas simulações foram: altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$) com 4,0 m; período máximo (T_{max}) com 9 s e direção das ondas (Θ) 140° , no momento máximo de altura e período de ondas.

No litoral norte do Estado de Santa Catarina, especificamente em São Francisco do Sul, Alves & Melo (2001) determinaram a altura significativa (H_s), o período (T_s) e a direção dominante (Θ), de janeiro a setembro de 1996. O equipamento utilizado para a medição dos dados foi o Datawell Directional Waverider, instalado a 1,5 km de Praia Grande a uma profundidade de 20 m. Coletando os dados por 20 min consecutivos, oito vezes ao dia com um intervalo de 3 horas a cada medição. A altura significativa (H_s) encontrada foi de 1,02 m em média e altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$), de 3,44 m. O período significativo (T_s) foi de 8,91 s e a direção preferencial (Θ) de incidência das ondas foi $112,42^\circ$. As maiores alturas foram encontradas no inverno e outono, com 1,10 m e 1,09 m respectivamente. O maior período também ocorreu no inverno ($T_s = 9,97$ s).

Apesar dos estudos realizados sobre ondas no estado do Paraná, ainda é difícil definir padrões preferenciais e suas conseqüências no ambiente praiado, principalmente pela pouca densidade de dados observacionais e a ausência de dados batimétricos precisos. Abaixo (TABELA 4) um resumo de alguns trabalhos sobre o assunto.

TABELA 4: PERÍODO MÉDIO (SEGUNDOS) E ALTURA MÉDIA (METROS) DE ONDAS PARA O ESTADO DO PARANÁ E ADJACÊNCIAS. (* OS DADOS DE LIMA (2008) SÃO PERÍODO E ALTURA MÁXIMAS E NÃO MÉDIOS; ** MEDIÇÕES DE ALVES & MELO (2001) SÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA).

	Período médio (segundos)	Altura média (metros)
BANDEIRA (1974)	6,0	0,80
PORTOBRÁS (1983)	12,0	1,96
MARONE (1997)	7,3	0,34
NOERBERG (2002)	9,13	-----
MARTINS (2004)	9,0	0,3
LIMA (2008)*	9,0	4,0
ALVES & MELO (2001)**	8,91	1,02

4.3. SEDIMENTOS

As praias podem ser formadas por sedimentos de diversas composições e granulometrias. Esta última variável, em combinação com o clima de ondas incidentes, determina a morfologia do perfil (HOEFEL, 1998).

Os sedimentos marinhos, geralmente transportados pelas correntes marinhas, litorâneas ou de maré, provêm em sua maioria de depósitos de sedimentos relictos da plataforma continental adjacente, tendo como principal característica a granulometria e uma quase perfeita esfericidade dos grãos de quartzo, indicando um longo e intensivo retrabalhamento das partículas pelo clima de ondas (VEIGA, 2004).

A granulometria exerce importante e bem conhecido efeito sobre o perfil praiial quando tem distribuição uni-modal. Grãos mais finos tendem a repousar em equilíbrio em perfis de pendente muito suave, enquanto o incremento do diâmetro do grão está ligado a perfis de equilíbrio gradualmente mais íngremes (KOMAR, 1976).

Quando a velocidade de decantação da partícula de areia é alta, ou seja, demora pouco tempo para afundar em relação ao período de onda, a mesma tenderá a ser carregada em direção a praia. Ao contrário, se o tempo de afundamento for lento, sua tendência será seguir em direção ao mar.

Alterações na morfologia costeira podem ser sintetizadas pelos processos de acumulação ou remoção de sedimentos inconsolidados, ou seja, pela sua deposição ou erosão respectivamente WRIGHT (1995).

Em praias arenosas, a erosão ocorre quando a quantidade de sedimento que entra é menor que a quantidade de sedimento que sai do sistema (GRAAF, 1990 *apud* LIMA, 2008).

A granulometria do sedimento inconsolidado controla o tamanho da marca da onda formada que tende a ser maior quanto maior for o diâmetro médio do grão. Isso é válido para sedimentos predominantemente arenosos, pois sedimentos ricos em argila ou matéria orgânica apresentam maior grau de coesão, resistindo à energia de ondas e correntes (WRIGHT, 1995).

A presença de matéria orgânica em depósitos de sedimentos influencia o grau de coesão entre as partículas, possuindo maior coesão em sedimentos com elevados teores de matéria orgânica, dificultando a ação de processos hidrodinâmicos (ZEM, 2005).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. PROCEDIMENTOS EM CAMPO

A amostragem deste trabalho resultou em 9 coletas de campo iniciadas em maio de 2008 e finalizadas em maio de 2009. As datas das coletas foram: 13 de maio, 05 de julho, 22 de setembro, 03 de dezembro de 2008, e 29 de janeiro, 19 de fevereiro, 26 de março, 19 de abril e 28 de maio de 2009, sendo realizadas preferencialmente em marés de sizígias.

5.1.1. Localização dos pontos

Foram fixados os “zeros relativos”, ou seja, o início de cada perfil teve a mesma origem em todas as coletas, possuindo como base referencial fixa postes e muros devidamente registrados para seu uso efetivo e continuado.

5.1.1.1. Barra do Saí

O perfil situado próximo a Barra do Saí tem a ré localizada nos fundos da casa nº 88, na Avenida São Paulo, Guaratuba (fig.7).

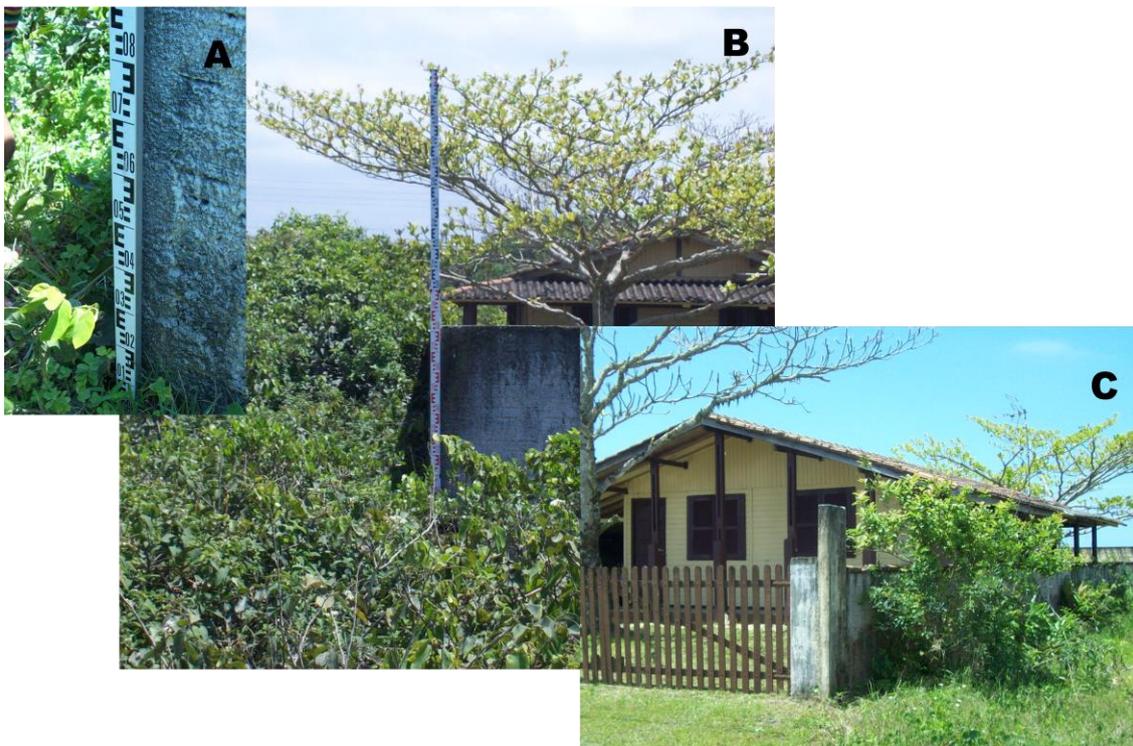


FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉS, DO PERFIL BARRA DO SAÍ. IMAGEM **A**, MOSTRA O MURO, RÉ DESTE PERFIL; A IMAGEM **B** INDICA O ALINHAMENTO COM O MURO, PERPENDICULAR A PRAIA; E **C**, UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO FUNDO SERVE DE ZERO RELATIVO PARA ESSE PERFIL.

5.1.1.2. Coroados

O ponto de referência do perfil denominado Coroados possui a ré fixa no poste de uma casa situada na rua Bolívia, n° 25 (fig. 8).



FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉS, DO PERFIL COROADOS. IMAGEM **A**, MOSTRA O ALINHAMENTO DO MURO COM OS PILARES DE CONCRETO; A IMAGEM **B** MOSTRA A QUINA DO MURO, QUE SERVIU DE ZERO RELATIVO PARA ESSE PERFIL.

5.1.1.3. Nereidas

O ponto de referência do perfil denominado Nereidas possui um zero relativo no muro de uma casa situada na Avenida Brejatuba, n°980 (fig. 9).



FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ, DO PERFIL NEREIDAS. IMAGEM **A** MOSTRA UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO MURO LATERAL ESQUERDO SERVE DE RÉ PARA ESSE PERFIL; A IMAGEM **B** É UMA IMAGEM APROXIMADA; E **C** A LOCALIZAÇÃO DO ZERO RELATIVO

5.1.1.4. Morro do Cristo

O ponto de referencia do perfil denominado Morro do Cristo possui o zero relativo fixo no muro de uma casa situada na Avenida Brejatuba, nº10 (fig. 10).



FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS, RÉ, DO PERFIL MORRO DO CRISTO. IMAGEM **A** MOSTRA UMA VISÃO FRONTAL DA CASA CUJO MURO LATERAL ESQUERDO SERVE DE RÉ PARA ESSE PERFIL; A IMAGEM **B** É UMA IMAGEM APROXIMADA; E **C** A LOCALIZAÇÃO DO ZERO RELATIVO

5.1.2. Perfil praial

Os perfis praias foram realizados com o intuito de identificar as feições morfológicas das praias bem como suas variações ao longo do tempo, obtendo dados para se calcular a variação volumétrica sedimentar relativa e conhecer a declividade para cada local.

Para a confecção dos perfis, perpendiculares à linha de costa, foram utilizadas técnicas tradicionais de nivelamento topográfico, com auxílio de um nível de precisão e mira graduada. As distâncias conhecidas foram calculadas através da metodologia topográfica denominada estadimetria, que trata das

medidas indiretas de distâncias e diferenças de nível através de taqueômetros e miras. Ela fundamenta-se nas propriedades dos triângulos semelhantes, e baseia-se nas leituras de miras verticais (SÃO JOÃO, 2003).

5.1.3. Amostragem de sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas concomitantemente aos perfis praias, na duna, no pós praia, na face da praia e na linha d'água, totalizando 4 amostras por perfil, para cada um deles. Elas foram ensacadas, identificadas e armazenadas para posterior processamento.

5.1.4. Observações visuais de ondas

As observações visuais de ondas foram realizadas simultaneamente à realização dos perfis praias. Os parâmetros observados foram a altura (H_b), período (T_b) e direção (Dir) seguindo a metodologias de Perillo & Piccolo (1987).

Por definição, altura de onda é a distância vertical entre a crista e a cava de uma onda. Resumidamente, a observação visual descrita nesta metodologia usa a própria altura do observador como referência em terra, ficando em pé na linha d'água, e a linha do horizonte, como referência no mar. Quando o seu olho encaixar com uma crista da onda, no momento de quebra, alinhada com a linha do horizonte, a distância do olho do observador até o chão será a altura da crista até a cava.

Para observar o período, é necessário contar o tempo de 11 cristas sucessivas que passam por um determinado ponto fixo e dividir o valor estimado, em segundos, por 10. Os autores salientam a importância do treino na hora de realizar as medições, já que estas observações são em parte subjetivas.

Observações deste tipo, realizadas na praia ao nível da água, não permitem a determinação da direção original de propagação das ondas (que corresponde à direção da onda antes do trem atingir profundidades menores que a metade do comprimento da onda). As ondas, pelo fenômeno de refração, geralmente atingem a praia com a crista paralela à linha de costa.

5.2. PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO

5.2.1. Variação morfológica e volumétrica sedimentar

Os dados provenientes da realização dos perfis praias foram planilhados e processados no EXCEL 8.0. Foram gerados gráficos utilizando as variáveis X e Z (distâncias e desnível, respectivamente), a fim de identificar as variações morfológicas ao longo das amostragens.

As variações volumétricas sedimentares foram calculadas com o auxílio do *software Surfer 8.0*, utilizando os dados já processados previamente, tendo sido lançadas as coordenadas X, Y e Z. X representa as distâncias, Z o desnível e os valores de Y foram criados para efeitos do cálculo volumétrico, considerando uma faixa de 0,5 m para cada lado da linha do perfil. Desta forma, as variações volumétricas ficam normalizadas a Xm^3 de sedimento por metro linear de praia no sentido longitudinal. Seguindo a orientação do fabricante do software, foi realizada uma média aritmética dos resultados dos três métodos de integração numérica (Trapezoidal, Simpson e 3/8 de Simpson). A base de comparação volumétrica foi a menor distância encontrada em cada perfil, sendo o ponto interpolado quando houve necessidade.

5.2.2. Análise dos sedimentos

Como o material coletado é arenoso, a metodologia escolhida para identificação das frações granulométricas foi o peneiramento mecânico (SUGUIO, 1973). As amostras coletadas foram homogeneizadas e separada cerca de 100 g de sedimento; foi adicionado aproximadamente 1 g de pirofosfato de alumínio, água deionizada e colocadas no agitador por 15 min, para a desagregação das partículas. Em seguida, as amostras foram elutriadas, para eliminação do material fino (silte e argila), e colocadas na estufa a 60°C por 48 h para a secagem; sendo após submetidas a 15 min de agitação em um Rotap (agitador mecânico), em um jogo de 12 peneiras sobrepostas indo da fração $-1,5 \phi$ (4 mm) até 4ϕ (0,062 mm), e pesadas em uma balança de sensibilidade 10^{-3} g. Os parâmetros granulométricos estatísticos de FOLK & WARD (1973) foram obtidos no programa SYSGRAN 3.0 desenvolvido por CAMARGO (2006). A velocidade de decantação foi encontrada a partir do diâmetro da partícula do grão na face da praia de cada perfil (GIBBS *et al*, 1971).

As análises dos teores tanto de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) como os de Matéria Orgânica (MO) foram realizadas em apenas quatro amostras da face da praia de cada perfil. Inicialmente, o intuito era identificar se as porcentagens eram superiores a 5%. Caso o resultado fosse positivo, as análises desses teores se estenderiam para todas as outras amostras. Isto porque apenas em casos de valores mais significativos no conteúdo de desses elementos poderá haver influência no comportamento coesivo do sedimento.

Para a determinação dos teores de CaCO_3 , utilizou-se 10-11 g de amostra seca que foi atacada quimicamente com uma solução de ácido clorídrico 10% (HCl) até que o CaCO_3 fosse eliminado. Quando terminada a efervescência as amostras, estas eram lavadas com água fervente e levadas para a estufa, novamente para a secagem. Pela diferença entre o peso inicial e o peso final (após a eliminação do CaCO_3) foi quantificado o teor de carbonato de cálcio de cada amostra analisada.

O teor de MO foi obtido queimando em torno de 5 g da amostra seca em uma mufla a 550°C por 60 min. A diferença entre os pesos iniciais e finais (após a eliminação da M.O.) acusou os teores de M.O.

5.2.3. Estado morfodinâmico

O estado morfodinâmico foi calculado a partir do tamanho do grão do sedimento, obtido na análise granulométrica, e dados da dinâmica local, tais como ondas (período, direção e altura), etc., obtidos visualmente em cada perfil.

5.2.3.1. Ω Teórico

Inicialmente foi calculado o estado morfodinâmico pelo Ω teórico (Ωt), proposto por KLEIN (1997), que classifica a praia a partir da variável declividade praial (β).

$$\Omega t = \frac{0,0225}{\tan\beta^2}$$

Onde β é a declividade praial da face da praia em graus.

5.2.3.2. Ω Parâmetro Adimensional

O parâmetro Ω relaciona quantitativamente as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico de uma praia, associando cada tipo a intervalos numéricos distintos. Pode-se classificá-las em refletiva ($\Omega \leq 5,5$), dissipativa ($\Omega \geq 1,5$) ou algum dos quatro estágios intermediários ($1,5 < \Omega < 5,5$). Descrito por Wright & Short (1984), o parâmetro Ω é baseado nas proposições de Dean (1973) e Dalrymple & Thompson (1977, *apud* HOEFEL, 1998) e Short (1999). Sua expressão matemática, como apresentado anteriormente, é:

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

Onde H_b é a altura da onda; ω_s é a velocidade de decantação da partícula sedimentar e T é o período de onda incidente. A velocidade de decantação foi encontrada a partir do diâmetro da partícula do grão na face da praia de cada perfil (GIBBS *et al*, 1971).

5.2.3.3. Parâmetro Escalar de Surfe (ε)

O parâmetro dimensionador de surfe e a previsão do transporte de sedimento dentro da zona de surfe conseguem fazer uma boa representação do relevo praial. Ele é expresso por:

$$\varepsilon = \frac{a \cdot \omega^2}{g \cdot \tan^2 \beta}$$

Onde a é a amplitude da onda incidente em metros; ω é a frequência angular da onda em radianos; g é a aceleração da gravidade em m/s^2 e $\tan \beta$ é o gradiente praial.

5.2.4. Sistemas frontais e agitação marítima

Os sistemas frontais foram acompanhados ao longo do ano no Boletim Climanálise, emitido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e pelos dados de vento, precipitação e umidade obtidos através da estação meteorológica localizada no Centro de Estudos do Mar- UFPR.

Os gráficos de ventos foram plotados no software *Matlab 8.0* de duas maneiras distintas. A primeira levou em consideração as variações mensais, e os gráficos gerados foram do modelo *stickplot*. Os dados foram rotacionados

seguindo MIRANDA (2002). Na segunda maneira, os gráficos, do modelo *windrose* consideraram as variações sazonais. O inverno representa os meses de junho a agosto de 2008; primavera, os meses de setembro a novembro de 2008; verão, os meses de dezembro de 2008 e janeiro e fevereiro de 2009; outono, os meses de março a maio de 2009. Para a confecção desses gráficos a direção foi corrigida e posteriormente rotacionada. O ângulo para a correção da direção do vento medido em relação à localização da área de estudo foi identificado utilizando uma régua de três pontas, tendo como base a Carta Geológica de Guaratubá (1996).

5.2.5. Modelo de ondas para o litoral do Paraná

Foi rodado o modelo numérico de previsão de ondas WAVE WATCH para o litoral do Paraná, entre as coordenadas 48° O e 25° S, no período de 1 de maio de 2008 a 30 de abril de 2009 pelo CPTEC/INPE. O modelo utilizou os dados reais de ventos e gerou quatro medidas por dia, às 00:00h, às 06:00h, às 12:00h e às 18:00h, das variáveis altura significativa (H_b), período médio (T) e direção significativa. O modelo considerou uma profundidade média de 19,2 m para a coordenada citada.

6. RESULTADOS

6.1. VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS

6.1.1. Barra do Saí

A principal variação no período entre maio e julho de 2008 é o aparecimento de uma berma no ambiente pós-praia e um achatamento da segunda crista nas dunas (FIGURA 11 e 12) No mês de setembro, a berma que havia aparecido em julho foi erodida, observando-se uma maior declividade da face da praia (FIGURA 13).

Não houve variações significativas na morfologia entre os meses de setembro e dezembro de 2008. O perfil praial apresentou características semelhantes com a morfologia identificada no início das amostragens, em maio de 2008 (FIGURA14).

Em janeiro, no perfil Barra do Saí, foi observado uma leve redução na topografia do terreno a partir do ambiente pós-praia, a face praial continuou com o declive encontrado no mês de setembro e as dunas mantiveram-se estáveis (FIGURA 15). Em fevereiro a morfologia apresentou as mesmas características que o mês anterior (FIGURA 16).

Na amostragem do mês de março observou-se uma incipiente elevação do terreno, recuperando parte da declividade erodida no mês de janeiro (FIGURA 17). O mês de abril apresentou uma berma bem marcada e continuou o aumento na elevação praial (FIGURA 18). Em maio, a berma desapareceu, mas em contra-partida o aumento da elevação do terreno ocorreu de forma homogênea, sendo o maior desde o início das amostragens (FIGURA 19). De forma geral, esse perfil mostrou um acréscimo na elevação em sua morfologia.

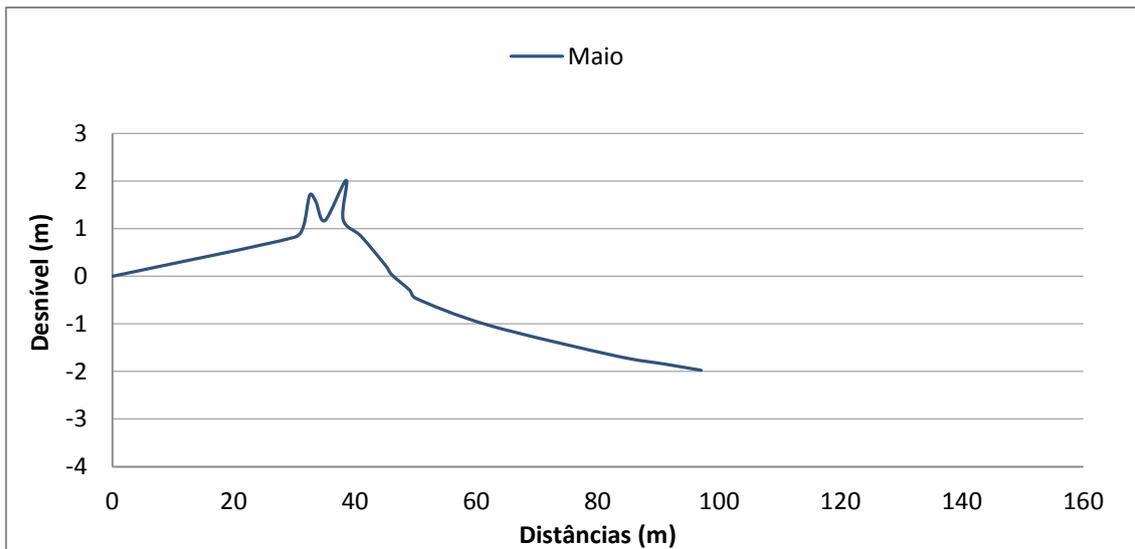


FIGURA 11: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO DE 2008.

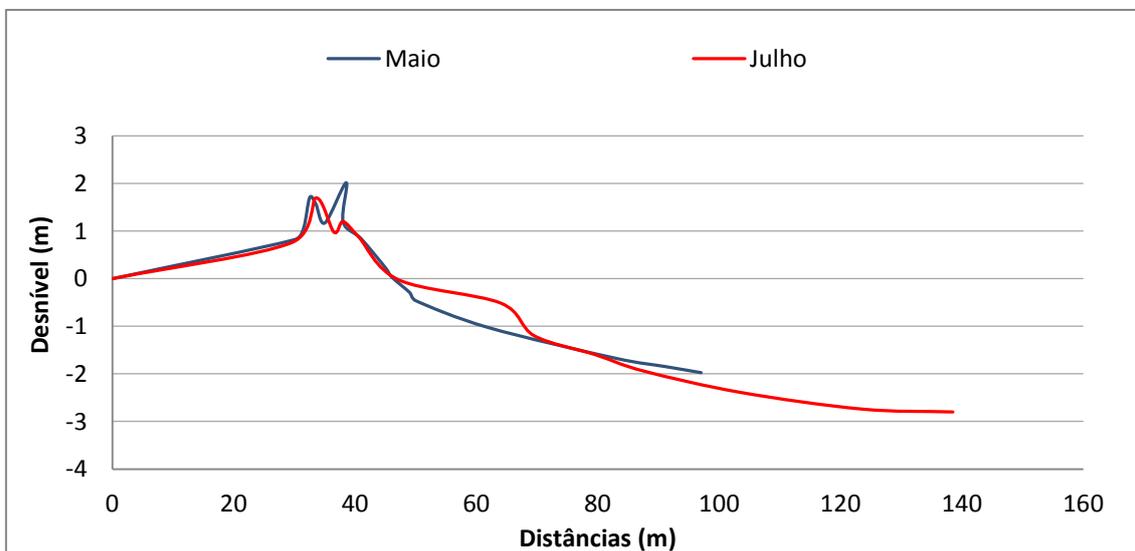


FIGURA 12: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO E JULHO DE 2008.

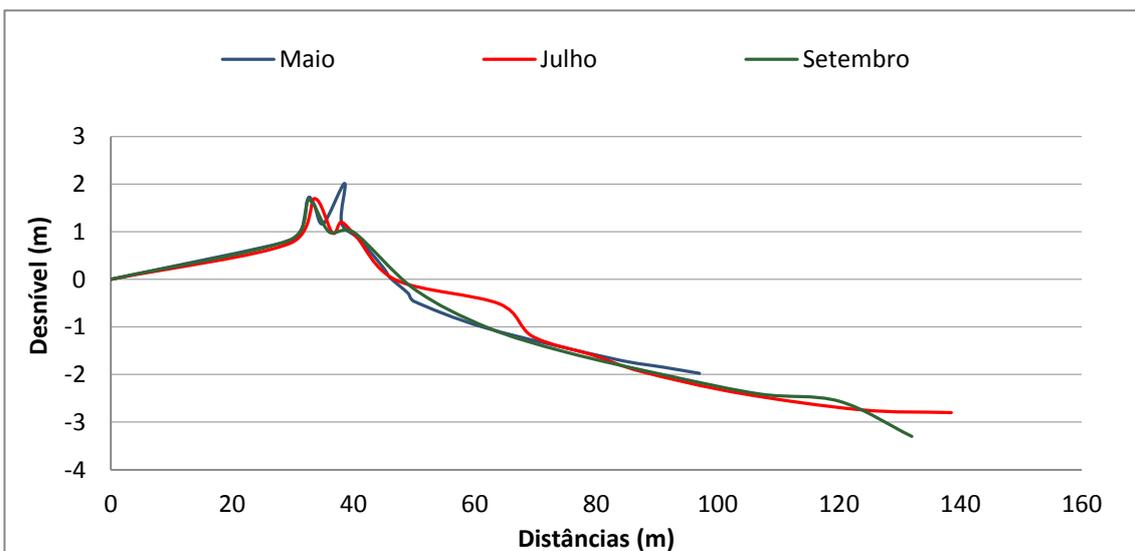


FIGURA 13: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.

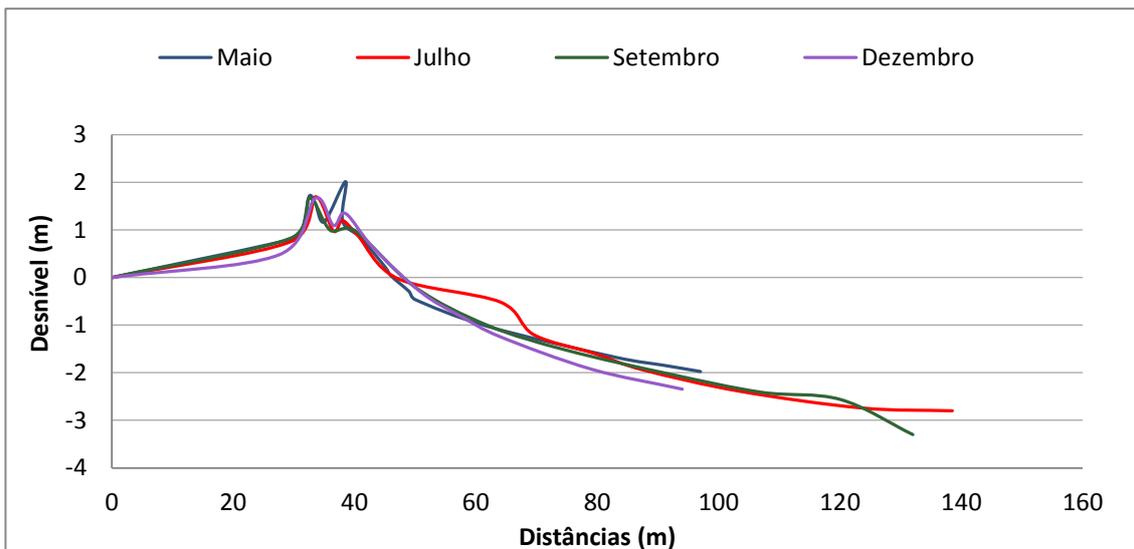


FIGURA 14: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.

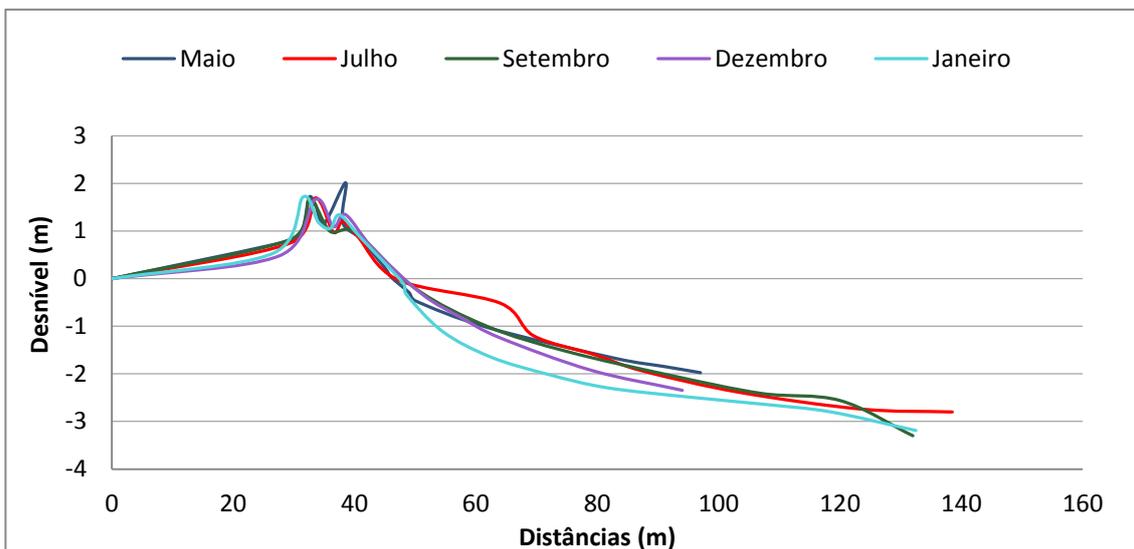


FIGURA 15: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.

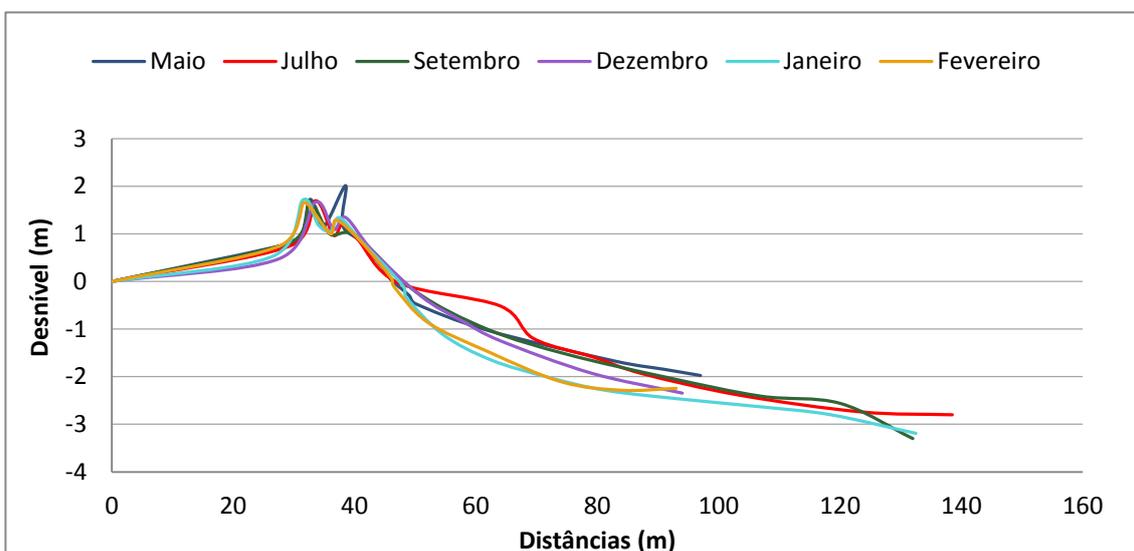


FIGURA 16: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.

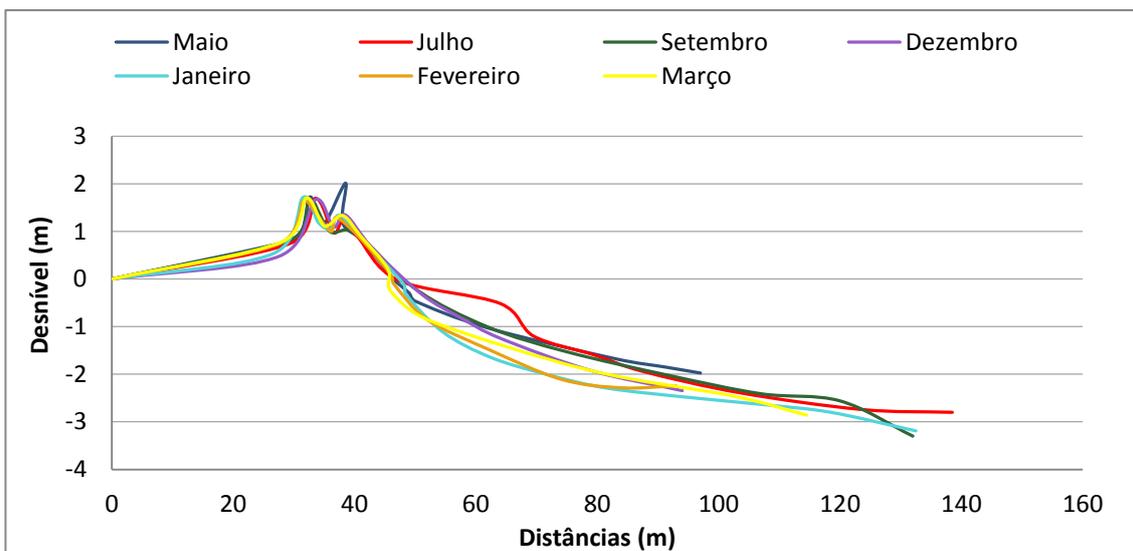


FIGURA 17: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.

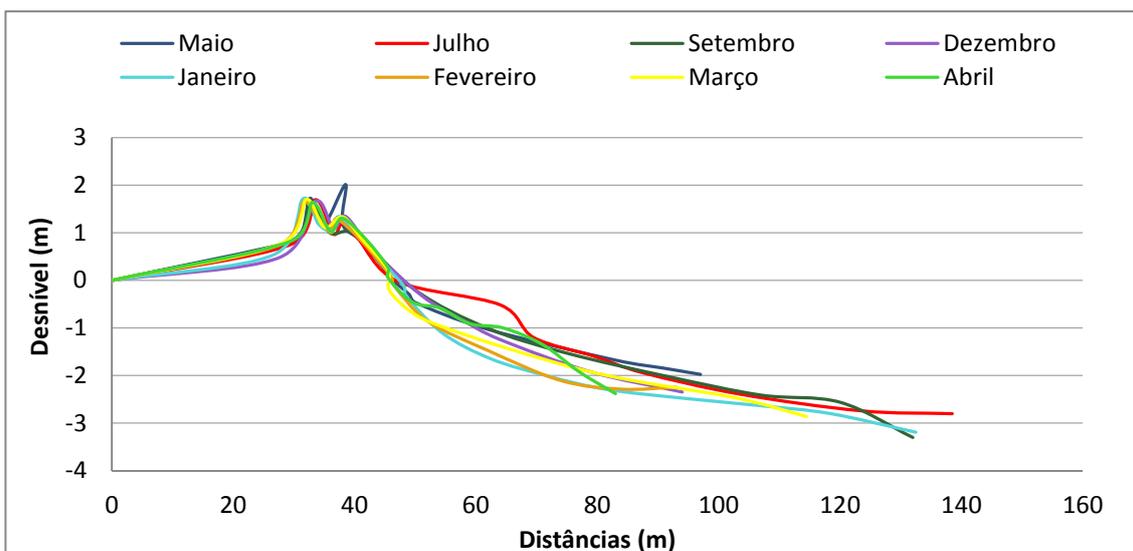


FIGURA 18: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.

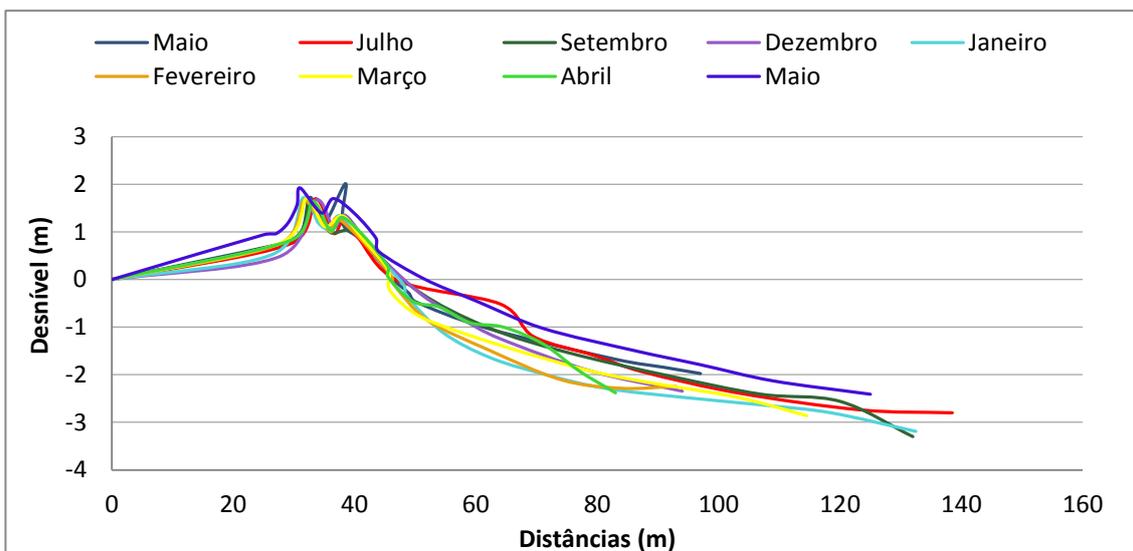


FIGURA 19: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.

6.1.2. Coroados

O perfil Coroados mostrou a formação de uma berma incipiente na face da praia comparando maio com julho de 2008 (FIGURA.20 e 21). Essa berma foi erodida na campanha do mês de setembro e a declividade da face da praia foi suavizada também nessa amostragem (FIGURA. 22).

O mês de dezembro apresentou uma berma ao final do pós-praia, apesar de mostrar um aumento no desnível do relevo em comparação aos meses anteriores. Não foi possível realizar o perfil no mês de janeiro devido a uma barraca de venda de cocos no meio do perfil (FIGURA 23).

No mês de fevereiro a maior variação ocorreu nas dunas com um aumento significativo da deposição, na face da praia com uma berma bem marcada e a declividade suavizada (FIGURA 24). Em março, as dunas voltaram a ter a morfologia que possuíam até dezembro, sendo suavizadas as alterações sofridas em fevereiro. No mesmo mês, a berma da face da praia aumentou o seu delineamento (FIGURA 25).

Em abril, a berma se deslocou para o pós-praia, aumentando o grau de inclinação da face da praia (FIGURA 26). O perfil do mês de maio de 2009 apresentou a morfologia mais diferenciada em comparação com os meses anteriores. As dunas voltaram a sofrer variações na morfologia, como as ocorridas em fevereiro; foi observado uma falésia no início do pós-praia, aumentando a declividade da face da praia (FIGURA 27).

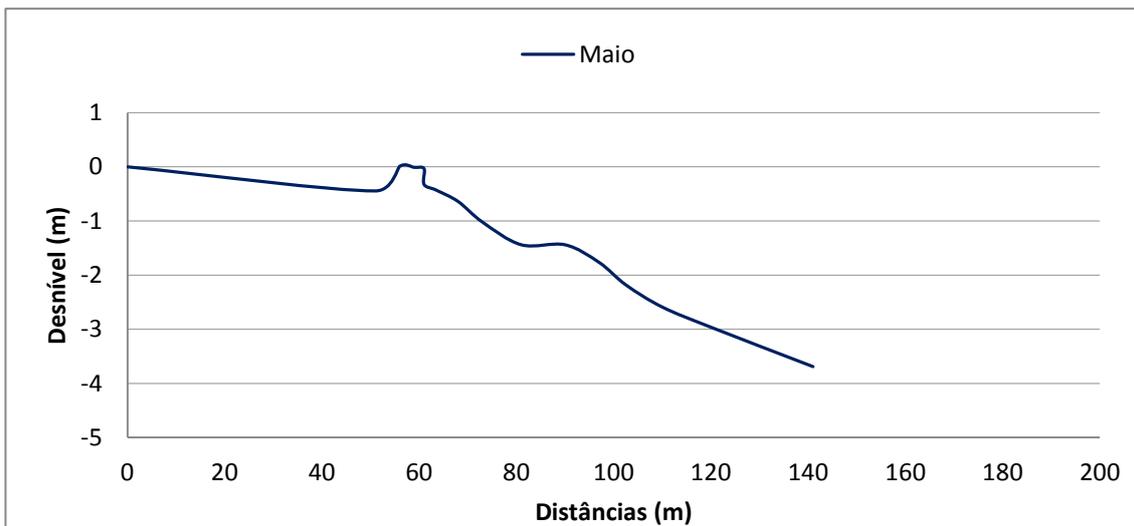


FIGURA 20: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO DE 2008.

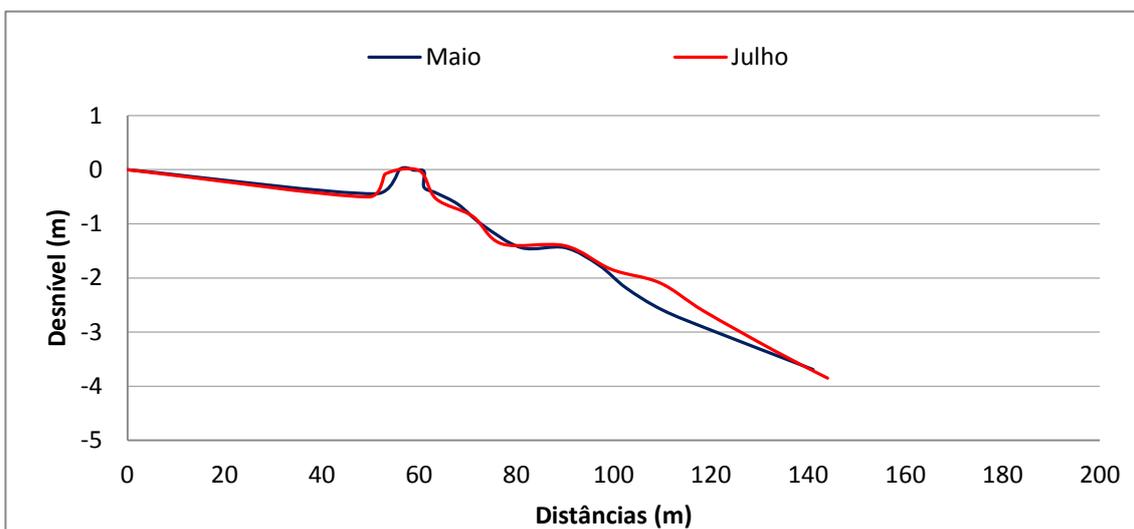


FIGURA 21: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO E JULHO DE 2008.

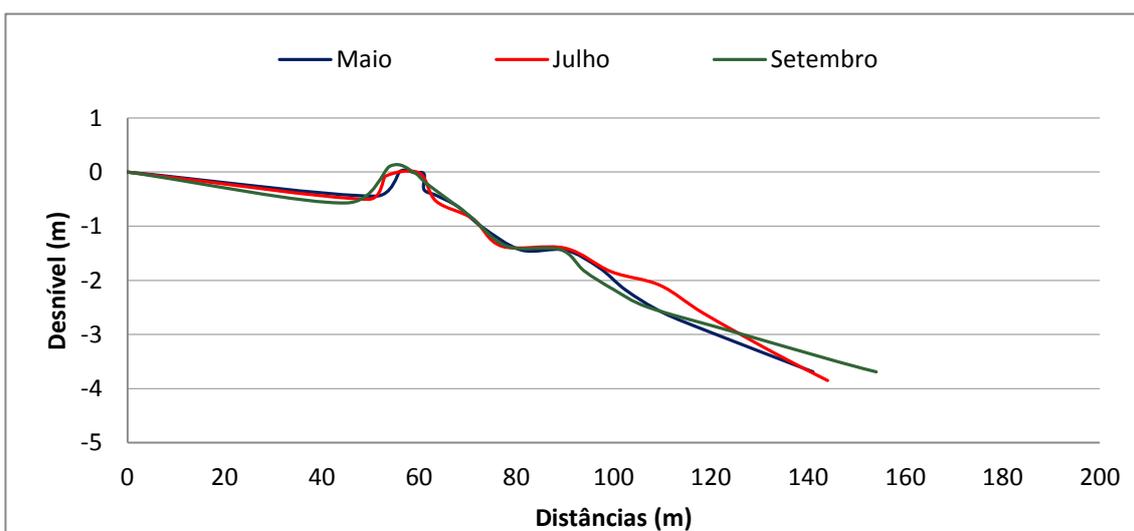


FIGURA 22: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.

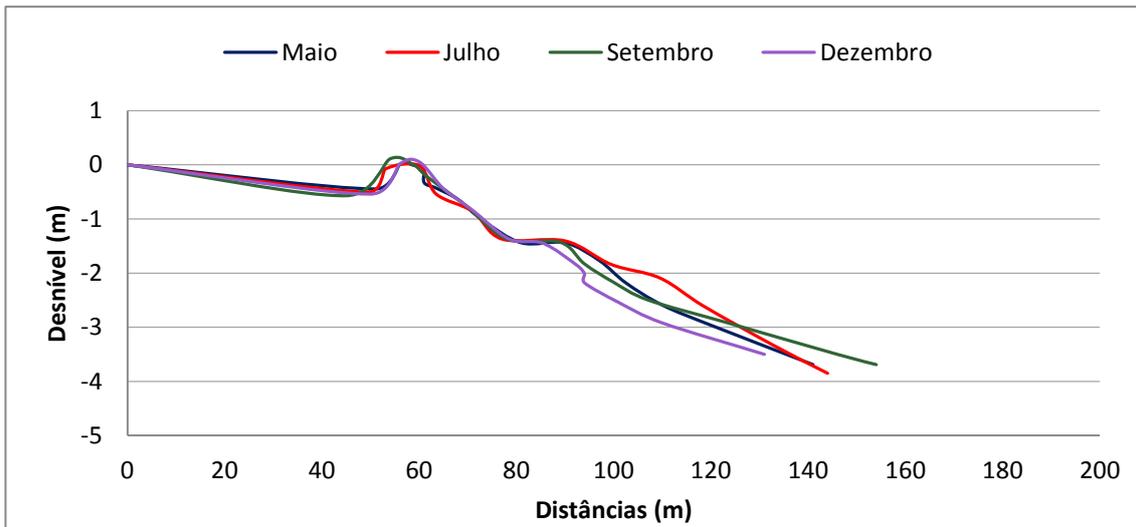


FIGURA 23: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.

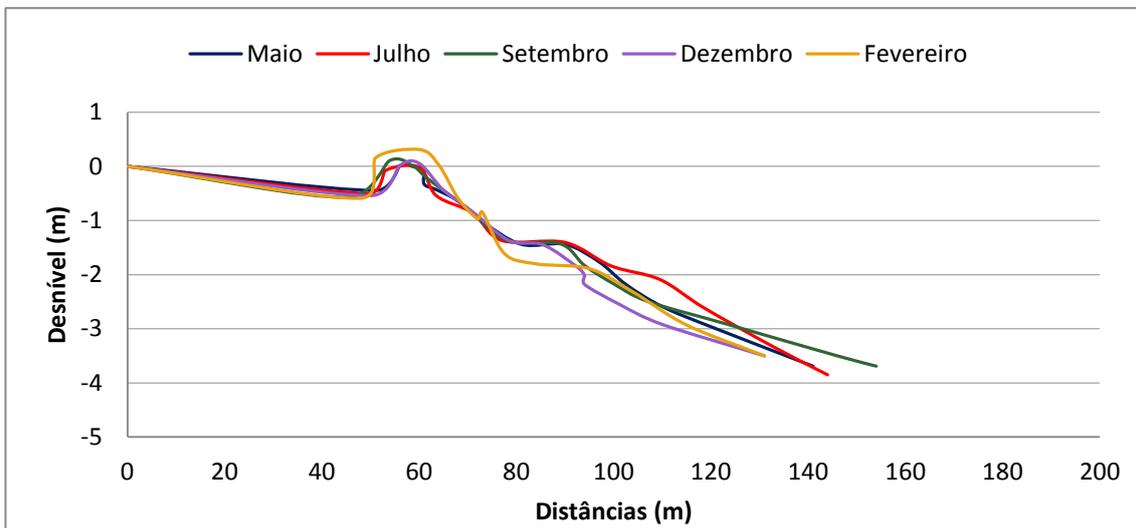


FIGURA 24: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO DE 2009.

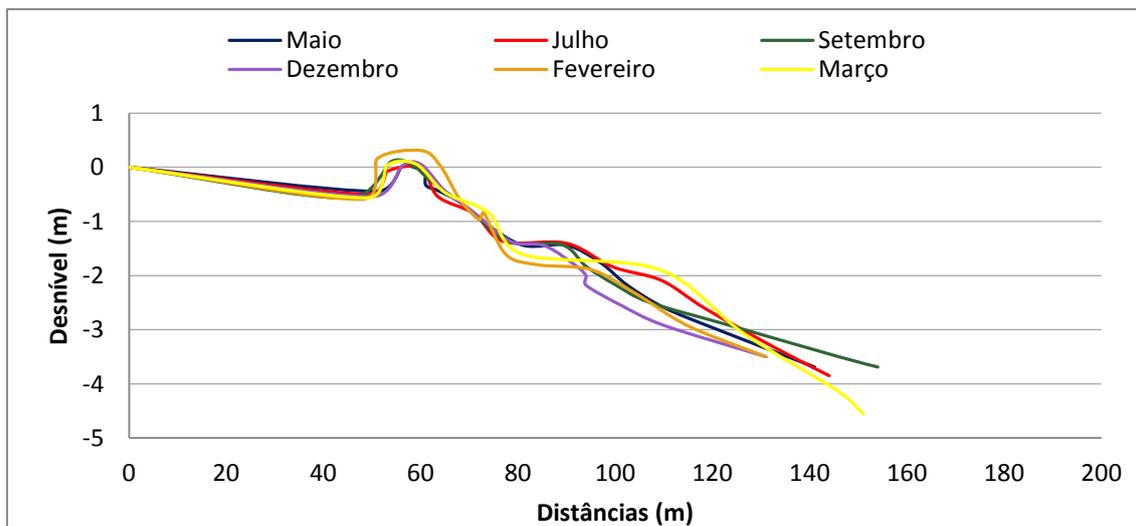


FIGURA 25: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.

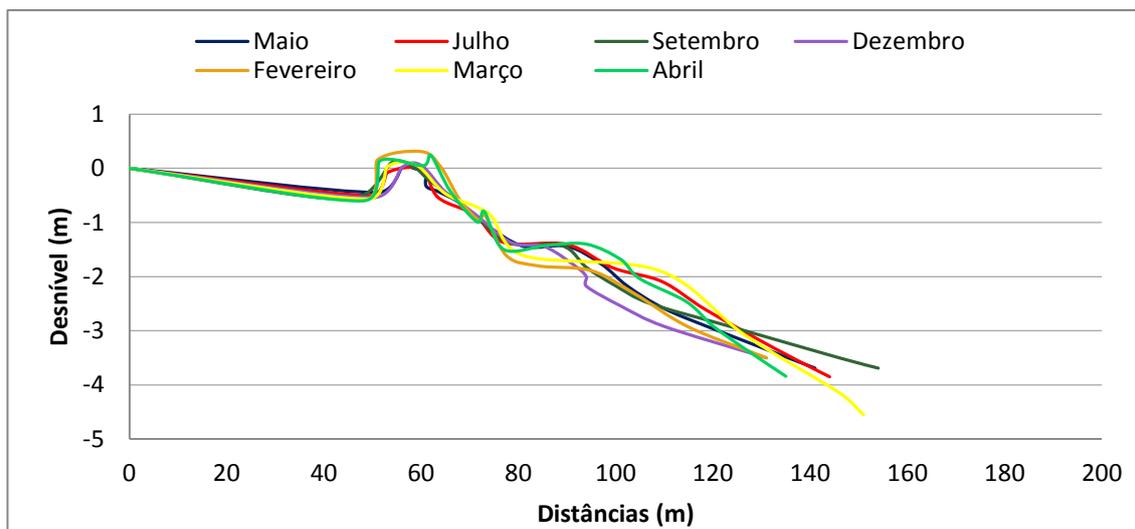


FIGURA 26: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.

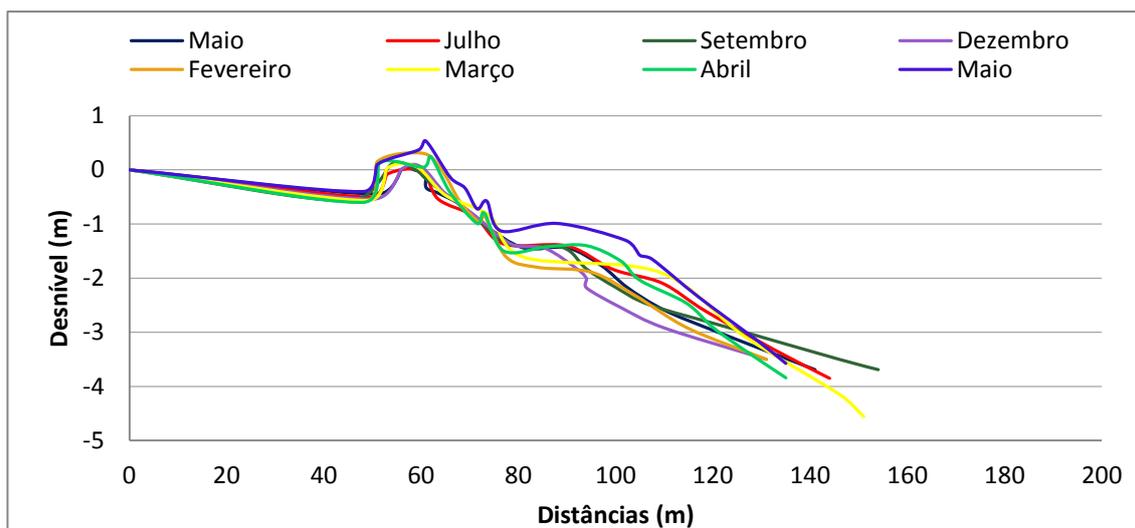


FIGURA 27: PERFIL TOPOGRÁFICO COROADOS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.

6.1.3. Nereidas

Em comparação com a amostragem de maio, em julho foi evidenciada uma berma no ambiente pós-praia, que em setembro havia sido removida (FIGURAS 28, 29 e 30). No mês de dezembro, o perfil apresentou um degrau na transição do ambiente pós-praia para a face praia (FIGURA 31).

Tanto em janeiro como em fevereiro, a morfologia mostrou-se regular, sem a presença de feições definidas, mas com uma declividade mais acentuada (FIGURAS 32 e 33).

De março para abril é possível notar a construção de um relevo mais linear, com uma incipiente berma no pós-praia, que se mantêm até maio de 2009 (FIGURAS 34, 35 e 36).

De modo geral, foram identificado padrões de destruição e reconstrução ao longo do perfil durante as amostragens.

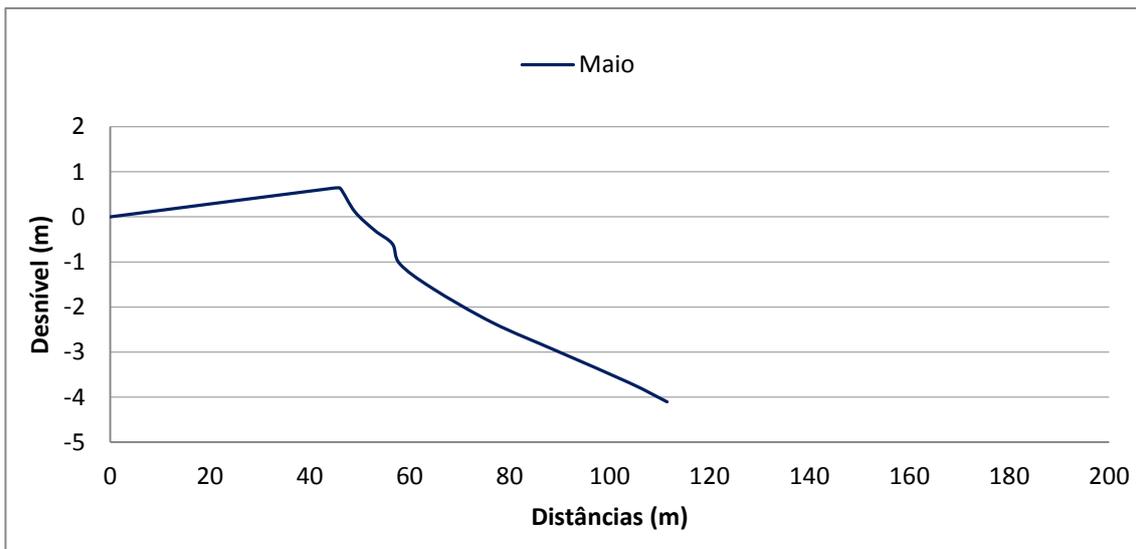


FIGURA 28: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO DE 2008.

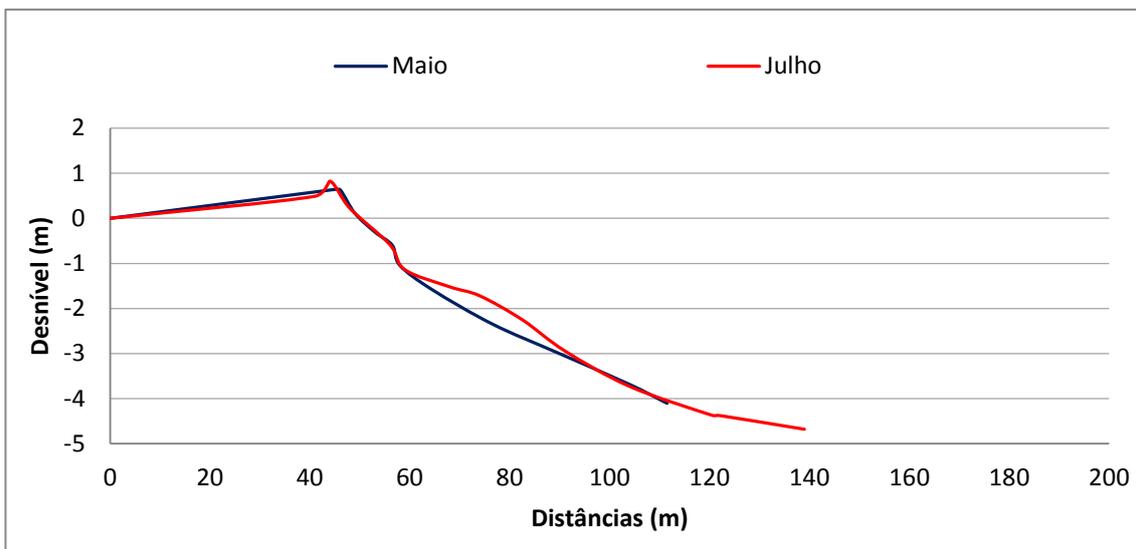


FIGURA 29: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO E JULHO DE 2008.

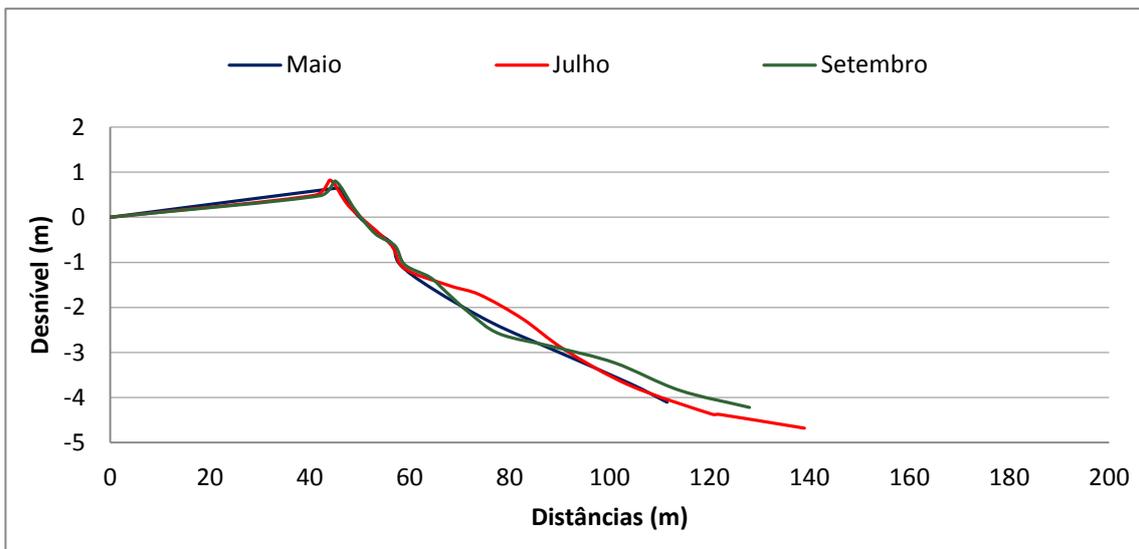


FIGURA 30: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.

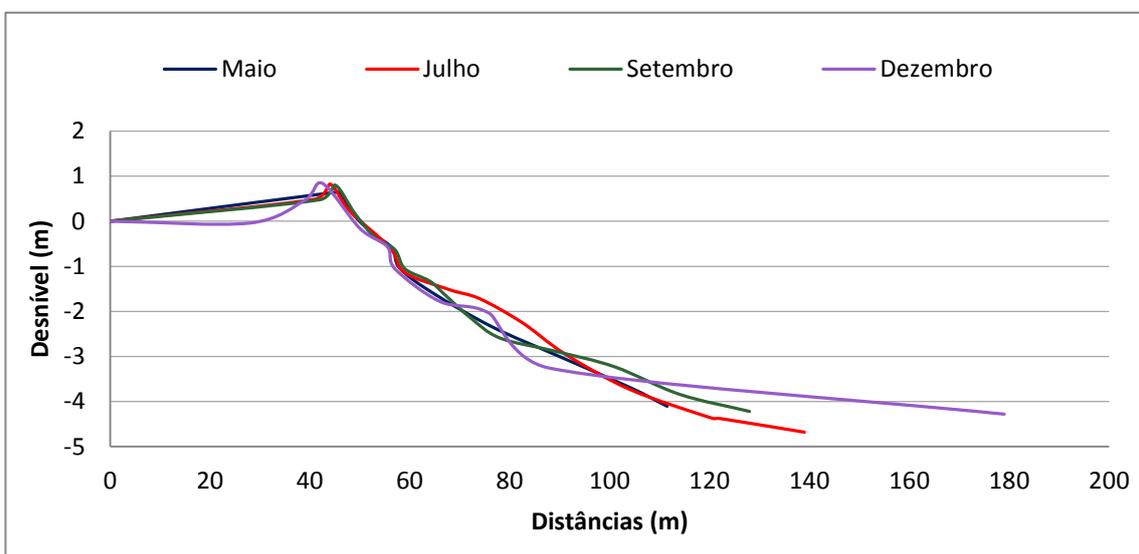


FIGURA 31: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.

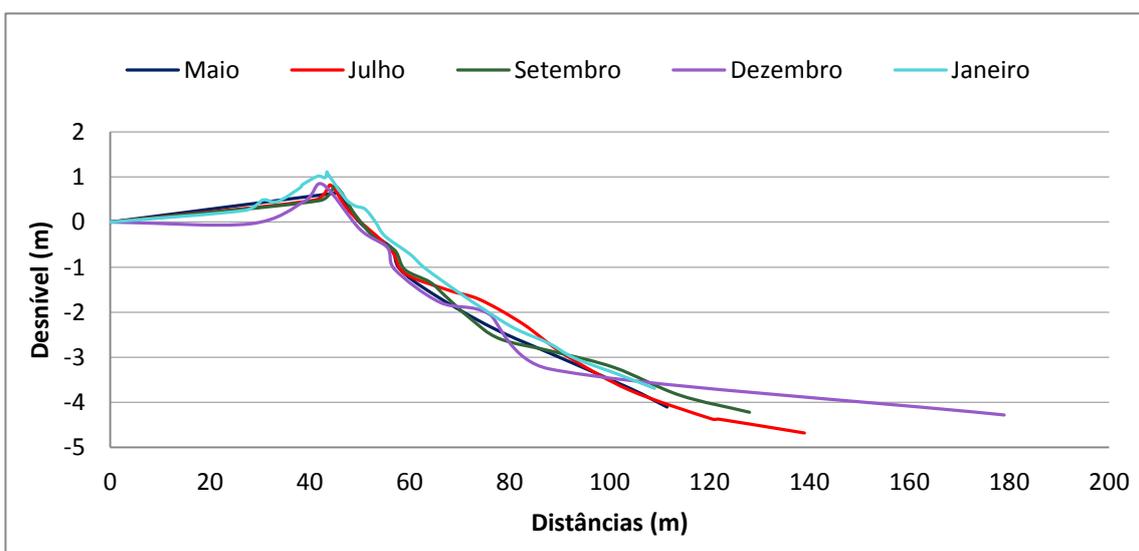


FIGURA 32: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.

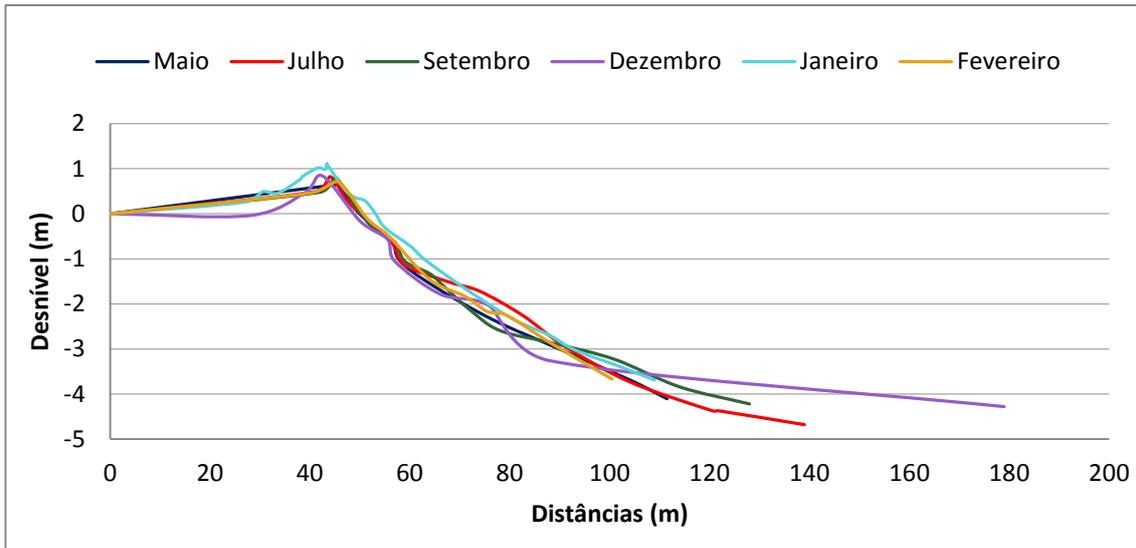


FIGURA 33: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.

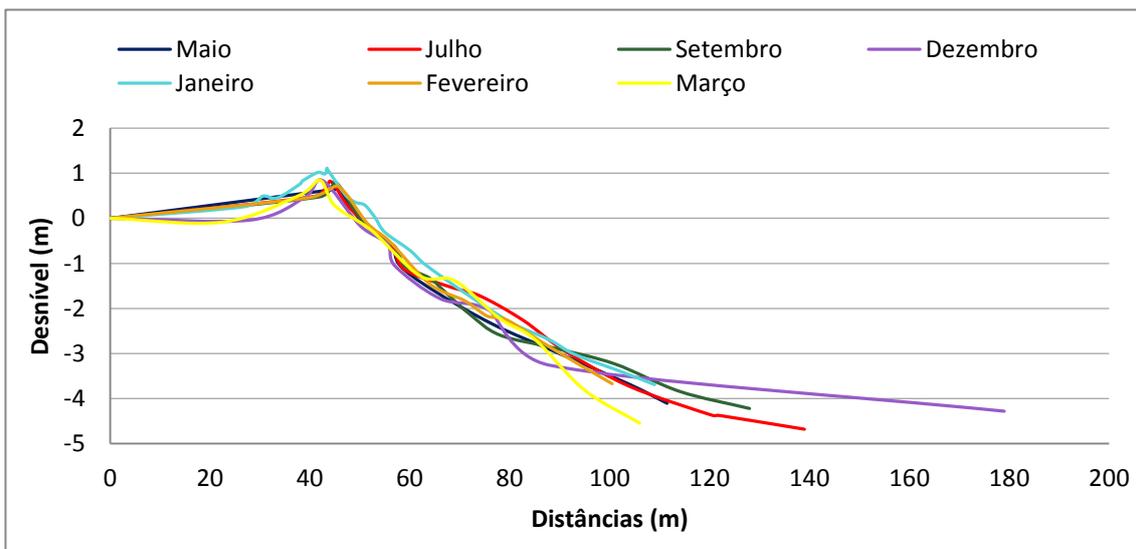


FIGURA 34: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.

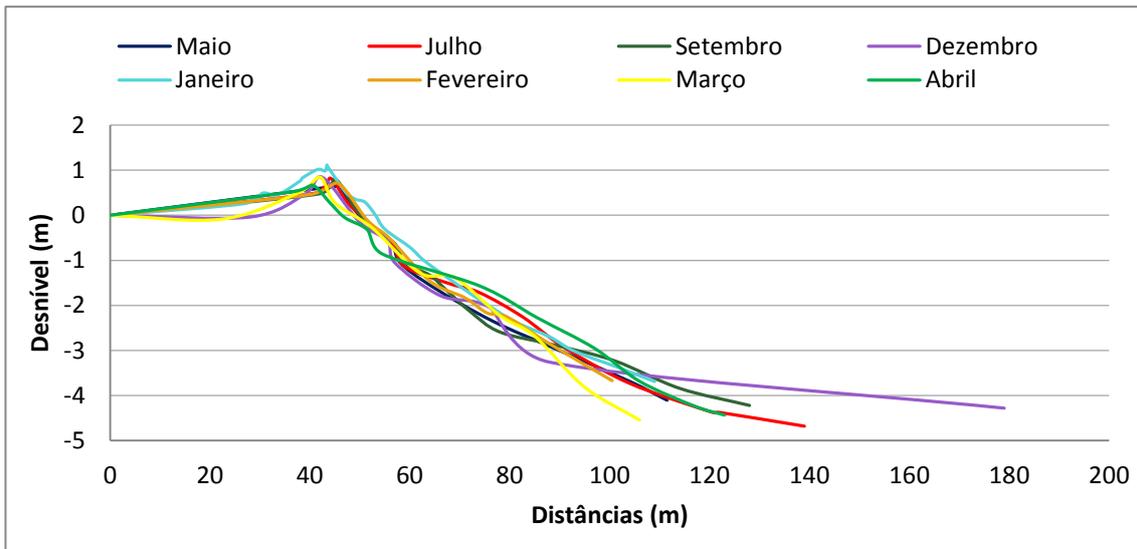


FIGURA 35: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.

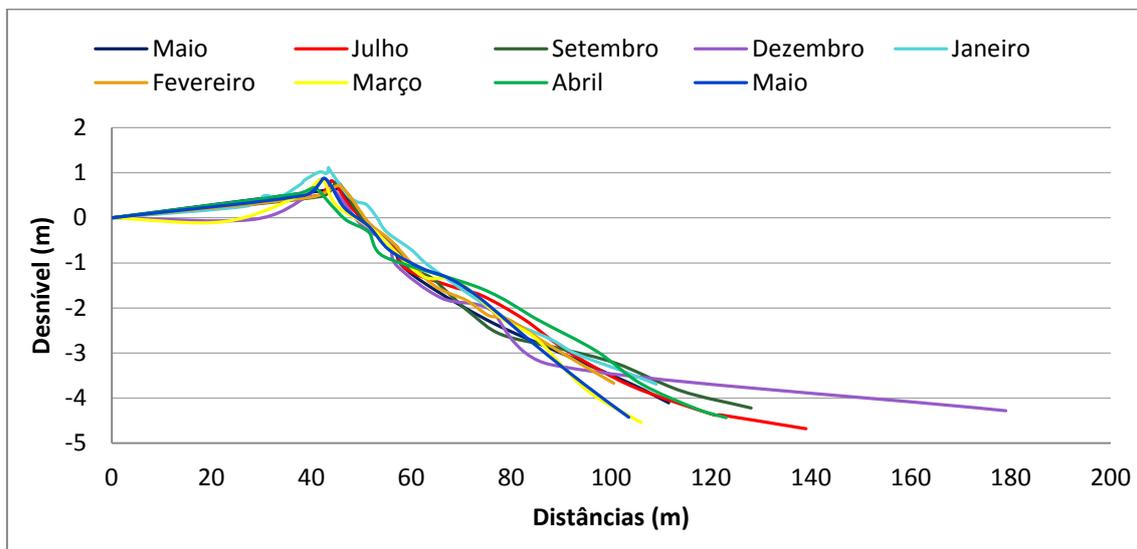


FIGURA 36: PERFIL TOPOGRÁFICO NEREIDAS EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.

6.1.4. Morro do Cristo

O perfil Morro do Cristo foi o que apresentou as variações morfológicas mais intensas ao longo das amostragens.

Como no perfil anterior, praticamente ao longo de todo o período é possível observar o processo de construção e destruição de bermas. Nas amostragens de maio e julho de 2008 e janeiro de 2009 essas feições aparentemente estão em fase de reconstrução (fig. 37, 38, 39 e 41).

Tanto em dezembro como em fevereiro nota-se a presença de falésias, no primeiro mês ela se encontra mais suave e no meio do pós-praia. No segundo ela está localizada na face da praia e muito mais marcada (fig. 40 e 42).

Em março volta-se a notar a presença da berma no ambiente pós-praia, suavizando-se em abril e reconstruída em maio novamente (fig. 43, 44 e 45).

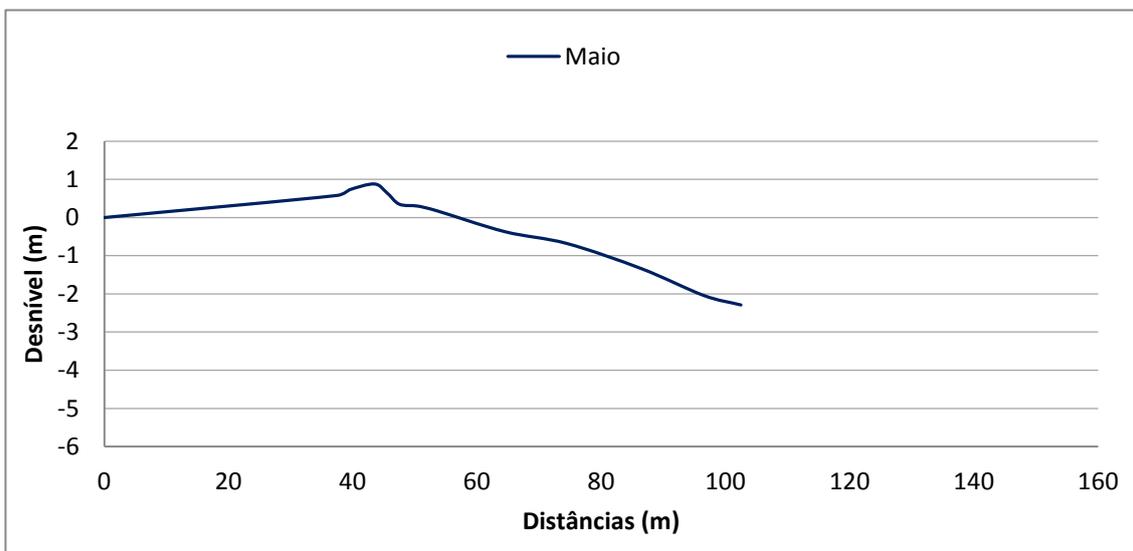


FIGURA 37: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO DE 2008.

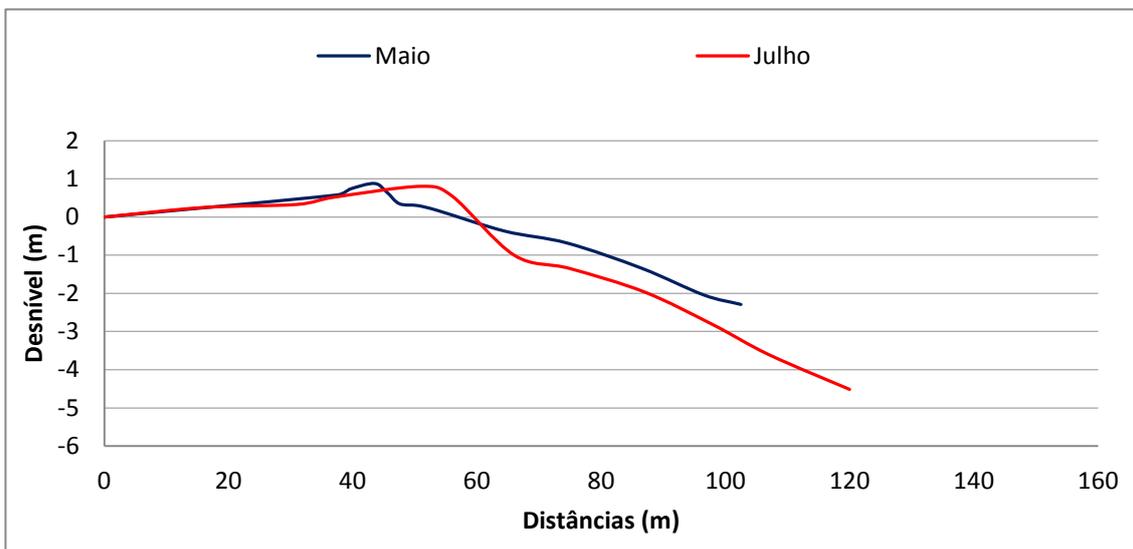


FIGURA 38: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO E JULHO DE 2008

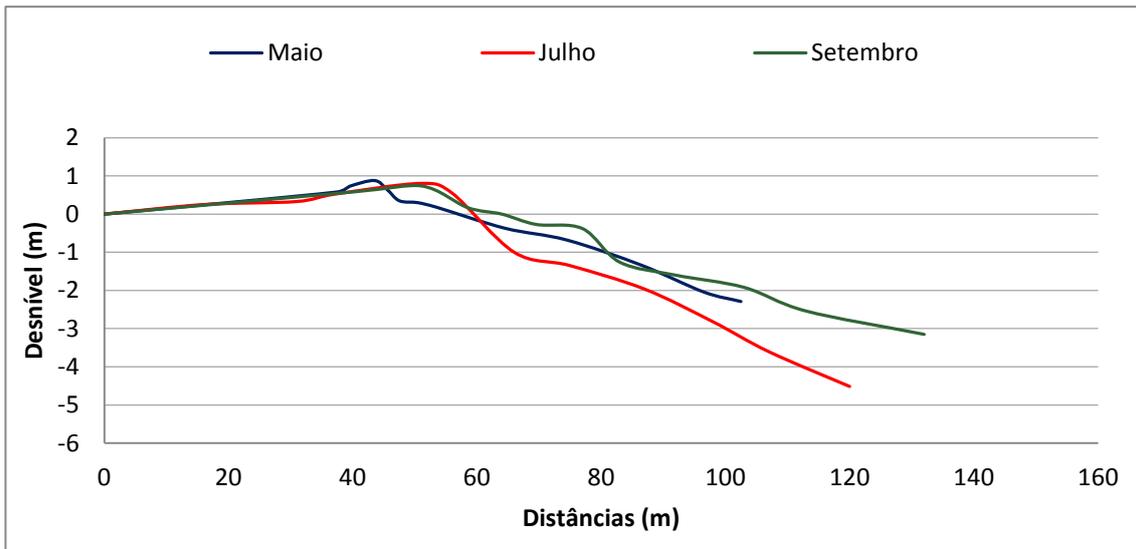


FIGURA 39: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO E SETEMBRO DE 2008.

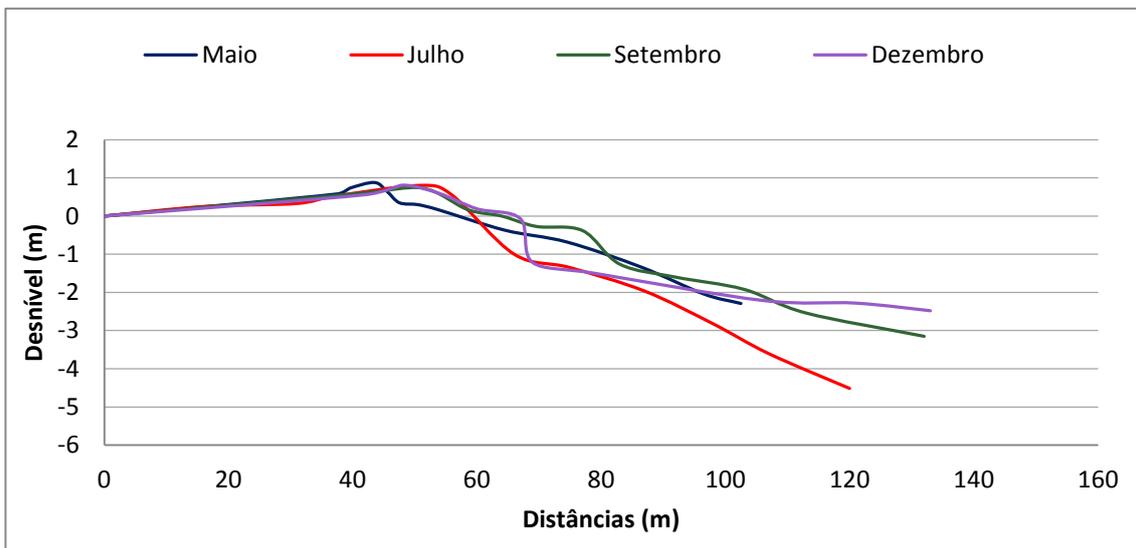


FIGURA 40: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008.

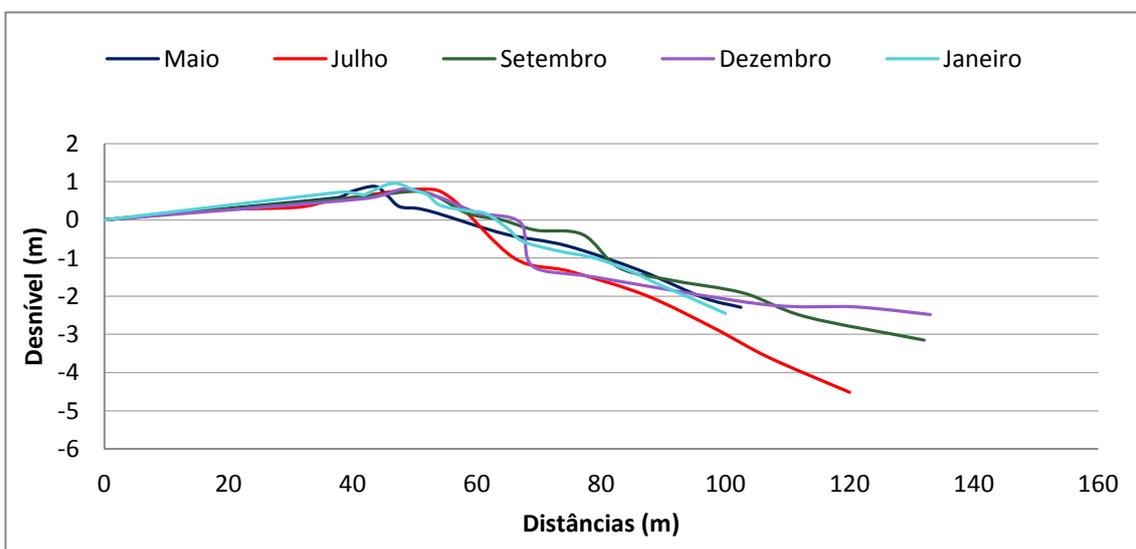


FIGURA 41: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO DE 2009.

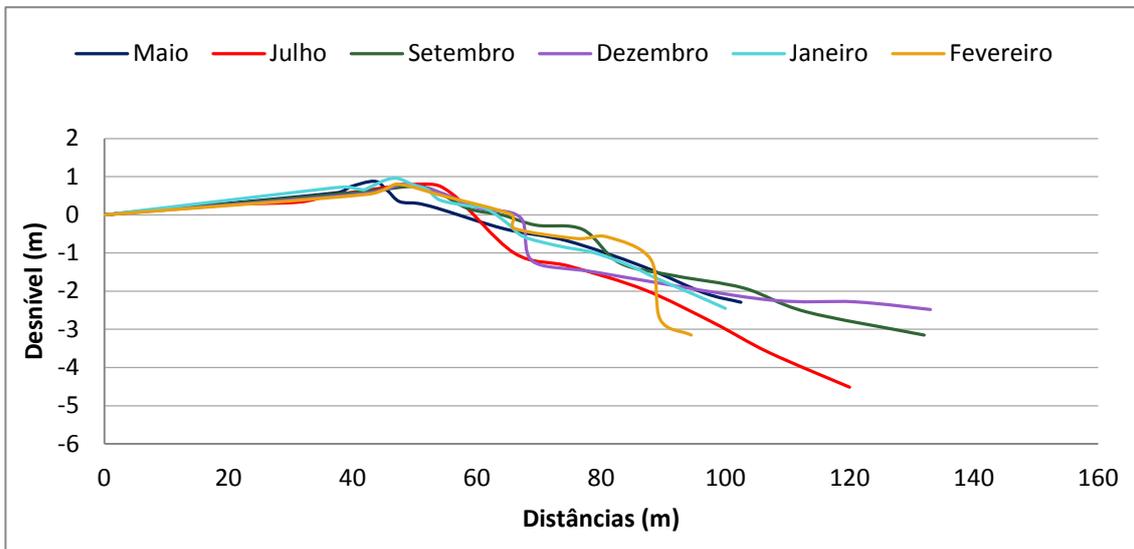


FIGURA 42: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO E FEVEREIRO DE 2009.

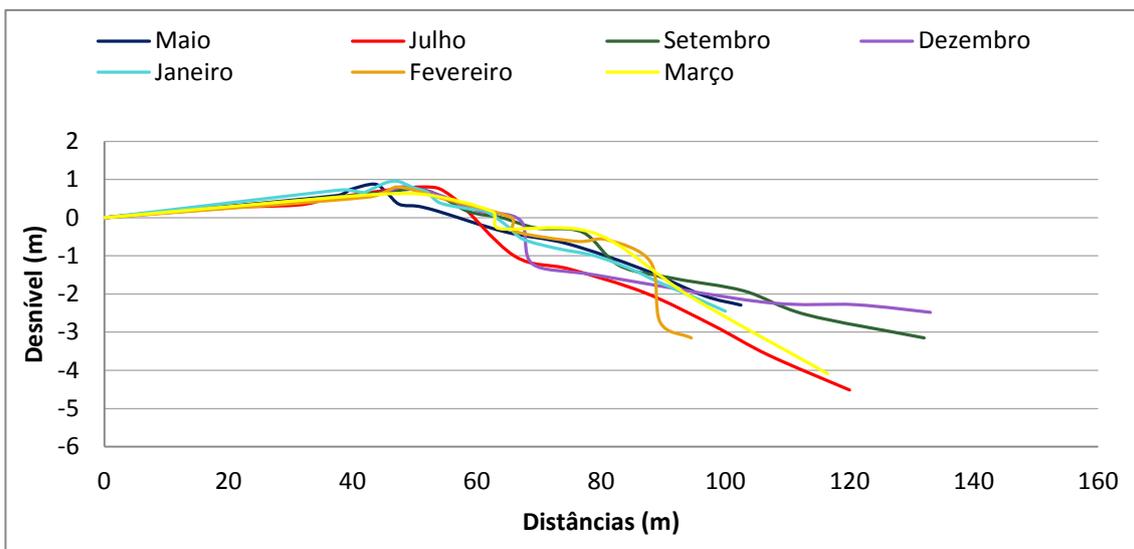


FIGURA 43: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO DE 2009.

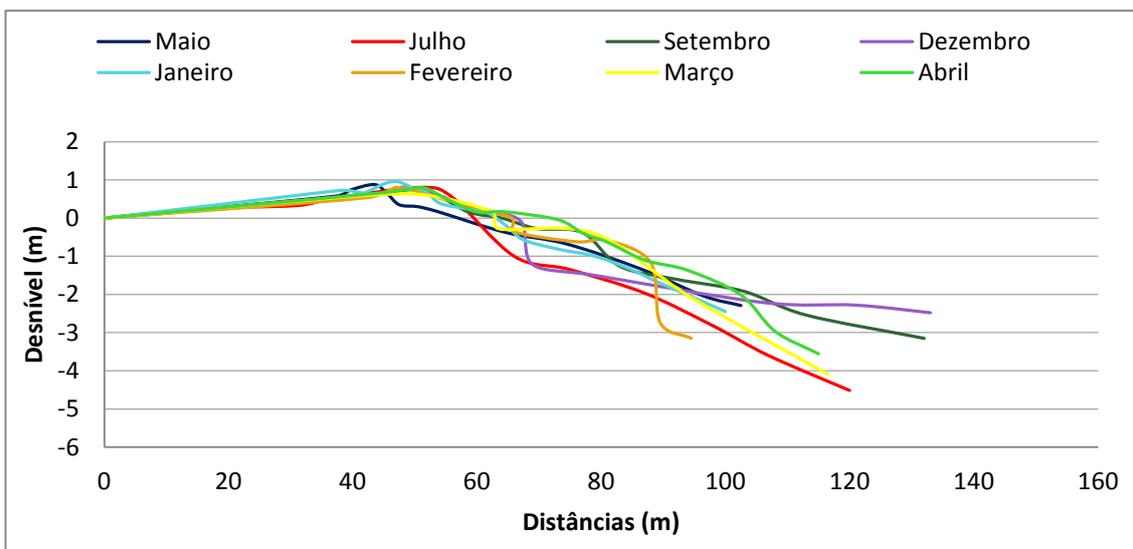


FIGURA 44: PERFIL TOPOGRÁFICO MORRO DO CRISTO EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL DE 2009.

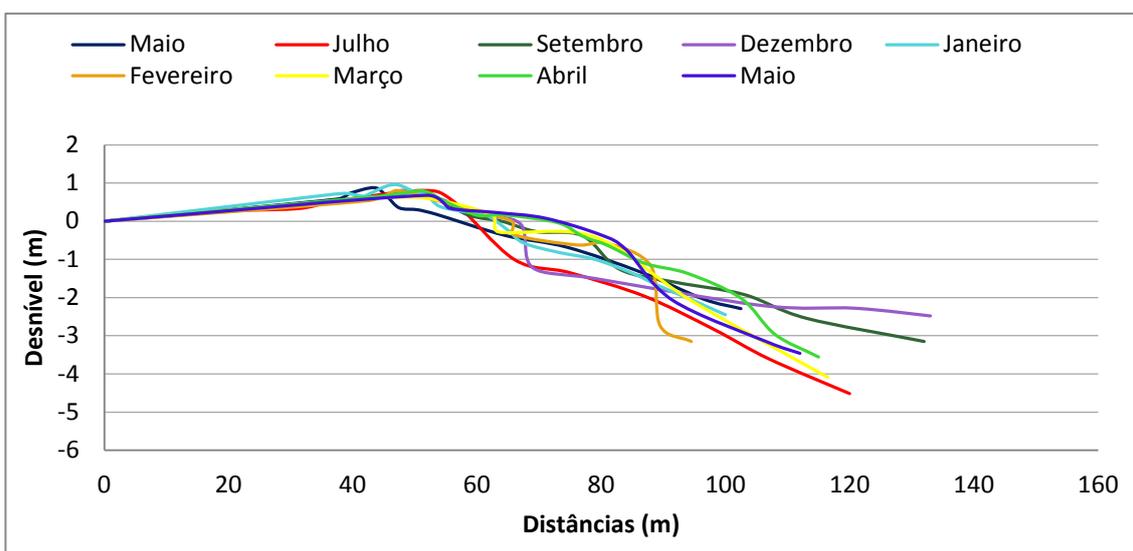


FIGURA 45: PERFIL TOPOGRÁFICO BARRA DO SAÍ EM MAIO, JULHO, SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2008 E JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL E MAIO DE 2009.

6.2. PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS

6.2.1. Granulometria

6.2.1.1. Barra do Saí

De modo geral, os perfis evidenciaram que os sedimentos apresentam predominantemente uma granulometria mais fina nas dunas, com tendência de aumento em direção à linha d'água e no sentido Sul para Norte. Assim, a Barra do Saí possui uma granulometria mais fina em comparação com a do Morro do Cristo.

A granulometria das dunas no perfil Barra do Saí foi predominantemente de areia fina, possuindo areia média nas amostragens de fevereiro e abril de 2009. Em ambos os casos, o sedimento foi classificado como bem selecionado e muito bem selecionado em maio, julho, dezembro de 2008 e janeiro de 2009.

No pós-praia, a granulometria foi de areia média para quase todas as amostras, exceto no mês de janeiro e fevereiro de 2009, que foi areia fina. O grau de seleção variou de moderadamente selecionado a muito bem selecionado.

Tanto nas amostragens da face da praia como na linha d'água, a granulometria predominante foi de areia média. Observou-se areia fina em três amostras da face praial e duas na linha d'água. Nesses ambientes, o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a muito bem selecionado.

6.2.1.2. Coroados

O perfil de Coroados teve uma granulometria de areia média em quase todo o perfil durante quase todas as amostragens. Nas dunas, predominou a areia fina nos meses de setembro de 2008 e fevereiro de 2009, e o grau de seleção variou de bem selecionado a muito bem selecionado. No pós-praia, foi identificado areia fina apenas no mês de dezembro de 2008 e o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a bem selecionado. Na face da praia a predominância foi de areia fina no mês de fevereiro de 2009, e o grau de seleção foi bem selecionado para todas as amostras de areia média e muito bem selecionado para a única amostra de areia fina.

Na linha d'água, a granulometria da campanha de março de 2009 mostrou teores predominantes de areia grossa, além disso, essa mesma amostragem (FIGURA 46) e a do mês de setembro de 2008 (FIGURA 47) tinham duas modas em sua distribuição, ou seja, eram bimodais.

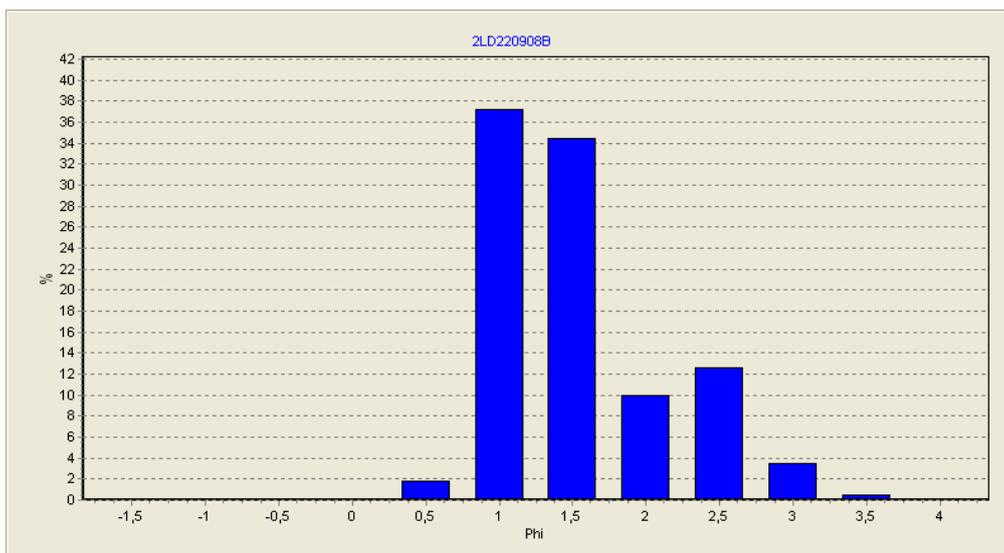


FIGURA 46: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM SETEMBRO DE 2008 NO PERFIL COROADOS.

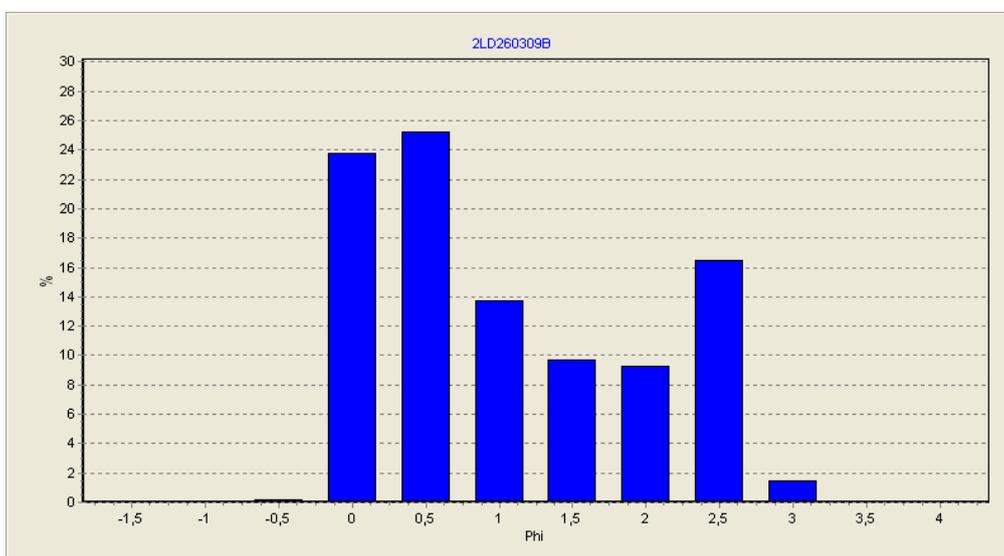


FIGURA 47: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM MARÇO DE 2009 NO PERFIL COROADOS.

6.2.1.3. Nereidas

O perfil do balneário Nereidas é marcado por uma granulometria predominante de areia média, com algumas exceções de areia grossa em alguns pontos. O ambiente de dunas apresentou areia média em todas as amostras, o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a bem selecionado. No pós-praia, a dominância de areia grossa foi encontrada apenas na amostragem de maio de 2008, e o grau de seleção foi de moderadamente selecionado a bem selecionado.

A face da praia apresentou areia grossa nas amostragens de dezembro de 2008 e janeiro de 2009. Na amostragem de setembro, foram identificadas duas modas (FIGURA 48). O grau de seleção foi muito bem selecionado para a amostra de maio de 2008, bem selecionado para janeiro de 2009 e moderadamente selecionado para as demais.

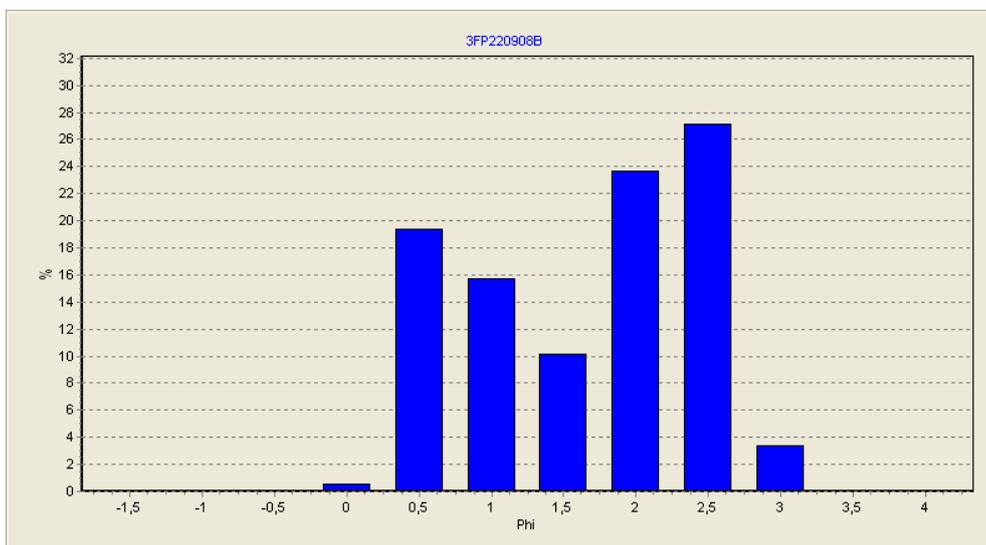


FIGURA 48: HISTOGRAMA DA AMOSTRA FACE DA PRAIA EM SETEMBRO DE 2008 NO PERFIL NEREIDAS.

Na linha d'água foi identificada a granulometria de areia grossa nos meses de setembro de 2008 e março de 2009. Em maio de 2009 foi evidenciada uma granulometria bimodal (FIGURA 49). O grau de seleção variou de moderadamente selecionado a bem selecionado.

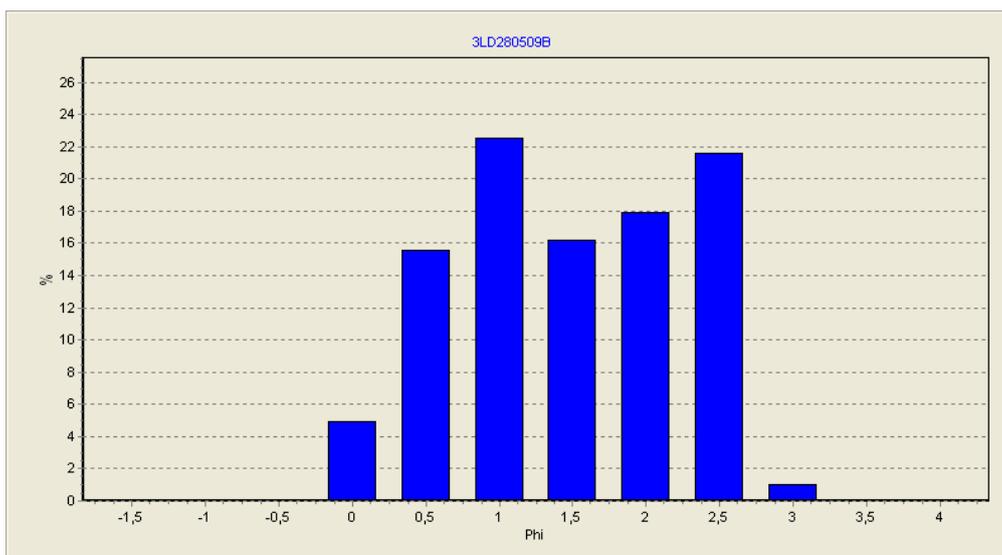


FIGURA 49: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM MAIO DE 2009.

6.2.1.4. Morro do Cristo

Os sedimentos do perfil Morro do Cristo mostraram uma predominância de areia média com alguns pontos de areia grossa. Tanto no ambiente de dunas como no pós-praia e na face da praia, as únicas amostras que resultaram em areia grossa foram na amostragem de maio de 2009. Nesses locais o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a bem selecionado.

Os sedimentos localizados na linha d'água eram compostos por areia grossa nas amostragens de fevereiro e abril de 2009, e no mês de janeiro a granulometria analisada era bimodal (FIGURA 50). Como no restante do perfil, o grau de seleção foi de moderadamente selecionado a bem selecionado.

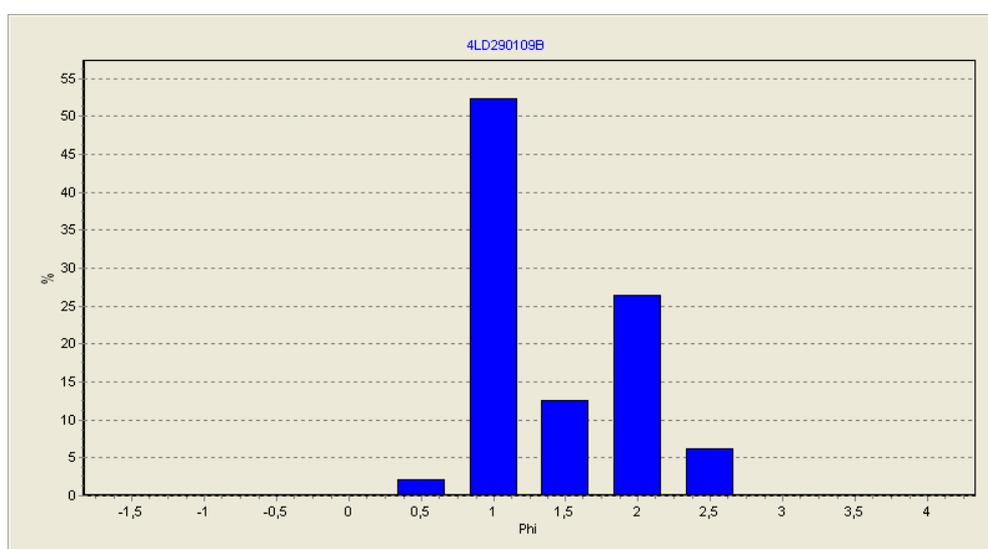


FIGURA 50: HISTOGRAMA DA AMOSTRA LINHA D'ÁGUA EM JANEIRO DE 2009 NO PERFIL MORRO DO CRISTO.

6.2.2. Matéria Orgânica, Carbonato de Cálcio e Finos

Em todas as amostras analisadas foram observados valores baixos, tanto de carbonato de cálcio como de matéria orgânica.

Na Barra do Saí, os valores de carbonato de cálcio variaram de 0,07 a 0,63%; em Coroados os valores foram de 0,13 a 1,8 %; em Nereidas os valores variaram de 0,056 a 1,9% e no perfil Morro do Cristo os valores obtidos foram de 0,46 a 2,6%.

Os teores de matéria orgânica variaram de 0,01 a 0,5% na Barra do Saí; de 0,01 a 0,2% em Coroados; de 0,03 a 0,2% em Nereidas e de 0,02 a 0,1%.

As análises que quantificaram os valores de sedimentos finos, com diâmetro médio inferior a 0,062 mm, evidenciaram valores inferiores a 5% para todas as amostras.

As tabelas contendo os dados brutos dos parâmetros sedimentológicos encontram-se nos anexos deste trabalho.

6.3. PARÂMETROS DE ONDAS

Os parâmetros de ondas, abrangendo a altura e o período, foram observados no dia de cada coleta durante as amostragens. Os dados numéricos gerados pelo modelo WAVE WATCH dos parâmetros altura significativa, período médio e direção significativa para o litoral do Paraná seguem nas figuras 51, 52 e 53, respectivamente.

6.3.1. Barra do Saí

Analisando os dados, verifica-se que as maiores alturas e o maior período das ondas ocorreram em julho de 2009, no período de inverno. As menores alturas ocorreram nos meses de março e abril de 2009 e os menores períodos foram nos meses de maio de 2008 e maio de 2009 (TABELA 5).

TABELA 5: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL BARRA DO SAÍ AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_b), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.

	Mai	Jul	Set	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Altura (H_b)	47	59	40	43,7	58,7	49,3	33	35	36,3
Período (T)	6,7	9,4	8,1	7,9	7	6,2	7,2	8,8	6,3

6.3.2. Coroados

Os dados do perfil Coroados seguem no geral padrões semelhantes aos do perfil Barra do Saí. Analisando os dados, verifica-se que as maiores alturas e o maior período ocorreram em julho de 2009, no período de inverno. As menores alturas ocorreram nos meses de abril e março de 2009 e o menor período foi em maio de 2009 (TABELA 6).

TABELA 6: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL COROADOS AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.

	Mai	Jul	Set	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Altura (H_b)	45	59	41	51	46,7	53,66	34,33	29	46,3
Período (T)	7,9	10,92	9,53	7,31	8,26	8,11	7,61	9,81	6,03

6.3.3. Nereidas

A partir desse perfil, podemos identificar um padrão um pouco diferente do encontrado nos perfis anteriores, com as alturas maiores. As maiores alturas foram nos meses de janeiro e fevereiro de 2009, com o maior período em julho de 2008. A menor altura foi em abril de 2008 e o menor período foi em maio de 2008 (TABELA 7).

TABELA 7: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL NEREIDAS AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.

	Mai	Jul	Set	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Altura (H_b)	43	52	47	54	58,3	58,33	48,66	35	55,3
Período (T)	7,50	10,20	9,7	8,23	7,26	9,80	8,13	9,01	6,80

6.3.4. Morro do Cristo

As maiores medidas, tanto de altura como de período, foram encontradas em fevereiro de 2008. Enquanto que a menor altura ocorreu em abril e o menor período em maio 2009.

TABELA 8: DADOS DE ONDAS OBSERVADOS NO PERFIL MORRO DO CRISTO AO LONGO DAS AMOSTRAGENS. A ALTURA DAS ONDAS (H_B), NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO SE ENCONTRA EM CENTÍMETROS. O PERÍODO ENCONTRA-SE EM SEGUNDOS.

	Mai	Jul	Set	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Altura (H_b)	50	66,67	60	59,66	67,66	70	43,33	36,33	50,33
Período (T)	9,4	9,22	9,10	8,44	7,73	9,74	7,95	8,63	5,27

As alturas significativas das ondas geradas pelo modelo WWATCH mostra que as maiores alturas ocorreram no período de verão, sendo a maior medida (2,0 m) ocorrida em novembro de 2008. Observa-se que no inverno as alturas são maiores se comparadas com as estações primavera e outono, que possuem as menores alturas (FIGURA 51).

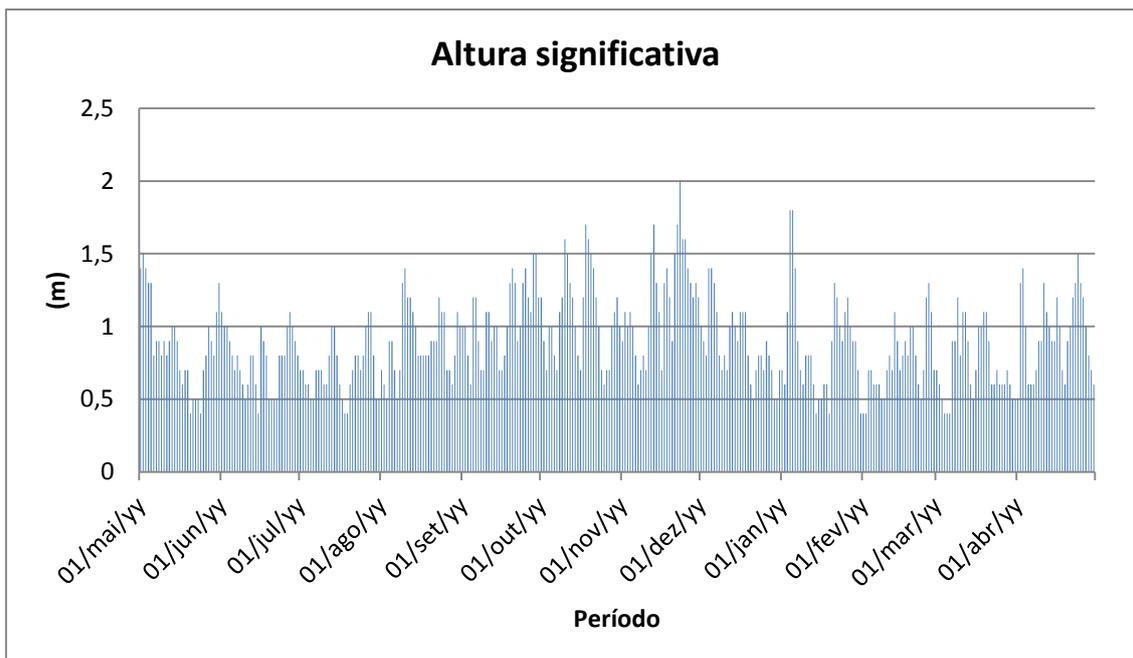


FIGURA 51: ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48° O 25° S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WAVE WATCH. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).

Os períodos médios das ondas gerados pelo modelo WWATCH mostra que os maiores períodos ocorreram no inverno e outono, sendo que a maior medida (11,5 s) ocorreu em novembro de 2008, considerado *swell*, pois, é maior que 9 s. No geral, tanto na primavera como no verão os períodos não ultrapassaram 8 s.

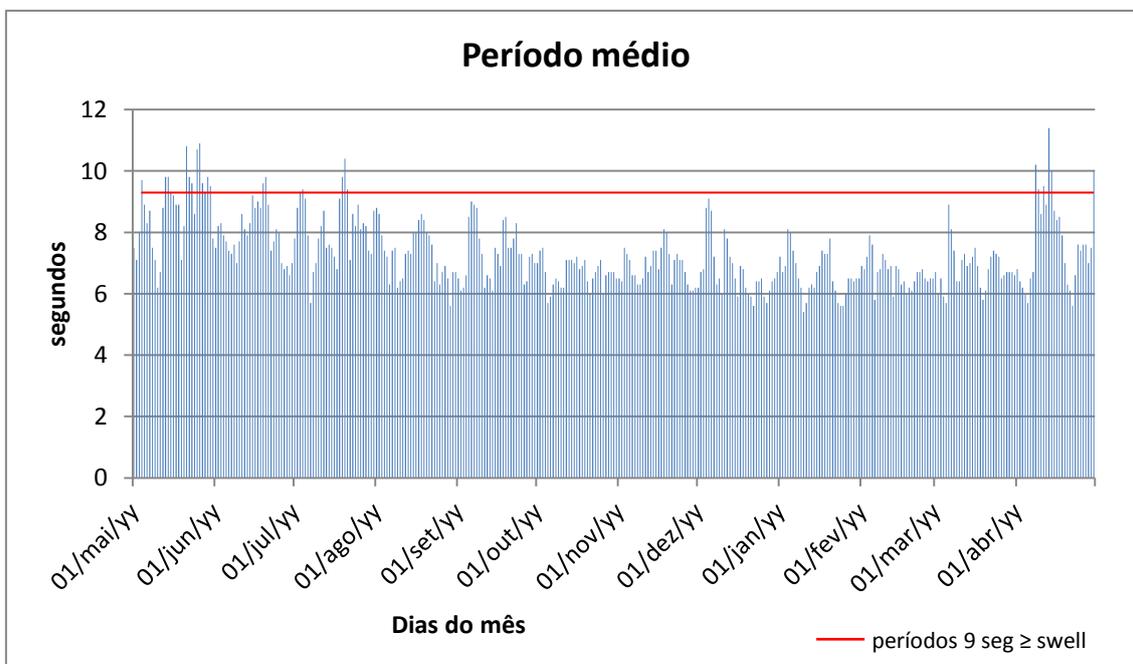


FIGURA 52: PERÍODO MÉDIO DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48° O 25° S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WAVE WATCH. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).

A direção significativa das ondas gerada pelo modelo WAVE WATCH para o litoral do Paraná mostra a predominância absoluta da direção sudeste durante todo o período analisado (FIGURA 53).

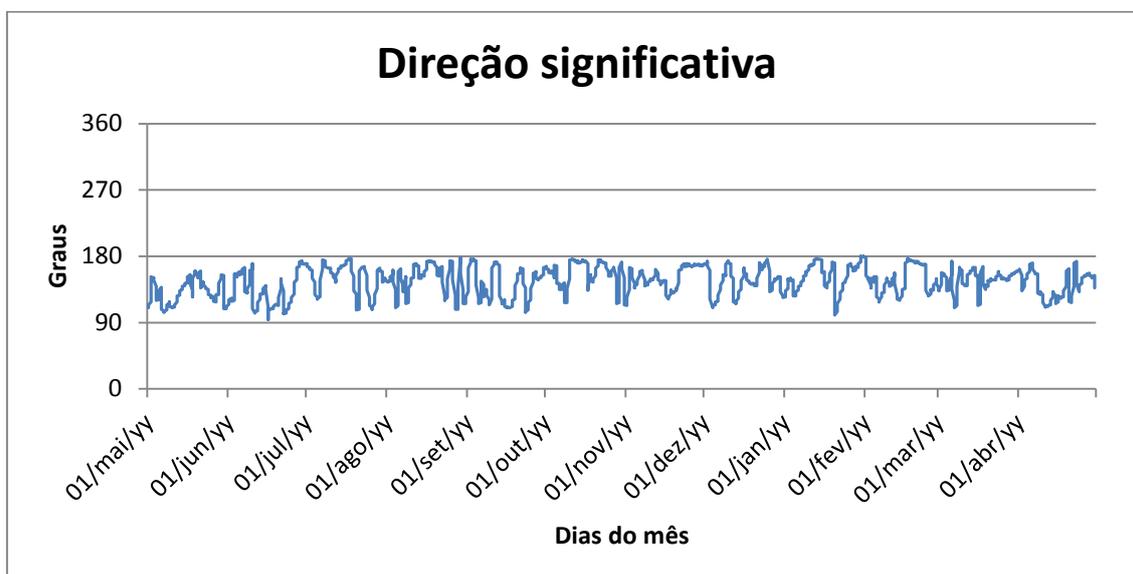


FIGURA 53: DIREÇÃO SIGNIFICATIVA DE ONDAS PARA AS COORDENADAS 48° O 25° S ENTRE MAIO DE 2008 E ABRIL DE 2009, GERADOS PELO MODELO WAVE WATCH, ONDE 0° CORRESPONDE AO NORTE E 180° AO SUL. (FONTE DOS DADOS: CPTEC/INPE).

6.4. ESTADO MORFODINÂMICO

6.4.1. Barra do Saí

Os resultados do estado morfodinâmico no perfil Barra do Saí permitem classificar o estado modal dessa praia como intermediário, tanto para o $\Omega_{\text{teórico}}$ como o Ω . O parâmetro dimensionador da zona de surfe identificou uma predominância de alta dissipação das ondas, mas com períodos de dissipação moderada (Tabela 9).

TABELA 9: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL BARRA DO SAÍ, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; ξ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.

	Ω_t	Ω	ξ
Maio	2,02	2,12	16,49
Julho	2,71	-----	28,02
Setembro	2,29	2,37	19,39
Dezembro	1,8	2,64	8,17
Janeiro	2,54	1,92	23,69
Fevereiro	2,12	2,40	22,70
Março	2,2	2,20	15,13
Abril	1,52	1,91	17,22
Maio	2,41	1,74	27,51
Média	2,16"	2,16"	14,97"

6.4.2. Coroados

Os resultados do estado morfodinâmico no perfil Coroados permite classificar essa praia como intermediário, tanto para o $\Omega_{\text{teórico}}$ como o Ω , mas com tendências refletivas. Quanto ao parâmetro dimensionador da zona de surfe, a zona de arrebatção possui dissipação moderada com períodos alta dissipação (TABELA 10).

TABELA 10: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL COROADOS, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; ξ PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.

	Ω_t	Ω	ξ
Maio	1,89	2,12	10,29
Julho	1,72	-----	6,71
Setembro	2,34	2,37	18,54
Dezembro	2,08	2,64	18,47
Janeiro	-----	1,92	-----
Fevereiro	1,82	2,40	10,37
Março	1,56	2,20	3,77
Abril	1,56	1,91	2,41
Maio	1,49	1,74	5,36
Média	1,81"	1,46"	9,49"

6.4.3. Nereidas

Os resultados do estado morfodinâmico no perfil Nereidas permite classificar o estado modal dessa praia como refletivo, tanto para o $\Omega_{\text{teórico}}$ como o Ω . O parâmetro dimensionador da zona de surfe identificou uma predominância de dissipação moderada das ondas (TABELA 11).

TABELA 11: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL NEREIDAS, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; ξ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE.

	Ω_t	Ω	ξ
Maio	1,69	1,73	6,66
Julho	1,86	-----	8,91
Setembro	2,11	BIMODAL	12,1
Dezembro	2,91	1,32	17,41
Janeiro	1,72	1,04	10,04
Fevereiro	1,5	1,13	4,24
Março	1,30	1,13	2,46
Abril	1,63	0,74	3,89
Maio	1,32	1,72	3,96
Média	1,78"	1,26"	7,74"

6.4.4. Morro do Cristo

Os resultados do estado morfodinâmico no perfil Morro do Cristo foram similares aos encontrados no perfil Nereidas, permitindo classificar o estado modal dessa praia como refletiva, tanto para o $\Omega_{\text{teórico}}$ como o Ω . O parâmetro da zona de surfe identificou uma predominância de dissipação moderada, com períodos de reflexão das ondas principalmente durante o verão (TABELA 12).

TABELA 12: VALORES CALCULADOS PARA OS ÍNDICES MORFODINÂMICOS NO PERFIL MORRO DO CRISTO, AO LONGO DE UM ANO. Ω_T : ÔMEGA TEÓRICO; Ω : PARÂMETRO ADIMENSIONAL DE DEAN; ξ : PARÂMETRO DIMENSIONADOR DA ZONA DE SURFE

	Ω_t	Ω	ξ
Maio	1,59	1,61	4,88
Julho	1,39	-----	3,81
Setembro	1,94	1,99	13,18
Dezembro	3,91	2,13	2,36
Janeiro	1,45	1,66	5,56
Fevereiro	0,78	1,36	0,36
Março	1,24	0,71	1,82
Abril	1,18	0,8	1,14
Maio	1,48	1,24	6,46
Média	1,66"	1,43"	4,40"

6.5. VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA SEDIMENTAR

Analisando as variações volumétricas sedimentares como um todo, para os quatro perfis observa-se que o saldo final foi positivo para os dois primeiros e negativo para os dois últimos. Os dois perfis centrais do arco praias da praia de Brejatuba, Coroados e Nereidas apresentaram uma predominância de perda de sedimento no Inverno e Outono e ganho no Verão e Primavera. Nos perfis das extremidades os padrões ocorreram de forma diferente (TABELA 13).

Os resultados da variação volumétrica para o perfil Barra do Saí, considerando todo o período monitorado, indicou um saldo positivo, um ganho de sedimento de 43,62 m³/m. Para esse perfil, as principais perdas ocorreram de dezembro a janeiro, mas entre os meses de abril e maio essa perda foi superada.

No perfil Coroados, considerando todo o monitoramento, foi encontrado um saldo positivo, um ganho de 37,75 m³/m. Os principais déficits de sedimento ocorreram no Inverno e Outono. No Verão o perfil começou a ganhar sedimento, que se manteve durante a Primavera.

Em Nereidas, considerando todo o monitoramento, foi encontrado um saldo negativo, com a retirada de 0,62 m³/m de sedimento, deixando o perfil relativamente em equilíbrio. Embora os meses em que a saída de sedimento tenha sido predominante, nos meses em que o saldo foi positivo, a entrada por m³ foi maior, estabilizando o perfil.

No perfil Morro do Cristo foi encontrado um saldo negativo, uma retirada de 29,45 m³/m de sedimento. Embora os meses em que a entrada de sedimento tenha sido predominante, nos meses em que o saldo foi negativo, a saída foi maior. Esse padrão é contrário ao do perfil anterior.

TABELA 13: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS POR METRO LINEAR DE PRAIA PARA OS PERFIS BARRA DO SAÍ, COROADOS, NEREIDAS E MORRO DO CRISTO, AO LONGO DAS AMOSTRAGENS NO PERÍODO DE UM ANO (MAIO/2008 A MAIO/2009). * NÃO HOUVE COLETAS NO MÊS DE JANEIRO DE 2009. ESSE VALOR É DA DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES DOS MESES DE DEZEMBRO/2008 E FEVEREIRO/2009.

	Mai/ Jul	Jul/ Set	Set/ Dez	Dez/ Jan	Jan/ Fev	Fev/ Mar	Mar/ Abr	Abr/ Mai	Mai 08/ Mai 09
Barra do Saí	13,37	-11,90	-15,14	-23,70	6,3	12,56	11,51	50,62	43,62
Coroados	7,65	-9,56	-13,41	6,99*		16,15	-1,70	31,62	37,75
Nereidas	8,53	-9,81	-11,60	29,27	-13,85	-11,08	22,67	-14,74	-0,62
Morro do Cristo	-33,86	11,93	7,85	25,55	-4,58	13,81	20,85	-13,53	-29,45

6.6. INCIDÊNCIA DE RESSACAS E VENTOS

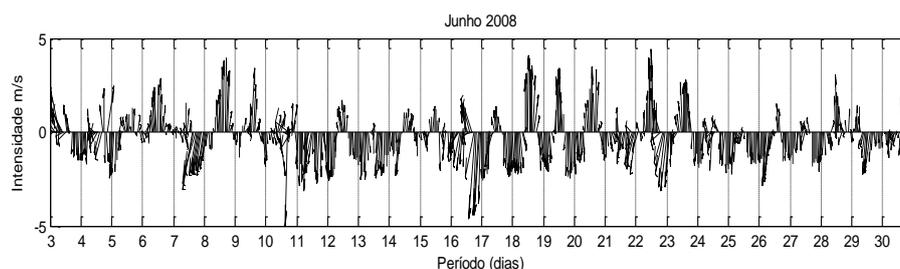
Como a região costeira é caracterizada por interações da tríplice terra-ar-mar, a alteração em um dos sistemas pode gerar processos em cadeia nos outros. Assim, processos atmosféricos como a passagem de sistemas frontais, aumento na intensidade dos ventos e precipitação, podem influenciar significativamente os processos dinâmicos que ocorrem na zona costeira. Em sua maioria, as principais modificações naturais da linha de costa estão diretamente ligadas aos eventos de curta duração e alta energia. No entanto, os efeitos físicos resultantes desses sistemas dependem de sua magnitude e trajetória, podendo ou não acarretar em agitações marítimas (BRAUKO, 2008). Logo, não necessariamente a ocorrência de uma passagem de um sistema frontal gerará uma agitação marítima capaz de alterar a morfodinâmica da costa. Neste trabalho a agitação marítima foi monitorada através dos avisos de ressacas para o litoral paranaense.

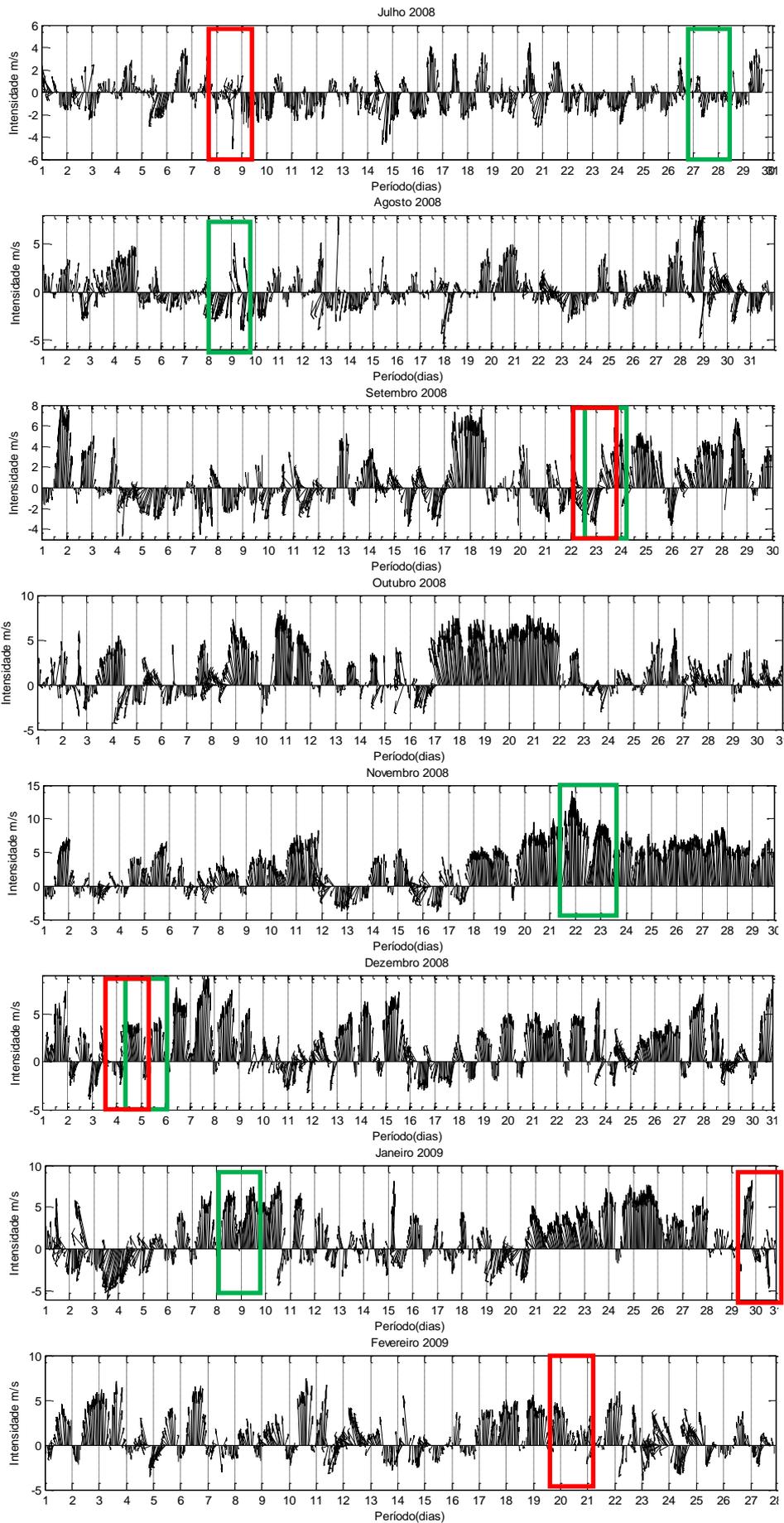
Durante o período amostrado, foram registrados alguns episódios de ressaca no litoral. Os meses em que foi registrada a maior ocorrência de ressacas no litoral do Paraná pela Marinha do Brasil foram maio e agosto de 2008 e janeiro, abril e maio de 2009 (TABELA 14).

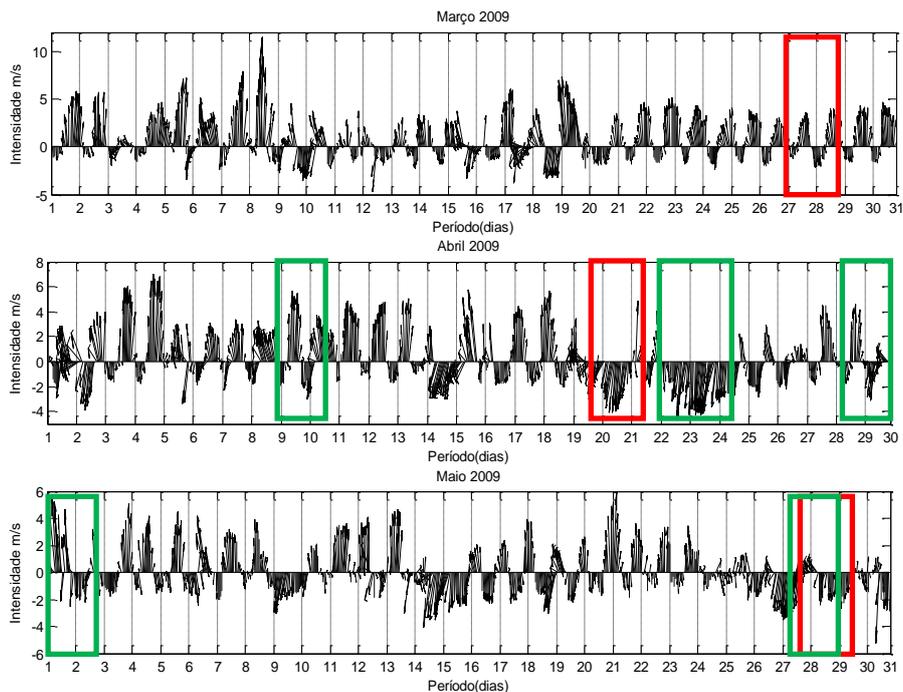
TABELA 1415: OCORRÊNCIA DE RESSACAS, DIREÇÃO E ALTURA DAS ONDAS NA ÁREA CHARLIE ENTRE OS MESES MAIO/2008 E MAIO/2009. (FONTE: MARINHA DO BRASIL).

Incidência de Ressacas		
Data	Direção da ondas	Altura das ondas (m)
04/05/2008	SW/S	2,5
06/05/2008	SW/S	2,5
25/05/2008	SW/S	2,5
27/07/2008	SW/S	2,5
08/08/2008	S/SE	2,5 - 3,0
09/08/2008	SE	2,5
23/09/2008	S/SE	2,5 - 3,0
22/11/2008	SE/E	2,5 - 3,0
03/12/2008	S/SE	2,5 - 3,5
11/01/2009	S/SE	2,5 - 3,5
12/01/2009	S/SW	2,5 - 3,0
10/04/2009	S/SE	2,5 - 3,5
23/04/2009	E/SE	2,5 - 3,5
30/04/2009	S/SE	2,5 - 3,0
02/05/2009	S/SE	2,5 - 3,0
28/05/2009	SE	2,5 - 3,0

Relacionando os avisos de ressacas com dados de intensidade e direção dos ventos para as mesmas datas pode-se observar que parte dos eventos de ressaca ocorreram nos períodos de alta intensidade de ventos. Em especial para os meses mais quentes, novembro e dezembro de 2008 e janeiro de 2009 (FIGURA 54).

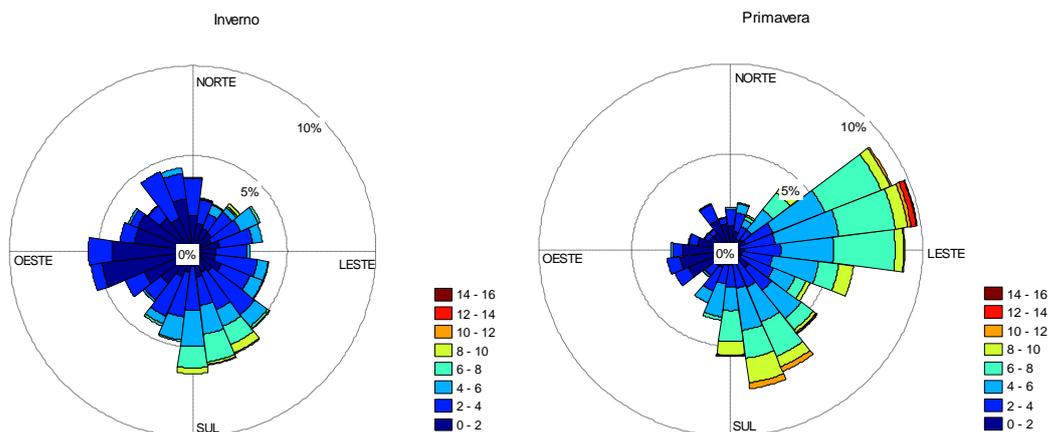






— INDICA AS DATAS DAS AMOSTRAGENS, — INDICA OS AVISOS DE RESSACAS
FIGURA 54: GRÁFICOS STICKPLOT DE DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS COM PERIODICIDADE MENSAL, DE JUNHO DE 2008 A MAIO DE 2009. (FONTE DOS DADOS: CENTRO DE ESTUDOS DO MAR).

Os gráficos de ventos com periodicidade sazonal mostram as maiores intensidades na Primavera e no Verão, com direção predominante de nordeste (NE) e sudeste (SE). Já nos meses de Inverno e Outono, verifica-se intensidades menores e inversão nas direções predominantes (FIGURA 55).



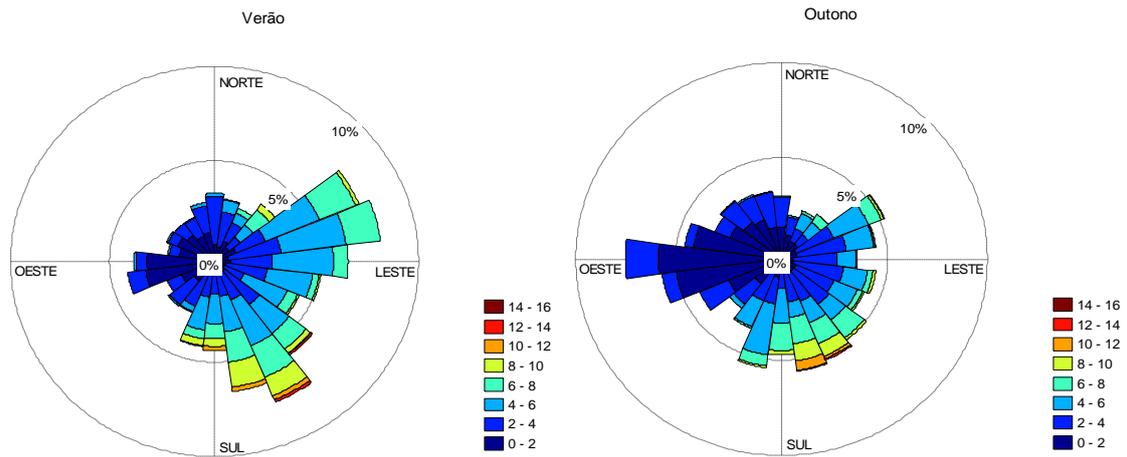


FIGURA 55: GRÁFICOS WINDROSE COM PERÍODOCIDADE SAZONAL, INICIADO EM JUNHO DE 2008 A MAIO DE 2009. (FONTE DOS DADOS: CENTRO DE ESTUDOS DO MAR).

7. DISCUSSÃO

7.1. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS E VOLUMÉTRICAS

A berma encontrada na amostragem de julho de 2008 foi uma das principais feições encontradas neste perfil durante todo o levantamento. A variação volumétrica de maio/julho de 2008 identificou um ganho de sedimento de $13,37 \text{ m}^3/\text{m}$, provavelmente por conta desta feição, uma vez que não houve outras alterações significativas na data. De dezembro de 2008 para janeiro de 2009 foi encontrado o maior déficit de sedimento no perfil. Na morfologia, verifica-se um rebaixamento do ambiente pós-praia e face da praia, chegando a formar terraços de maré.

Outra variação significativa ocorreu de abril para maio de 2009, com um saldo positivo de $50,62 \text{ m}^3/\text{m}$ de entrada de sedimento no perfil. Em decorrência observou-se um aumento da declividade, bem como em toda a morfologia da praia.

Nas demais campanhas, as variações morfológicas do perfil Barra do Saí mostraram-se relativamente estáveis, com padrões de erosão e reconstrução principalmente no ambiente pós-praia. As variações volumétricas sedimentares também se mostraram estáveis (FIGURA 56)

De modo geral, o perfil Coroados apresentou características semelhantes às encontradas no perfil Barra do Saí no que diz respeito à morfologia e variações volumétricas sedimentares.

A maior perda de sedimento deste perfil ocorreu de setembro para dezembro de 2008. Neste período é possível identificar um rebaixamento na face praial.

Embora as variações volumétricas não tenham sido significativas, em fevereiro de 2009 a morfologia das dunas variou, aumentando seu tamanho consideravelmente.

A variação mais significativa ocorreu de abril para maio de 2009, com um saldo positivo de $31,63 \text{ m}^3/\text{m}$ de entrada de sedimento no perfil. Em decorrência observou-se uma berma bem marcada no pós-praia, um aumento na declividade e em toda a topografia da morfologia local.

As maiores variações volumétricas positivas encontradas no perfil Nereidas ocorreram de dezembro de 2008 a janeiro de 2009 ($29,27 \text{ m}^3/\text{m}$) e de março a abril de 2009 ($22,67 \text{ m}^3/\text{m}$). Em janeiro verificou-se um acúmulo de sedimento por todo o perfil, mas principalmente nas dunas e início do pós-praia. Em abril o acúmulo ocorreu no pós-praia e na face da praia, aumentando a declividade do perfil.

De modo geral, o perfil Nereidas foi o que se mostrou mais estável, em relação aos outros. As variações anuais morfológicas e as volumétricas foram as menores encontradas, com apenas $-0,62 \text{ m}^3/\text{m}$ de maio de 2008 a maio de 2009 (FIGURA 56).

No perfil Morro do Cristo, analisando os períodos de maiores variações, identificamos uma perda de sedimento de maio a julho de 2008 ($-33,86 \text{ m}^3/\text{m}$) e um ganho nos meses de dezembro de 2008 a janeiro de 2009 ($25,55 \text{ m}^3/\text{m}$).

Em julho foi verificado um rebaixamento significativo do perfil praial, alterando a inclinação da face da praia. No perfil de dezembro foi identificada uma falésia no início do pós-praia, comparando com a morfologia de janeiro verificamos que acúmulo de sedimento foi suficiente para dissipar a feição e alterar a inclinação do perfil. Em fevereiro não houve grande variação sedimentar no volume, mas ocorreu rearranjo no perfil deixando a face da praia completamente alterada e com uma alta declividade.

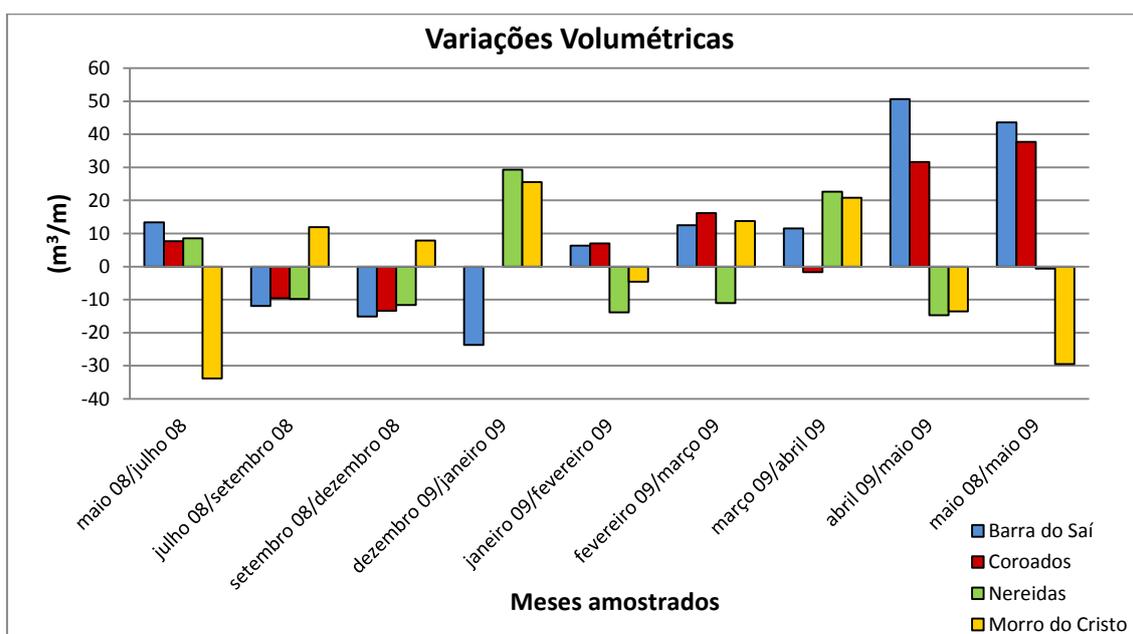


FIGURA 56: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS SEDIMENTARES PARA OS PERFIS BARRA DO SAÍ, COROADOS, NEREIDAS E MORRO DO CRISTO. COMO NÃO HOUVE AMOSTRAGEM NO MÊS DE JANEIRO DE 2009 NO PERFIL COROADOS, OS VALORES APRESENTADOS

NO PERÍODO JANEIRO/FEVEREIRO DE 2009 REPRESENTAM A VARIAÇÃO DE DEZEMBRO/2008 A FEVEREIRO/2009.

7.2. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS, GRANULOMÉTRICAS, CLIMA DE ONDAS E PARÂMETROS MORFODINÂMICOS

Não houve variações granulométricas significativas no perfil Barra do Saí, de modo geral as dunas eram formadas de areia fina, e o pós-praia, face praial e linha d'água eram compostas de areia media. Os valores médios dos parâmetros ômega teórico (Ω_t) e do parâmetro adimensional (Ω) foram exatamente iguais, (Tabela 15), com classificação intermediária, não havendo variações para esses parâmetros. O valor médio do parâmetro dimensionador da zona de surfe foi 14,97, identificando uma zona de arrebentação com dissipação moderada.

No mês de julho, mesmo quando os parâmetros de onda obtiveram a maior altura e o maior período, a presença bem marcada da berma na morfologia do perfil Barra do Saí, interferiu para que o parâmetro dimensionador da zona de surfe caracterizasse uma alta dissipação das ondas (28,02).

Em maio de 2009, quando a altura e período das ondas foram dentre as menores, 36,3 cm e 6,3 seg. respectivamente, mas a morfologia apresentava uma alta declividade na face praial, o parâmetro dimensionador da zona de surfe também revelou alta dissipação (27,51).

Não houve variações granulométricas significativas no perfil Coroados, de modo geral todo o perfil é composto de areia media. Os valores médios dos parâmetros ômega teórico (Ω_t) e do parâmetro adimensional (Ω) foram próximos, (Tabela15), com classificação intermediária tendendo ao estado refletivo. O valor médio do parâmetro dimensionador da zona de surfe foi 9,49, identificando uma zona de arrebentação com dissipação moderada.

Em março e abril de 2009, quando as alturas foram as menores encontradas (34,3 e 29 cm) e a morfologia apresentava uma alta declividade na face praial com uma berma nesse ambiente, o parâmetro dimensionador da

zona de surfe também mostrou os menores valores, com dissipação moderada tendendo a dissipação refletiva (3,77 e 2,41, respectivamente).

Não houve variações granulométricas significativas no perfil Nereidas, de modo geral todo o perfil é composto de areia média. O valor médio do parâmetro ômega teórico (Ω_t) indica uma classificação intermediária com tendências refletivas, enquanto que o valor médio do parâmetro adimensional (Ω) mostra uma classificação modal refletiva (Tabela 15).

O valor médio do parâmetro dimensionador da zona de surfe foi 7,74, identificando uma zona de arrebentação com dissipação moderada nos meses de inverno, primavera e verão. De fevereiro a março de 2009 a zona de arrebentação mostrou uma dissipação moderada com tendências refletivas.

A morfologia do perfil Nereidas manteve-se estável, mas nos meses em que a zona de arrebentação mostrava tendências refletivas, esse perfil mostrava uma declividade alta e com uma berma incipiente no ambiente pós-praia.

Não houve variações granulométricas significativas no perfil Morro do Cristo, de modo geral todo o perfil é composto de areia média, com areia grossa na linha d'água em algumas campanhas. O valor médio do parâmetro ômega teórico (Ω_t) indica uma classificação intermediária com tendências refletivas, próximo do valor médio do parâmetro adimensional (Ω) que indica uma classificação modal refletiva (Tabela 15).

O valor médio do parâmetro dimensionador da zona de surfe foi 4,40, identificando uma zona de arrebentação com dissipação moderada, mas dissipação refletiva foi encontrada em vários meses dos períodos analisados.

TABELA 15: TABELA COM OS VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS, ONDAS E MORFODINÂMICOS

	Granulometria	Clima de ondas		Parâmetros Morfodinâmicos		
		Hb	T	$\Omega_{teórico}$	Ω	ϵ
Barra do Saí	Areia média	44,67	7,53	2,16	2,16	14,97
Coroados	Areia média	45,11	8,38	1,81	1,46	9,49
Nereidas	Areia média	49,18	8,28	1,78	1,26	7,74
Morro do Cristo	Areia média	56,00	8,39	1,66	1,43	4,40

7.3. RELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS, VOLUMÉTRICAS DOS PERFIS E AGITAÇÃO MARÍTIMA

Ao analisar os intervalos entre cada levantamento, nota-se que em apenas dois levantamentos não houve a ocorrência de agitação marítima acentuada, com confirmação dos avisos de ressaca.

Nestes períodos, de 19/02/2009 a 26/03/2009 e 26/03/2009 a 19/04/2009, houve apenas entrada de sedimento nos perfis Barra do Saí (12,56 e 11,51 m³/m), com um aumento da declividade em março, e Morro do Cristo (13,81 e 20,85 m³/m) com presença de falésia em fevereiro e berma em março. Nos mesmos perfis nessas datas, as alturas mostraram-se relativamente baixas, comparadas com campanhas anteriores, (33 e 43,33 cm, respectivamente).

O perfil Coroados apresentou um ganho de sedimento entre as amostragens 19/02/2009 a 26/03/2009 (16,15 m³/m) com um aumento significativo das dunas e um déficit entre 26/03/2009 a 19/04/2009 (-1,70). Nas amostragens os valores dos parâmetros de ondas estavam acima de média em fevereiro (53,66 cm e 8,11 seg.) e abaixo da média em março (34,33 cm e 7,61 seg.).

O perfil Nereidas apresentou um déficit de sedimento entre as amostragens 19/02/2009 a 26/03/2009 (-11,08 m³/m) e um ganho significativo entre 26/03/2009 a 19/04/2009 (22,67 m³/m). Nas duas amostragens os valores dos parâmetros de ondas estavam na média (março) e um pouco acima da média (fevereiro).

Analisando os intervalos em que foram observadas ocorrência de agitação marítima, deve-se considerar o intervalo de tempo das amostragens e a incidência dos fenômenos. Após a passagem dos sistemas é comum que os ambientes praias tendam a rearranjar a sua morfologia, assim as variações encontradas nos perfis só serão atribuídas aos avisos de ressacas se os mesmos tiverem ocorrido um pouco antes das coletas. Assim, as variações morfológicas que podem ser atribuídas à incidência de ressacas serão as amostragens entre 22/09/2008 a 03/12/2008 e 26/03/2009 a 19/04/2009.

Os perfis Barra do Saí, Coroados e Nereidas apresentaram um déficit de sedimento entre as amostragens de setembro e dezembro de 2008, com $-15,14 \text{ m}^3/\text{m}$, $-13,41 \text{ m}^3/\text{m}$ e $-11,60 \text{ m}^3/\text{m}$, respectivamente.

Apenas o perfil Morro do Cristo apresentou um acréscimo no volume ($7,85 \text{ m}^3/\text{m}$). Isso pode ter ocorrido por conta da sua localização. Possivelmente, correntes de deriva litorâneas que transportavam os sedimentos erodidos dos outros perfis carregaram parte para este local.

No final de novembro de 2008 houve um evento importante que foi a ocorrência de chuvas persistentes no leste de Santa Catarina e Paraná, as quais causaram grandes perdas humanas e materiais. Esta situação teve início com o posicionamento e a forte intensidade do sistema de alta pressão semi-estacionário do Atlântico Sul, por vários dias, próximo à costa sul brasileira (CPTEC/INPE).

Na amostragem do mês de abril houve um acréscimo de sedimento nos perfis Barra do Saí ($11,51 \text{ m}^3/\text{m}$), Nereidas ($22,67 \text{ m}^3/\text{m}$) e Morro do Cristo ($20,85 \text{ m}^3/\text{m}$), sendo que neste último foi a maior variação positiva na escala anual deste estudo. No perfil Coroados a variação foi negativa, mas com apenas $-1,70 \text{ m}^3$ de saída de sedimento. Segundo o modelo WWATCH em abril (12/04/2009) foi encontrado o maior período significativo das ondas de todo o ano analisado (11,5 seg), sendo caracterizado como *swell*. No mesmo período a Marinha do Brasil emitiu avisos e confirmação de ressacas (10/04/2009).

De modo geral, a passagem do sistema frontal em dezembro de 2008 resultou em padrões erosivos na morfologia da praia de Brejatuba. Em contrapartida, a agitação marítima acentuada, seguida de um *swell* em abril de 2009 resultou em um saldo positivo na morfologia dos perfis.

Ressaltamos que houve a incidência de ressacas um dia após as amostragens do mês de setembro de 2008 e no dia das coletas do mês de maio de 2009, mas as variações na morfologia dos perfis não foram atribuídas a elas.

7.4. OUTROS RESULTADOS PARA A PRAIA BREJATUBA E REGIÃO.

O diâmetro médio predominante nos sedimentos da praia de Brejatuba foi de areia média apresentando tendência de engrossamento da granulometria das dunas para a linha d'água e também para norte.

O mesmo padrão de distribuição foi observado por BESSA Jr. (2003), mas com diferenças granulométricas, já que o autor encontrou uma predominância de areia fina. O autor sugere que o engrossamento da granulometria e pior seleção para norte, na praia de Brejatuba indicariam uma tendência da deriva litorânea para sul. Isto poderia indicar que no período das coletas houve um incremento das ondas incidentes de nordeste ou leste, mas seria necessário um maior detalhamento sobre os estudos sedimentológicos destas praias, já que este resultado contraria as evidências geomorfológicas, como a foz de canais e rios, que indicam deriva litorânea para norte.

ANGULO & ARAÚJO (1996) afirmam que a praia de Brejatuba é constituída de areia média a muito fina, é predominantemente dissipativa e de dinâmica dominada por ondas e correntes de deriva litorânea, com processos de erosão e sedimentação sazonais.

BARROS (1997) verificou que em Nereidas a granulometria era composta principalmente por areia fina com um deslocamento da moda para frações mais grosseiras em zonas de transição entre as partes aéreas e submersas.

O volume da praia Brejatuba apresentou equilíbrio na variação volumétrica sedimentar total entre os perfis levantados, mesmo com as grandes variações encontradas na Barra do Saí e Coroados, com saldo positivo, e no Morro do Cristo com saldo negativo, e sempre apresentou períodos alternados de construção e reconstrução da morfologia praial.

BESSA Jr. (2003) encontrou resultados semelhantes em amostragens feitas de 1999 a 2001, quando disse que de uma forma geral as variações da linha de costa também não foram significativas. No mesmo estudo, utilizando técnicas de fotointerpretação no período de 1954 a 1980, foi encontrado períodos de deposição, mas com uma intensa erosão em Brejatuba 3, correspondente ao perfil Coroados, entre os anos de 1969 e 1980.

De uma forma geral, as variações da linha de costa em todos de perfis não foram significativas. A praia de Brejatuba tem mobilidade baixa e apresenta-se bastante estável quando comparada à praia de Itapoá (SC), onde houve recuos de mais de 20 m entre os anos de 1996 a 1998. No período de levantamento as variações de linha de costa apresentaram recuo entre 1,20 e 13,65 m, com média de 7,20 m. As praias se apresentaram mais refletivas, com

baixa energia de ondas no inverno e mais dissipativas, com alta energia de ondas no verão (SOUZA, 1999).

Na morfologia, BESSA Jr. (2003) diz que as praias de Brejatuba apresentaram dunas frontais preservadas como cordões dunares; as bermas estiveram presentes em todos os perfis e em quase todos os períodos levantados e em algumas campanhas também foram constatadas cúspides com tamanho médio de 20 m em toda praia. E que as alterações na morfologia e na altura nas áreas próximas a desembocadura do rio Saí-Guaçu foram maiores.

ANGULO (1993 a) verificou a existência de cordões de baixa altura na região da Barra do Saí, com perfil convexo e largura em torno de 10 m. Fez uma ressalva quanto a erosões parciais causadas por ondas de tempestade em dunas frontais incipientes, resultando em declives acentuados na face voltada para o mar.

Neste estudo também foram verificadas a presença das dunas em todas as campanhas por todos os perfis. As bermas também tiveram presença ativa alternando períodos de construção e reconstrução, principalmente no perfil Morro do Cristo, que apresentou as maiores alterações na morfologia.

Apesar de não ter classificado efetivamente o estado morfodinâmico, BESSA Jr. (2003) sugere uma classificação intermediária a dissipativa para a praia de Brejatuba. Ressaltando que em algumas campanhas verificou-se um estado refletivo no extremo norte da praia, com areia média a grossa, presença de bermas salientes, alto declive e barras próximas à praia.

Em Nereidas, BARROS (1997) identificou valores do parâmetro adimensional ($\Omega = 4$) e parâmetro dimensionador da zona de surfe ($\varepsilon = 31,5$), caracterizando a praia em estágio intermediário com alta dissipação de energia na zona de arrebentação. Guaratuba possuiu classificação intermediária com alta dissipação das ondas. As praias Mansa e Real, em Matinhos, possuíram ambas classificação refletiva, a primeira com zona de arrebentação refletiva e a segunda com alta dissipação das ondas.

SOUZA (1999), utilizando o parâmetro $\Omega_{\text{teórico}}$, proposto por KLEIN (1997) para determinar o estado morfodinâmico, verificou que praias de Itapoá (SC) se apresentaram mais refletivas e com baixa energia de ondas no inverno e mais dissipativas, com alta energia de ondas no verão. Notou também que

houve divergência entre a classificação morfodinâmica e os resultados da morfologia, e que as características das ondas observadas durante os levantamentos não foram as mesmas que modelaram as praias.

SOARES *et al* (1997) classificaram o estado morfodinâmico da praia Atami a partir de observações visuais de altura e período de ondas, do parâmetro adimensional (Ω) e do parâmetro dimensionador da zona de surfe (ϵ). Os valores médios de Ω foram 7,34, classificando a praia como dissipativa, apesar de apresentar estados intermediários em alguns meses. O valor médio de ϵ foi 228, mostrando uma arrebentação com alta dissipação das ondas.

GOBBI (1997) calculou o estado morfodinâmico de seis praias paranaenses utilizando parâmetro adimensional (Ω), o parâmetro dimensionador da zona de surfe (ϵ) e o número de Iribarren (Σb). A praia de Brejatuba foi classificada como dissipativa ($\Omega = 8,03$), o parâmetro dimensionador da zona de surfe ($\epsilon = 38,5$) mostrou uma alta dissipação de energia na zona de arrebentação e o número de Σb (0,29) a classificou como intermediária. As demais praias, Albatroz, Praia de Leste, Shangrilá e Atami foram classificadas como dissipativas com alta dissipação da energia das ondas, somente a praia Brava de Caiobá foi classificada como intermediária.

BESSA Jr. (2003) identificou quatro setores com alta vulnerabilidade na praia de Brejatuba, resultante de uma ocupação inadequada. O setor A encontra-se adjacente e ao sul do Morro do Cristo, tendo 302m de extensão. O setor B tem 508m de extensão e encontra-se entre as ruas Catarina Benett e Nicolau Melatonio. O setor C tem extensão de 224m e está situado entre as ruas Manoel Cândido Pereira e Demétrio Elias Djazi. O setor D está situado bem no centro desta praia, entre as ruas Cornélio Kloster e Havaí, com extensão de 646m.

Analisando as conseqüências da ocupação inadequada em praias paranaenses, ANGULO (1993c) verificou que, entre 1966 e 1977, já ocorriam construções próximas da praia na Barra do Rio Saí-Guaçú. Em alguns pontos as dunas chegaram a ser removidas para aterrizar áreas baixas, como lagunas e mangues.

8. CONCLUSÕES & CONSIDERAÇÕES FINAIS

O recuo da linha de costa é um processo natural que ocorre devido à forçantes hidrodinâmicas, principalmente quando intensificada por agentes atmosféricos, podendo ser acelerado pelas atividades humanas próximas a linha de costa. Programas de monitoramento e análises de risco são fundamentais, sendo ideais na prevenção de possíveis problemas.

O acompanhamento das variações morfológicas e volumétricas dos perfis praias seve como uma das ferramentas no gerenciamento urbano e desenvolvimento sustentável da zona costeira.

Na praia de Brejatuba, apesar dos perfis estarem localizados no mesmo arco praias, eles mostraram características distintas entre si. O perfil Barra do Saí e o Coroados obtiveram um saldo positivo na variação volumétrica sedimentar, na escala anual deste estudo. Os outros dois, os perfis Nereidas e Morro do Cristo apresentaram perda de sedimento. De maneira geral, os maiores ganhos de sedimento na morfologia da praia foram nos perfis mais próximos a desembocadura do Rio Saí-Guaçu, diminuindo gradativamente à medida que se afastavam da desembocadura, até que o saldo fosse negativo na outra extremidade. Apesar do número de amostragens não ser muito alto, sugere-se que na praia de Brejatuba ocorram períodos alternados de erosão e reconstrução da morfologia.

Os perfis evidenciaram que os sedimentos são constituídos por uma granulometria mais fina nas dunas, com tendência de aumento em direção a linha d'água e no sentido de Sul para Norte. Assim, a Barra do Saí possui uma granulometria mais fina em comparação com a do Morro do Cristo.

As maiores alturas de ondas ocorreram na Primavera e no Verão, mas os períodos mais longos ocorreram nos meses de Outono e Inverno.

Os parâmetros morfodinâmicos (Ω_t e Ω) classificaram a praia de Brejatuba como intermediária com tendências refletivas em alguns pontos e/ou em função das variáveis hidrodinâmicas. O parâmetro escalar de surfe (ϵ) mostrou um padrão que vai de alta dissipação a dissipação moderada da energia de ondas na zona de arrebentação. Esses parâmetros usados de forma conjunta podem facilitar na caracterização física das praias.

É importante salientar que, apesar das similitudes de algumas características entre as praias monitoradas, alguns gradientes e respostas diferentes foram observados. Assim, considerando que o mesmo tipo de forçantes afeta as quatro praias de maneira equivalente, as diferenças observadas podem ser associadas a dois fatores:

- O campo de ondas, que é o mesmo para toda a região antes da profundidade de águas rasas $L/2$ (L = comprimento da onda), atua de forma diferente em locais que estão relativamente próximos: por tanto, o efeito local da refração das ondas é extremamente importante quando analisados os processos morfodiâmicos numa praia em particular.
- O gradiente na granulometria do sedimento no perfil praiial assim como o gradiente no balanço de sedimentos para cada praia estudada, sugerem que a presença do Rio Saí-Guaçú influencia a morfodinâmica.

A linha de costa da praia de Brejatuba mostrou estabilidade quanto a sua mobilidade entre 1999 e 2001 (BESSA Jr., 2003), e o mesmo foi verificado na escala deste estudo.

Para estudos futuros na mesma região recomenda-se um maior número de perfis localizados a distâncias mais curtas entre si, possibilitando um maior detalhamento das características do local; e um intervalo de tempo menor entre as amostragens. Também, considerando as evidências de que o campo local de ondas é muito relevante em função dos processos de interação com o fundo (refração, arrebentação, etc.), fica claro que a dinâmica das ondas deve ser melhor descrita, com dados observados com instrumentos mais apropriados instalados na frente dos perfis, assim como coletas batimétricas detalhadas para estudos de refração de ondas.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.H.G.M. & MELO, E. (1999). **On the measurement of directional wave spectra at the Southern Brazilian Coast.** *Applied Ocean Reserch.* Holanda. v.21. p. 295-309.

ANGELOTTI, R. 2004. **Segurança dos usuários de praia e riscos associados ao banho de mar em Pontal do Paraná – PR.** (*Monografia do curso de Oceanografia*) – Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná. 88 p.

ANGULO, R.J. 1992. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná.** (*Tese de Doutorado – Instituto de Geociências*) Universidade de São Paulo. São Paulo. 334 p.

ANGULO, R.J. 1993a. **Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas.** *Boletim Paranaense de Geociências.* Curitiba. v.41. 52-72. Editora UFPR.

ANGULO, R.J. 1993b. **A ocupação urbana no litoral paranaense e as variações da linha de costa.** *Boletim Paranaense de Geociências.* Curitiba. v.41. p. 73-81. Editora UFPR.

ANGULO, R.J. 1993c. **Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná.** *Revista Brasileira de Geociência.* Curitiba. v.23(1). p.68-80.

ANGULO, R.J. 1996. **Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas.** *Boletim Paranaense de Geociências.* Curitiba. v. 44 . p. 51-57. Editora da UFPR.

ANGULO, R.J. & ANDRADE, J.J. 1982. **Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba, PR.** *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* Brasília. *Anais.*

ANGULO, R.J. & ARAÚJO, A.D. 1996. **Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea.** *Boletim Paranaense de Geociências.* Curitiba. v.44. p. 7-17. Editora UFPR.

ANGULO, R.J.; SOARES, C.R.; MARONE, E.; SOUZA, M.C.; ODRESKI, L.L.R. & NOERNBERG, M.A. Paraná. In: MUEHE, D. 2006. **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília. p 347-400.

BARROS Jr., F.C.R. 1997. **A macrofauna bentônica em praias arenosas dos arredores da baía de Guaratuba (PR), Brasil.** (*Dissertação de Mestrado em Ecologia*) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 100 p.

BARROS, F.; BORZONE, C.A. & ROSSO, S. 2001. **Macrofauna of six beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v. **44**. N.4. p. 351-364.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; MATOS, A. de; WERNER, A. 1978. **A Serra do Mar e porção oriental do estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional).** Governo do estado do Paraná, Secretaria do Estado de Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental. (ADEA). Curitiba. 248 p.

BRAUKO, K.M. 2008. **Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêmica de praias arenosas do Paraná (Brasil).** (*Dissertação de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceanicos*). Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná. 62 p.

BESSA Jr., O. 2003. **Interferência entre a ocupação urbana e a dinâmica natural no litoral sul do Paraná.** (*Tese de doutorado em Geologia Ambiental*) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 143 p.

CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H. 1993. **Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS.** *Pesquisas, [S.I.]*, v.20, n.1, p. 48-56.

CAMARGO, M.G. 2006. **Sysgran: Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento.** *Revista Brasileira de Geociências*. v.36(2). p.371-378.

CAMARGO, R.; MARONE, E.; SILVA DIAS, P.L. 1996. **Deteção do sinal de brisa no registro de vento de Pontal do Sul (PR).** *In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Campos Jordão. **Anais**. p. 1036 – 1040.

CARTA GEOLÓGICA DE GUARATUBA 1996. Escala 1: 200.000.

CHRISTOFOLLETI, A. 1980. **Geomorfologia**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher.

CPTEC/INPE. **Boletins técnicos**. Disponível em:
<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/>. Acesso em: 28/08/08.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1973. **Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters**. *Journal of Sedimentary Petrology*. v.27(1). p.3-27.

GIBBS, R.J.; MARTIN, D.M. & LINK, D.A.. 1971. **The relationship between sphere size and velocity**. *Journal of Sedimentary Petrology*. Illinois, E.U.A. v 41. n 1. p 7-18.

GOBBI, E.F. 1997. **Gerenciamento costeiro: análise de caso do litoral do Paraná sob a perspectiva da engenharia costeira**. (Tese de Doutorado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 167 p.

GUZA, R.T. & INMAN, D.L. 1975. **Edge waves and beach cusps**. *J. Geophys. Res.* **80**: 2997-3012.

HOEFEL, F.G. 1998. **Morfodinâmica das praias arenosas oceânicas – uma revisão bibliográfica**. Editora da Univali. Itajaí. 79 p.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Disponível em: www.iapar.br. Acessado em: 1 de junho de 2009.

JORGE, F.V., 2006. **Tipologia Climática do Litoral do Estado do Paraná**. (Monografia do curso de Geografia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 88 p.

KLEIN, A.H.F. 1997. **Um método indireto para a determinação do estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas**. In: *VI Congresso da ABEQUA*. Curitiba, PR, Brasil. p. 76-78.

KOMAR, P.D. 1976. **Beach Process and Sedimentation**. Prentice Hall, 429 p.

LAMOUR, M.R. 2007. **Morfodinâmica sedimentar da desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR**. (Tese de doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 161 p.

LIMA, M.G.P. 2008. **Controle da erosão em praias arenosas pelo método de recifes submersos: Praia Brava de Matinhos-PR.** (Dissertação de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná. 92 p.

MARINHA DO BRASIL **Avisos de Mau Tempo.** Disponível em:
<<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/avisos/avisos.htm>> Acesso em:
18/08/2008.

MARONE, E. & CAMARGO, R. 1994. **Marés meteorológicas no litoral do estado do Paraná: O evento de agosto de 1993.** *Nerítica*. Curitiba. v.8 (1-2). p. 73-85. Editora da UFPR.

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C. & PRATA Jr., V.P. 1997. **Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá.** Pontal do Paraná. UFPR. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM. v.2.

MARONE, E.; NOERNBERG, M.A.; LAUTERT, L.; SANTOS, I.; ANDREOLI, O.; BUBA, H. & FILL, H. 2005. **Hidrodinâmica de la Bahía de Garatuba –PR, Brasil.** XXV Congreso de Ciencias del Mar Del Chile y XI Congreso Latino de Ciencias del Mar. Anais. Viña del Mar, Chile. p. 165-

MARONE, E.; PRATA Jr., V.P.; KLINGUENFUSS, M. S.; CAMARGO, R. 1995. **Correntes de deriva no litoral paranaense: um caso de estudo.** In: VI Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar. Mar del Plata, Argentina. Anais. p. 129.

MARTINS, G. J.; MARONE, E.; ANGULO, R. J.; NOERNBERG, M. A.; QUADROS, C. J. L. 2004. **Dinâmica da zona de rasa de shoaling e o transporte de sedimentos na desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR.** *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba, v.54, p. 51-64.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. *Climatologia – Noções Básicas e Climas do Brasil*, São Paulo. Oficina dos Textos, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. **Ecosystems and Human Well-Being – Current State and Trends.** Ed. Island Press. Vol. 1. Washington, DC. 917 p.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. 2002. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 424 p.

NOERNBERG, M.A. 2001. **Processos Morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: Um estudo a partir de dados *in situ* e Landsat –TM**. (Tese de Doutorado em Geologia Ambiental – Universidade Federal do Paraná). Curitiba. 180 p.

NOERNBERG, M.A.; QUADROS, C.J.L.; ANGELOTTI, R.; MARONE, E. 2007. **Banco de dados sobre as praias do estado do Paraná**. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba, n. **60-61**, p. 89 – 96. Editora UFPR.

PERILLO, G.M. & PICCOLO, G. 1987. **Programa de observaciones costera**. (POC) IADO, Argentina, *Contribuicoes Tecnicas*, 17p.

PORTOBRÁS. 1983. **Campanha de medições de ondas em Paranaguá – PR, período 21.08.1982 a 21.01.1983**. Rio de Janeiro: INPH: DIDELE. 23 p.

QUADROS, C.J.L. 2002. **Variações morfológicas e volumétricas associada a incidência de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense**. (Dissertação de mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 57 p.

SÃO JOÃO, J.C. 1993. **Noções básicas de Topografia** (Apostila para o curso de Engenharia Cartográfica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p. 63 – 65.

SHORT, A.D. 1982. **Morphodynamics of a macrotidal beach**. *Marine Geology*. v. **50**. p. 97-128.

SHORT, A.D. 1999. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Book Ed. John Wiley & Sons Ltd. England. 379 p.

SOARES, C.R.; BORZONE, C.A. & SOUZA, J.R. 1997. **Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa no sul do Brasil**. *Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro. v.3. p. 275-258

SUGUIO, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. E. Blucher: EDUSP. São Paulo. 317 p.

SURFER. **User's Guide**. Golden Software Inc. USA. 2003.

TSONIS, A.A. & ELSNER, J.B. 2007. **Nonlinear Dynamics in Geosciences**. Ed. Springer Science. New York. 610 p.

VEIGA, F.A. 2004. **Sedimentologia, morfologia e dinâmica da face da costa no litoral central do estado do Paraná**. (*Dissertação de Mestrado em Geologia Ambiental*) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 145 p.

WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, R. N. A. 2002. **Variabilidade Morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil**. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 29, n. 1, p. 3-13.

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

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. & GREEN, M.O. 1985. **Short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: Na empirical predictive model**. *Marine Geology*. v. 62. p. 339-344.

WRIGHT, L. D. 1995. **Morphodynamics of inner continental shelves**. CRC Marine Science Series. Flórida - EUA. 241 p.

ZEM, R. C. 2005. **Dinâmica sedimentar da baía de Guaratuba – PR**. (*Monografia do curso de Oceanografia*) – Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná. 97 p.

ANEXO

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DAS PARTÍCULAS DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA O PERFIL BARRA DO SAÍ. **D** REPRESENTA AS DUNAS, **PP** O PÓS PRAIA, **FP** A FACE DA PRAIA E **LD** A LINHA D'ÁGUA. OS NÚMEROS REPRESENTAM OS DIAS, MÊS E ANO, RESPECTIVAMENTE DE CADA COLETA.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
1D130508	1,723	Areia fina	1,735	0,4644	Bem selecionado	-0,04229	Aproximadamente simétrica	1,096	Mesocúrtica
1D220908	1,907	Areia fina	1,9	0,4086	Bem selecionado	-0,06429	Aproximadamente simétrica	0,9058	Mesocúrtica
1D031208	2,131	Areia fina	2,184	0,3301	Muito bem selecionado	-0,2636	Negativa	1,278	Leptocúrtica
1D290109	2,227	Areia fina	2,231	0,2972	Muito bem selecionado	-0,04217	Aproximadamente simétrica	1,391	Leptocúrtica
1D190209	1,908	Areia média	1,852	0,3758	Bem selecionado	0,194	Positiva	1,055	Mesocúrtica
1D260309	2,008	Areia fina	1,958	0,4521	Bem selecionado	0,2826	Positiva	1,059	Mesocúrtica
1D190409	1,877	Areia média	1,812	0,3889	Bem selecionado	0,3263	Muito positiva	1,623	Muito leptocúrtica
1D280509	2,121	Areia fina	2,182	0,421	Bem selecionado	-0,1566	Negativa	1,385	Leptocúrtica
1PP130508	2,003	Areia média	1,991	0,3281	Muito bem selecionado	0,04719	Aproximadamente simétrica	0,7382	Platicúrtica
1PP220908	1,832	Areia média	1,804	0,2705	Muito bem selecionado	0,2644	Positiva	1,167	Leptocúrtica
1PP031208	1,934	Areia média	1,886	0,3543	Bem selecionado	0,1593	Positiva	0,8758	Platicúrtica
1PP290709	2,128	Areia fina	2,152	0,4916	Bem selecionado	-0,0492	Aproximadamente simétrica	1,086	Mesocúrtica
1PP190209	2,06	Areia fina	1,958	0,4672	Bem selecionado	0,3513	Muito positiva	0,8855	Platicúrtica
1PP260309	1,997	Areia média	1,981	0,3212	Muito bem selecionado	0,0677	Aproximadamente simétrica	0,7396	Platicúrtica
1PP190409	1,822	Areia média	1,788	0,4034	Bem selecionado	0,07286	Aproximadamente simétrica	1,19	Leptocúrtica
1PP280509	1,549	Areia média	1,51	0,5795	Moderadamente selecionado	0,04493	Aproximadamente simétrica	0,8547	Platicúrtica
1FP130508	1,882	Areia média	1,833	0,3353	Muito bem selecionado	0,1707	Positiva	1,052	Mesocúrtica
1FP220908	2,363	Areia fina	2,32	0,2904	Muito bem selecionado	0,2689	Positiva	1,092	Mesocúrtica
1FP031208	2,17	Areia fina	2,218	0,4261	Bem selecionado	-0,03604	Aproximadamente simétrica	1,631	Muito leptocúrtica
1FP290709	1,908	Areia média	1,843	0,4571	Bem selecionado	0,183	Positiva	1,322	Leptocúrtica
1FP190209	2,01	Areia fina	1,986	0,3702	Bem selecionado	0,1614	Positiva	0,8646	Platicúrtica
1FP260309	1,993	Areia média	2,007	0,4715	Bem selecionado	-0,1784	Negativa	1,212	Leptocúrtica
1FP190409	1,803	Areia média	1,92	0,5826	Moderadamente selecionado	-0,3281	Muito negativa	0,8224	Platicúrtica
1FP280509	1,894	Areia média	1,842	0,3154	Muito bem selecionado	0,2667	Positiva	0,931	Mesocúrtica
1LD130508	1,78	Areia média	1,78	0,254	Muito bem selecionado	0,1071	Positiva	1,233	Leptocúrtica
1LD220908	2,315	Areia fina	2,295	0,2697	Muito bem selecionado	0,1923	Positiva	1,159	Leptocúrtica

1LD031208	1,941	Areia média	2,053	0,4671	Bem selecionado	-0,3732	Muito negativa	0,8765	Platicúrtica
1LD290709	1,397	Areia média	1,367	0,5858	Moderadamente selecionado	0,03076	Aproximadamente simétrica	1,174	Leptocúrtica
1LD190209	1,937	Areia média	1,896	0,4046	Bem selecionado	0,09947	Aproximadamente simétrica	0,9843	Mesocúrtica
1LD260309	2,126	Areia fina	2,195	0,4256	Bem selecionado	-0,2298	Negativa	1,422	Leptocúrtica
1LD190409	1,703	Areia média	1,76	0,6237	Moderadamente selecionado	-0,1833	Negativa	0,9626	Mesocúrtica
1LD280509	1,48	Areia média	1,467	0,3139	Muito bem selecionado	0,05567	Aproximadamente simétrica	0,7404	Platicúrtica

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DAS PARTÍCULAS DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA O PERFIL COROADOS. **D** REPRESENTA AS DUNAS, **PP** O PÓS PRAIA, **FP** A FACE DA PRAIA, **LD** A LINHA D'ÁGUA E **B** AS AMOSTRAS COM DUAS MODAS. OS NÚMEROS REPRESENTAM OS DIAS, MÊS E ANO, RESPECTIVAMENTE DE CADA COLETA.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
2D130508	1,795	Areia média	1,787	0,4323	Bem selecionado	-0,02228	Aproximadamente simétrica	1,131	Leptocúrtica
2D220908	2,08	Areia fina	2,148	0,3901	Bem selecionado	-0,285	Negativa	1,119	Leptocúrtica
2D031208	1,638	Areia média	1,64	0,5741	Moderadamente selecionado	-0,0564	Aproximadamente simétrica	0,8098	Platicúrtica
2D290109	1,837	Areia média	1,797	0,4138	Bem selecionado	0,05064	Aproximadamente simétrica	1,245	Leptocúrtica
2D190209	2,003	Areia fina	2,073	0,4338	Bem selecionado	-0,2834	Negativa	0,9504	Mesocúrtica
2D260309	1,883	Areia média	1,836	0,3783	Bem selecionado	0,08831	Aproximadamente simétrica	1,057	Mesocúrtica
2D190409	1,809	Areia média	1,797	0,4211	Bem selecionado	-0,00658	Aproximadamente simétrica	1,058	Mesocúrtica
2D 80509	1,651	Areia média	1,696	0,3426	Muito bem selecionado	-0,1593	Negativa	1,336	Leptocúrtica
2PP130508	1,298	Areia média	1,293	0,4344	Bem selecionado	-0,01833	Aproximadamente simétrica	1,014	Mesocúrtica
2PP220908	1,886	Areia média	1,828	0,398	Bem selecionado	0,178	Positiva	1,293	Leptocúrtica
2PP031208	2,105	Areia fina	2,163	0,4276	Bem selecionado	-0,172	Negativa	1,158	Leptocúrtica
2PP290109	1,895	Areia média	1,846	0,3255	Muito bem selecionado	0,207	Positiva	0,9449	Mesocúrtica
2PP190209	1,888	Areia média	1,841	0,3336	Muito bem selecionado	0,165	Positiva	1,005	Mesocúrtica
2PP260309	1,427	Areia média	1,364	0,6576	Moderadamente selecionado	0,1235	Positiva	0,6906	Platicúrtica
2PP190409	1,437	Areia média	1,402	0,4231	Bem selecionado	0,07752	Aproximadamente simétrica	1,004	Mesocúrtica
2PP280509	1,125	Areia média	1,122	0,5273	Moderadamente selecionado	-0,01135	Aproximadamente simétrica	1	Mesocúrtica
2FP130508	2,431	Areia fina	2,391	0,3771	Bem selecionado	0,05352	Aproximadamente simétrica	0,9692	Mesocúrtica
2FP220908	1,975	Areia média	1,95	0,4103	Bem selecionado	0,07335	Aproximadamente simétrica	0,9651	Mesocúrtica
2FP031208	1,663	Areia média	1,7	0,3801	Bem selecionado	-0,05975	Aproximadamente simétrica	1,129	Leptocúrtica
2FP290109	1,494	Areia média	1,523	0,4965	Bem selecionado	-0,1156	Negativa	1,086	Mesocúrtica
2FP190209	2,013	Areia fina	2,001	0,3479	Muito bem selecionado	0,09012	Aproximadamente simétrica	0,8111	Platicúrtica

2FP190409	1,548	Areia média	1,597	0,5095	Moderadamente selecionado	-0,1588	Negativa	1,093	Mesocúrtica
2FP280509	1,083	Areia média	1,077	0,4208	Bem selecionado	0,1516	Positiva	1,006	Mesocúrtica
2LD130508	1,73	Areia média	1,73	0,269	Muito bem selecionado	-0,04425	Aproximadamente simétrica	1,342	Leptocúrtica
2LD220908B	1,289	Areia média	1,159	0,6216	Moderadamente selecionado	0,3256	Muito positiva	1,03	Mesocúrtica
2LD290109	1,629	Areia média	1,647	0,4297	Bem selecionado	0,02131	Aproximadamente simétrica	0,9639	Mesocúrtica
2LD190209	1,48	Areia média	1,507	0,4594	Bem selecionado	-0,1145	Negativa	1,012	Mesocúrtica
2LD260309B	0,8059	Areia grossa	0,5262	0,981	Moderadamente selecionado	0,3565	Muito positiva	0,7137	Platicúrtica
2LD190409	1,216	Areia média	1,257	0,6758	Moderadamente selecionado	-0,08385	Aproximadamente simétrica	0,8917	Platicúrtica
2LD280509	1,38	Areia média	1,316	0,3834	Bem selecionado	0,2652	Positiva	1,446	Leptocúrtica

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DAS PARTÍCULAS DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA O PERFIL NEREIDAS. **D** REPRESENTA AS DUNAS, **PP** O PÓS PRAIA, **FP** A FACE DA PRAIA, **LD** A LINHA D'ÁGUA E **B** AS AMOSTRAS COM DUAS MODAS. OS NÚMEROS REPRESENTAM OS DIAS, MÊS E ANO, RESPECTIVAMENTE DE CADA COLETA.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
3D130508	1,487	Areia média	1,446	0,5879	Moderadamente selecionado	0,06524	Aproximadamente simétrica	0,8753	Platicúrtica
3D220908	1,692	Areia média	1,723	0,4178	Bem selecionado	-0,07599	Aproximadamente simétrica	1,372	Leptocúrtica
3D031208	1,382	Areia média	1,349	0,5721	Moderadamente selecionado	0,09916	Aproximadamente simétrica	0,9179	Mesocúrtica
3D290109	1,076	Areia média	1,105	0,3871	Bem selecionado	-0,00926	Aproximadamente simétrica	0,9453	Mesocúrtica
3D190209	1,573	Areia média	1,594	0,6061	Moderadamente selecionado	-0,07454	Aproximadamente simétrica	0,8146	Platicúrtica
3D260309	1,28	Areia média	1,308	0,5158	Moderadamente selecionado	-0,1435	Negativa	1,065	Mesocúrtica
3D190409	1,336	Areia média	1,279	0,5789	Moderadamente selecionado	0,1707	Positiva	0,81	Platicúrtica
3D280509	1,539	Areia média	1,579	0,4723	Bem selecionado	-0,1202	Negativa	1,059	Mesocúrtica
3PP130508	1,597	Areia média	1,634	0,4775	Bem selecionado	-0,0958	Aproximadamente simétrica	1,055	Mesocúrtica
3PP220908	1,873	Areia média	1,825	0,3927	Bem selecionado	0,08703	Aproximadamente simétrica	1,079	Mesocúrtica
3PP290109	1,746	Areia média	1,751	0,405	Bem selecionado	-0,02391	Aproximadamente simétrica	1,229	Leptocúrtica
3PP190209	1,569	Areia média	1,62	0,63	Moderadamente selecionado	-0,1302	Negativa	0,8093	Platicúrtica
3PP260309	1,093	Areia média	1,011	0,4624	Bem selecionado	0,3227	Muito positiva	0,9419	Mesocúrtica
3PP190409	1,213	Areia média	1,216	0,4819	Bem selecionado	-0,00623	Aproximadamente simétrica	0,9763	Mesocúrtica
3PP280509	0,862	Areia grossa	0,8285	0,6229	Moderadamente selecionado	0,1133	Positiva	1,002	Mesocúrtica
3FP130508	1,839	Areia média	1,799	0,3423	Muito bem selecionado	0,1231	Positiva	1,316	Leptocúrtica
3FP220908B	1,421	Areia média	1,591	0,8242	Moderadamente selecionado	-0,2626	Negativa	0,6708	Platicúrtica
3FP031208	0,4328	Areia grossa	0,2997	0,5274	Moderadamente selecionado	0,31	Muito positiva	1,28	Leptocúrtica

3FP290109	0,9497	Areia grossa	0,941	0,4607	Bem selecionado	0,003539	Aproximadamente simétrica	0,9921	Mesocúrtica
3FP190209	1,278	Areia média	1,246	0,5435	Moderadamente selecionado	0,1315	Positiva	0,9305	Mesocúrtica
3FP260309	1,255	Areia média	1,279	0,571	Moderadamente selecionado	-0,08953	Aproximadamente simétrica	0,9565	Mesocúrtica
3FP190409	1,353	Areia média	1,341	0,6411	Moderadamente selecionado	0,02378	Aproximadamente simétrica	0,8365	Platicúrtica
3FP280509	1,169	Areia média	1,198	0,5048	Moderadamente selecionado	-0,09405	Aproximadamente simétrica	1,112	Leptocúrtica
3LD130508	1,627	Areia média	1,671	0,3576	Bem selecionado	-0,09972	Aproximadamente simétrica	1,102	Mesocúrtica
3LD220908	0,4645	Areia grossa	0,4004	0,3733	Bem selecionado	0,3354	Muito positiva	0,9817	Mesocúrtica
3LD031208	1,059	Areia média	0,9654	0,6149	Moderadamente selecionado	0,1998	Positiva	1,041	Mesocúrtica
3LD290109	1,279	Areia média	1,274	0,461	Bem selecionado	0,002065	Aproximadamente simétrica	0,9867	Mesocúrtica
3LD190209	2,029	Areia média	2,122	0,439	Bem selecionado	-0,3343	Muito negativa	1,03	Mesocúrtica
3LD260309	0,9471	Areia grossa	0,9208	0,4502	Bem selecionado	0,04722	Aproximadamente simétrica	1,039	Mesocúrtica
3LD190409	1,053	Areia média	0,9761	0,7118	Moderadamente selecionado	0,154	Positiva	0,9111	Mesocúrtica
3LD280509B	1,238	Areia média	1,21	0,8185	Moderadamente selecionado	0,01781	Aproximadamente simétrica	0,742	Platicúrtica

FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DAS PARTÍCULAS DAS AMOSTRAS COLETADAS PARA O PERFIL MORRO DO CRISTO. **D** REPRESENTA AS DUNAS, **PP** O PÓS PRAIA, **FP** A FACE DA PRAIA, **LD** A LINHA D'ÁGUA E **B** AS AMOSTRAS COM DUAS MODAS. OS NÚMEROS REPRESENTAM OS DIAS, MÊS E ANO, RESPECTIVAMENTE DE CADA COLETA.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
4D130508	1,332	Areia média	1,352	0,4914	Bem selecionado	-0,1168	Negativa	0,9565	Mesocúrtica
4D220908	1,483	Areia média	1,495	0,4342	Bem selecionado	-0,05877	Aproximadamente simétrica	0,9659	Mesocúrtica
4D031208	1,497	Areia média	1,506	0,4431	Bem selecionado	-0,03977	Aproximadamente simétrica	1,012	Mesocúrtica
4D290109	1,845	Areia média	1,803	0,3876	Bem selecionado	0,05566	Aproximadamente simétrica	1,213	Leptocúrtica
4D190209	1,224	Areia média	1,159	0,5287	Moderadamente selecionado	0,2288	Positiva	0,9008	Mesocúrtica
4D260309	1,189	Areia média	1,165	0,4524	Bem selecionado	0,1047	Positiva	0,8669	Platicúrtica
4D190409	1,298	Areia média	1,25	0,5685	Moderadamente selecionado	0,1575	Positiva	0,9207	Mesocúrtica
4D280509	0,875	Areia grossa	0,8965	0,5498	Moderadamente selecionado	-0,01286	Aproximadamente simétrica	0,9183	Mesocúrtica
4PP130508	1,677	Areia média	1,715	0,4237	Bem selecionado	-0,1127	Negativa	1,313	Leptocúrtica
4PP220908	1,465	Areia média	1,45	0,5714	Moderadamente selecionado	0,02989	Aproximadamente simétrica	0,9044	Mesocúrtica
4PP031208	1,177	Areia média	1,107	0,5777	Moderadamente selecionado	0,1927	Positiva	0,9673	Mesocúrtica
4PP290109	1,409	Areia média	1,392	0,5398	Moderadamente selecionado	0,06009	Aproximadamente simétrica	0,942	Mesocúrtica
4PP190209	1,577	Areia média	1,565	0,4914	Bem selecionado	0,01859	Aproximadamente simétrica	0,9503	Mesocúrtica
4PP260309	1,11	Areia média	1,124	0,3951	Bem selecionado	0,04228	Aproximadamente simétrica	0,921	Mesocúrtica

4PP190409	1,024	Areia média	1,05	0,4818	Bem selecionado	-0,06943	Aproximadamente simétrica	1,012	Mesocúrtica
4PP280509	0,5853	Areia grossa	0,5891	0,5156	Moderadamente selecionado	0,02207	Aproximadamente simétrica	1,078	Mesocúrtica
4FP130508	1,442	Areia média	1,481	0,5022	Moderadamente selecionado	-0,1021	Negativa	0,9824	Mesocúrtica
4FP220908	1,647	Areia média	1,685	0,2855	Muito bem selecionado	-0,2525	Negativa	1,071	Mesocúrtica
4FP031208	1,608	Areia média	1,602	0,4925	Bem selecionado	0,000347	Aproximadamente simétrica	0,9414	Mesocúrtica
4FP290109	1,421	Areia média	1,377	0,3794	Bem selecionado	0,08502	Aproximadamente simétrica	0,946	Mesocúrtica
4FP190209	1,21	Areia média	1,22	0,5307	Moderadamente selecionado	-0,0616	Aproximadamente simétrica	1,015	Mesocúrtica
4FP260309	1,154	Areia média	1,074	0,6439	Moderadamente selecionado	0,1565	Positiva	0,9469	Mesocúrtica
4FP190409	1,05	Areia média	1,096	0,6122	Moderadamente selecionado	-0,1068	Negativa	0,8819	Platicúrtica
4FP280509	0,8323	Areia grossa	0,8442	0,5542	Moderadamente selecionado	0,02012	Aproximadamente simétrica	0,8586	Platicúrtica
4LD130508	1,108	Areia média	1,085	0,4214	Bem selecionado	0,1482	Positiva	0,8903	Platicúrtica
4LD220908	1,787	Areia média	1,771	0,3934	Bem selecionado	0,02847	Aproximadamente simétrica	1,242	Leptocúrtica
4LD031208	1,468	Areia média	1,448	0,3914	Bem selecionado	0,0327	Aproximadamente simétrica	0,9196	Mesocúrtica
4LD290109B	1,136	Areia média	0,9561	0,5376	Moderadamente selecionado	0,4565	Muito positiva	0,6992	Platicúrtica
4LD190209	0,9455	Areia grossa	0,8928	0,3755	Bem selecionado	0,2322	Positiva	0,9361	Mesocúrtica
4LD260309	1,444	Areia média	1,36	0,4975	Bem selecionado	0,2009	Positiva	1,064	Mesocúrtica
4LD190409	0,7786	Areia grossa	0,7557	0,6283	Moderadamente selecionado	0,06758	Aproximadamente simétrica	1	Mesocúrtica
4LD280509	1,228	Areia média	1,186	0,7671	Moderadamente selecionado	0,05039	Aproximadamente simétrica	0,7909	Platicúrtica