

CLÉCIO JOSÉ LOPES DE QUADROS

**VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS E VOLUMÉTRICAS ASSOCIADAS  
À INCIDÊNCIA DE SISTEMAS FRONTAIS EM DUAS PRAIAS  
ARENOSAS DO LITORAL PARANAENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marone

Co-orientadores:

Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

Prof. Dr. Carlos Alberto Borzone

CURITIBA

2002

**Quadros, Clécio José Lopes de**

**Variações morfológicas e volumétricas associadas à incidência de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense /**

**Clécio José Lopes de Quadros. — Curitiba, 2002.**

**vi, 57 f. : il.; grafs., maps., tabs.**

**Orientador: Eduardo Marone**

**Co-orientadores: Rodolfo José Angulo, Carlos Alberto Borzone**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná,  
Setor de Ciências da Terra.**

**1. Praias – Erosão – Paraná. I. Marone, Eduardo. II. Angulo,  
Rodolfo José. III. Borzone, Carlos Alberto. Título.**

**CDD 20 551.36**

# TERMO DE APROVAÇÃO

Clécio José Lopes de Quadros

“VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS E VOLUMÉTRICAS ASSOCIADAS À INCIDÊNCIA DE SISTEMAS FRONTAIS EM DUAS PRAIAS ARENOSAS DO LITORAL PARANAENSE”

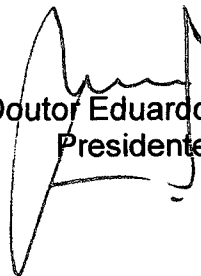
Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, Comissão formada pelos Professores:

Professor Doutor Nikolai Speranski - FURG



Professor Doutor Luiz Alberto Fernandes - UFPR

Professor Doutor Eduardo Marone - UFPR  
Presidente



Curitiba, 18 de Outubro de 2002.

*Um passo à frente e você não  
está mais no mesmo lugar.*

*Chico Science*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	II
ABSTRACT.....	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	05
3.1 Localização.....	05
3.2 Parâmetros Físicos do Litoral Paranaense.....	06
3.2.1 Clima.....	06
3.2.2 Ondas.....	08
3.2.3 Correntes de Deriva Litorânea.....	11
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
5.1 Trabalhos de campo.....	21
5.1.1 Amostragem na parte emersa da praia.....	21
5.1.2 Amostragem na parte submersa da praia.....	21
5.2 Quantificação dos sistemas frontais.....	29
5.3 Cálculo dos volumes.....	29
6. RESULTADOS.....	30
6.1 Variação Morfológica.....	30
6.2 Variação Volumétrica.....	34
6.3 Incidência de Sistemas Frontais.....	35
7. DISCUSSÃO.....	40
7.1 Relação entre a morfologia e variação de volumes praias.....	40

7.2 Relação entre as variações morfológicas e volumétricas dos perfis e a incidência de sistemas frontais.....	45
8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## **AGRADECIMENTOS**

Ao grande mestre e amigo Eduardo Marone, a quem devo não só a orientação mas a paciência e o incentivo durante as etapas deste trabalho.

A Rodolfo José Angulo e a Carlos Alberto Borzone pelo auxílio ao esclarecimento das mais variadas dúvidas e pelo incentivo prestado a realização deste trabalho.

A Georgina Jacintho Martins pelo companheirismo e incentivo durante toda a jornada de trabalho, nunca deixando que o cansaço me desanimasse.

Ao amigo Alfredo Duarte de Araújo, um eterno entusiasta, pelos constantes debates e idealizações mantidas, as quais culminaram na concretização do amostrador das feições na zona de arrebentação de ondas.

A Maurício Almeida Noernberg pelo apoio moral, intelectual e técnico.

Aos companheiros de laboratório Luiz Fernando de Carli Lautert, Murillo Staben Kingenfuss e Vicente de Paula Prata Jr pelo incentivo à realização do trabalho.

A todos do Centro de Estudos do Mar - UFPR, em especial aos amigos do Laboratório de Oceanografia Geológica pela paciência e esclarecimento de várias dúvidas.

Ao convênio de cooperação entre a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina e o Centro de Estudos do Mar - UFPR pelo apoio financeiro, o qual tornou possível a realização deste trabalho e a participação em eventos científicos.

De forma mais do que especial quero agradecer aos meus pais Manoel e Palmira, a meus irmãos, cunhados, cunhada, sobrinhos e a Tia Chica, que nesses anos nunca deixaram de me apoiar e incentivar, sendo que eles merecem mais do que uma dedicatória, mas sim, todo o amor do mundo.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi contribuir para a compreensão da dinâmica costeira e conseqüentemente fornecer subsídios para o planejamento ocupacional e manejo de alguns setores da orla litorânea do estado do Paraná. Para contribuir com a compreensão da dinâmica costeira, foi efetuada a caracterização da morfologia e dinâmica de duas praias arenosas, correlacionando-as com a incidência de sistemas frontais sobre a região. A acentuada agitação marítima que acompanha o trajeto percorrido por alguns sistemas frontais, apresenta-se como o maior regulador da dinâmica costeira do sul do Brasil, sendo que os efeitos sentidos pela orla em decorrência de tais fenômenos podem tornarem-se problemas quando estes atingem áreas ocupadas. A caracterização das praias foi realizada através de doze levantamentos planialtimétricos mensais, em duas praias, salvo meses em que não puderam-se realizar as amostragens em decorrência de problemas técnico operacionais. Estes perfis foram amostrados na zona emersa e submersa das praias, sendo utilizado para esta última, um método desenvolvido e apresentado na dissertação em forma de artigo na íntegra. Com o auxílio dos Boletins de Sistemas Frontais e Boletins de Eventos Notórios - Casos de Agitação Marítima de Grande impacto na América do Sul, disponibilizados pela página do Sistema de Previsão de Ondas - INPE/CPTEC, foi possível efetuar um levantamento da incidência e frequência destes eventos. Com base nos resultados obtidos foram apresentadas algumas sugestões e recomendações com o objetivo de incentivar trabalhos referentes a este tema, o que, em um futuro próximo, poderia minimizar os problemas decorrentes da interação entre dinâmica costeira e ocupação antrópica da orla, problemas estes que se tornaram comuns no litoral do estado do Paraná.



## ABSTRACT

The objective of this work is to contribute with the understanding of the coastal dynamics and to offer scientific elements for the planning and management for the use and occupation of some sections of the coastal zone of the State of Paraná. To do that, the characterization of the morphology and dynamics of two sandy beaches was performed, correlating them with the incidence of frontal meteorological systems acting on the area. The increasing of the wave action, which results from the passage of some frontal systems, seems to be the largest regulator of the coastal dynamics of these Southern Brazil beaches, and the effects of such phenomena are a significant problem when affecting populated areas of the coasts of Paraná. The characterization of the beaches was accomplished through twelve monthly levelling surveys in two beaches, covering more than a year of samplings, with the lack of very few months when the samplings where not feasible due to operational problems. These profiles were obtained for both aerial and submerged part of the beaches, using for the last one a new developed methodology that is presented in this dissertation in a full article form. With the aid of the Bulletins of Frontals Systems and bulletins of Notorious Events - Cases of Marine Agitation of Great Impact in South America, available at the web page of the System of Waves Forecast - INPE/CPTEC, it was possible to make a monitoring of the incidence and frequency of these events. Based in the obtained results, it was possible to present some suggestions and recommendations for further works on this field, which, in a near future, could minimize the current problems of the interaction between coastal dynamics and human occupation of the coastal zone, problems that have become common in the coast of the State of Paraná.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RELAÇÕES DE EQUILÍBRIO ENTRE O ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA E $\Omega$ .....	15
TABELA 2: PARÂMETROS MORFODINÂMICOS PARA ALGUMAS PRAIAS DO LITORAL PARANAENSE.....	17
TABELA 3: VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL PRAIAL DO BALNEÁRIO ATAMI (PERFIL ATAMI) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	34
TABELA 4: VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL PRAIAL DO BALNEÁRIO CARAVELAS (PERFIL SAN MARINO) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	35

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	05
FIGURA 2: TREM DE ONDAS NA ISÓBATA DE 20 METROS INFERIDA A PARTIR DE IMAGEM LANDSAT 7-ETM+ DE 26 DE SETEMBRO DE 1999.....	10
FIGURA 3: TERMINOLOGIA EM LÍNGUA INGLESA DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS.....	20
FIGURA 4: TERMINOLOGIA EM LÍNGUA PORTUGUESA DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS.....	20
FIGURA 5: SISTEMA DE TRENÓ EQUIPADO COM STD SD 200. POSSUI COMO DIMENSÕES NOMINAIS 120 CM DE COMPRIMENTO POR 75 CM DE LARGURA..	25
FIGURA 6: COMPARAÇÃO DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS SOFRIDAS PELO PERFIL DA PRAIA DO BALNEÁRIO ATAMI, APÓS A PASSAGEM DE UM SISTEMA FRONTAL.....	26
FIGURA 7: COMPARAÇÃO DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS SOFRIDAS PELO PERFIL DA PRAIA DO BALNEÁRIO CARAVELAS, APÓS A PASSAGEM DE UM SISTEMA FRONTAL.....	27
FIGURA 8: PERFIS PRAIAIS NO BALNEÁRIO ATAMI (PERFIL ATAMI) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	32
FIGURA 9: PERFIS PRAIAIS NO BALNEÁRIO CARAVELAS (PERFIL SAN MARINO) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	33
FIGURA 10: DATA DO LEVANTAMENTO DOS PERFIS PRAIAIS, OCORRÊNCIA DOS SISTEMAS FRONTAIS NA LATITUDE DA CIDADE DE PARANAGUÁ E AGITAÇÃO MARÍTIMA ASSOCIADA NO PERÍODO DE MARÇO DE 2000 À JULHO DE 2001.....	36
FIGURA 11: CARTA SINÓTICA ILUSTRANDO O POSICIONAMENTO DOS CENTROS DE PRESSÃO, O VÓRTICE CICLÔNICO E A PASSAGEM DO SISTEMA FRONTAL NO EVENTO OCORRIDO NO DIA 27 DE MAIO DE 2000. FONTE: DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN).....	38
FIGURA 12: DIAGRAMA COM ATURA E DIREÇÃO DE ONDAS PARA A COSTA SUL BRASILEIRA NO DIA 27 MAIO 2000.FONTE: SISTEMA DE PREVISÃO DE ONDAS - INPE/CPTEC.....	39

FIGURA 13 VARIAÇÕES DO PERFIL ATAMI ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	41
FIGURA 14 VARIAÇÕES DO PERFIL SAN MARINO ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	42
FIGURA 15: COMPARAÇÃO ENTRE OS LEVANTAMENTOS PLANIALTMÉTRICOS PARA O PERFIL ATAMI ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	44
FIGURA 16: COMPARAÇÃO ENTRE OS LEVANTAMENTOS PLANIALTMÉTRICOS PARA O PERFIL SAN MARINO ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.....	44
FIGURA 17: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS NO PERFIL ATAMI E SAN MARINO (EM %)......	45
FIGURA 18: VARIAÇÃO MORFOLÓGICA NO PERFIL ATAMI APÓS O EVENTO DOS DIAS 26 E 27 DE MAIO DE 2000.....	48
FIGURA 19: VARIAÇÃO MORFOLÓGICA NO PERFIL SAN MARINO APÓS O EVENTO DOS DIAS 26 E 27 DE MAIO DE 2000.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A costa brasileira estende-se ao longo de 9200km, entre as latitudes de 4°N e 32°S (SILVEIRA, 1964). Em função da presença da Serra do Mar que ocorre desde o sul do estado do Espírito Santo até o Cabo de Santa Marta no estado de Santa Catarina, o litoral do estado do Paraná enquadra-se no setor da costa brasileira, designada por SUGUIO & TESSLER (1984) como "litoral sudeste ou das escarpas cristalinas pré-cambrianas".

Na região de Paranaguá a Serra do Mar atinge seu ponto máximo de distanciamento em relação a linha de costa atual (aproximadamente 50 km). A área entre a Serra do Mar e o oceano, apresenta-se como uma ampla planície costeira, formada através das contínuas variações do nível do mar durante o Quaternário, sendo que os limites entre a planície e o oceano consiste em uma costa de praias arenosas, de orientação predominante nordeste.

No estado do Paraná a costa pode ser dividida em três setores, compartimentada em função da ocorrência das baías de Paranaguá e Guratuba. Ao norte da baía de Paranaguá encontra-se a planície de Superagüi ou planície Norte, entre Pontal do Sul e Caiobá encontra-se a planície da Praia de Leste, e ao sul da baía de Guaratuba a planície Sul ou do Brejatuba.

De acordo com a configuração geomorfológica e características da dinâmica costeira, é possível identificar no Paraná três tipos principais de costas: estuarinas ou protegidas (1316,8km), oceânicas ou de mar aberto (61,1km) e de desembocaduras (105,1km) (ANGULO et.al.,1996).

As costas estuarinas ou protegidas são aquelas que ocorrem no interior dos estuários e não apresentam influência significativa da dinâmica das desembocaduras. Caracterizam-se pela dinâmica dominada pelas marés e pela presença de extensas planícies de marés ocupadas principalmente por manguezais.

As costas oceânicas são aquelas voltadas para mar aberto e que não apresentam influência significativa das desembocaduras estuarinas. Estas, são dominadas por

ondas e correntes de deriva litorânea, estando associadas principalmente a praias arenosas, que, segundo ANGULO (1996), apresentam processos de erosão e sedimentação sazonais.

As costas associadas às desembocaduras localizam-se na área de influência das desembocaduras do mar de Ararapira, baía de Paranaguá, canal do Superagui, baía de Guaratuba e rio Saí-Guaçu. Estas costas caracterizam-se pela ocorrência de praias arenosas e, em alguns locais protegidos, por pequenas planícies de marés. Ocorrem próximas às desembocaduras tanto na parte interna dos estuários como nas áreas de mar aberto.

Morfológica e sedimentologicamente, as praias associadas a desembocaduras são semelhantes as oceânicas, sobretudo as localizadas em mar aberto. Contudo possuem dinâmica mais complexa, dominada não apenas por ondas e correntes de deriva litorânea mas também por correntes de maré (ANGULO et.al.,1996).

O estado do Paraná, assim como vários pontos da costa brasileira, enfrenta problemas com relação a erosão de praias, sendo que isto apresenta-se como ameaça a população quando tais áreas são locais onde a ocupação humana ocorreu de forma não planejada, não levando em consideração aspectos relativos a dinâmica natural destes locais.

Devido a mobilidade dos sedimentos encontrada em ambientes como praias arenosas, estes sedimentos se ajustam as condições das ondas, marés e correntes. Áreas como estas são extremamente sensíveis e sujeitas a reajustes em seus estados de equilíbrio, podendo facilmente uma praia mudar sua morfologia em decorrência de fenômenos tais como: a ocorrência de tempestades, a incidência de sistemas frontais com agitação marítima associada ou a ocorrência marés meteorológicas, bem como a intensificação destes processos em função da ocorrência de fenômenos como El Niño e La Niña.

A investigação referente à morfodinâmica de praias arenosas apresenta-se como eficaz ferramenta para o entendimento de tais processos erosivos/deposicionais, sendo

que estas informações mostram um elevado potencial para o planejamento urbano e ao gerenciamento de áreas costeiras.

A presente pesquisa monitorou os processos morfodinâmicos, através da análise das variações morfológicas e volumétricas, de duas praias arenosas, uma localizada na costa de mar aberto e outra nos limites da costa associada às desembocaduras do litoral paranaense, correlacionando-os com a incidência de sistemas frontais e agitação marítima associada sobre região.

Para as amostragens no setor submerso das praias, utilizou-se um método inédito para a realização do nivelamento topográfico na zona de arrebentação de ondas. Este método consistiu na utilização de um equipamento denominado "Trenó para medidas de fundo utilizando sensor de pressão", estando este apresentado em forma de artigo na íntegra no capítulo Materiais e Métodos.

## **2. OBJETIVOS**

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar a dinâmica dos processos morfológicos e volumétricos em duas praias arenosas do litoral paranaense, bem como relacioná-los a incidência de sistemas frontais sobre a região. Apresenta como objetivos específicos:

- a) Avaliar as variações morfológicas e volumétricas dos perfis monitorados.
- b) Analisar a incidência de sistemas frontais e agitação marítima associada, sobre a região.
- c) Correlacionar as variações morfológicas e volumétricas com a incidência de sistemas frontais e agitação marítima associada, sobre a região.



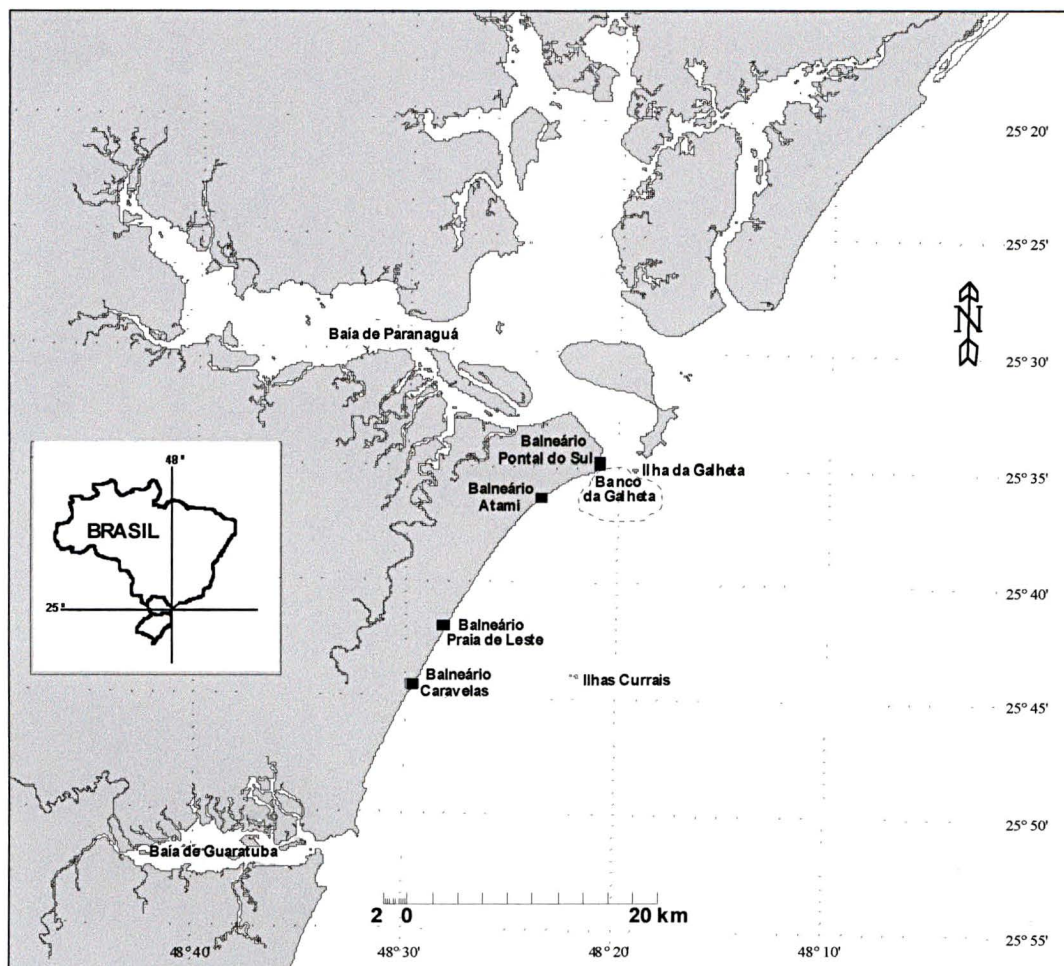
### 3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização

As áreas escolhidas para o monitoramento estão localizadas no setor da costa paranaense conhecido como planície de Praia de Leste.

Os perfis foram localizados no balneário de Atami (perfil Atami), município de Pontal do Paraná, e balneário Caravelas (perfil San Marino), município de Matinhos, tendo como suas respectivas coordenadas geográficas 25°35'36" e 25°43'54" de latitude sul, e 48°22'27" e 48°29'22" de longitude oeste (fig. 1).

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



O perfil do balneário Atami localiza-se nas adjacências da desembocadura sul do estuário da baía de Paranaguá (costa associada a desembocaduras), o qual possivelmente sofre algum tipo de influência do fluxo das correntes de maré que ocorrem na desembocadura do estuário. As ondas incidentes de mar aberto para esta praia também são influenciadas pela presença do banco da Galheta, diferenciando-se do perfil do balneário Caravelas que, por localizar-se ao centro do arco praiial da planície de Praia de Leste (costa de mar aberto), provavelmente sofra influência apenas dos trens de ondas incidentes de mar aberto e das correntes de deriva litorâneas ocasionada pelos mesmos (fig.1).

### **3.2 Parâmetros físicos do Litoral Paranaense**

#### **3.2.1. Clima**

O clima de uma região é resultado de um conjunto de fatores que atuam simultaneamente e em constante interação, sendo alguns de “ordem estática,” tais como posição e relevo, e outros de “ordem dinâmica” como os mecanismos atmosféricos (NIMMER, 1971).

Sendo mecanismos atmosféricos os principais responsáveis pela formação de trens de ondas, e as ondas o principal agente modificador de ambientes praiiais, o clima de uma região litorânea está diretamente relacionado aos processos morfodinâmicos atuantes em sua costa.

Conforme IPARDES (1989), seguindo a classificação de Koeppen, distingue-se na região litorânea e serra do Mar do estado do Paraná dois tipos climáticos: Cfa e Cfb.

O tipo Cfa se define como subtropical úmido mesotérmico, com verão quente. O mês mais frio apresenta temperatura média inferior a 18°C, porém superior a -3°C, e o mais quente, temperatura média superior a 22°C.

O tipo Cfb é definido como subtropical úmido mesotérmico, com verão fresco. O mês mais frio apresenta temperatura média inferior a 18°C e o mais quente, temperatura média inferior a 22°C.

O tipo climático Cfa ocorre na parte de baixa altitude do litoral, até aproximadamente a cota de 700m, enquanto o tipo Cfb ocorre acima dessa altitude.

Levando-se em consideração que fatores como relevo, latitude, continentalidade e maritimidade atuam nos processos climáticos em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica, pode-se dizer que o clima de qualquer região não pode ser compreendido sem o entendimento do mecanismo atmosférico atuante e seu fator genético.

Por esta razão, mostra-se relevante a descrição dos mecanismos atmosféricos atuantes no continente sul-americano responsáveis pelo clima da região sul do país, e, conseqüentemente, pelo clima regional do estado do Paraná.

Partindo para um quadro mais amplo, o da América do Sul, o panorama da circulação atmosférica é definido a partir dos seguintes centros de ação: os anticiclônicos, responsáveis pela individualização de massas de ar, e os depressionários, funcionando como chamarizes dos deslocamentos das mesmas.

Em se tratando diretamente da região sul, como centro de ação anticlônico ou “centro de alta”, tem-se o Anticiclone do Atlântico, responsável pela origem da massa tropical marítima, e o Anticiclone Migratório Polar, responsável pela origem da Massa Polar.

Segundo IAPAR (1978), entre duas massas de ar ou duas “altas” existe sempre uma zona depressionária, que se constitui numa discontinuidade para a qual convergem os ventos das duas massas de ar ou “altas”. Nessas discontinuidades, os ventos convergentes ou ciclônicos tornam o tempo instável e geralmente chuvoso, freqüentemente acompanhado de tempestades. Tais fenômenos são móveis e, por sua estrutura de deslocamento, denominam-se “correntes de circulação perturbada”.

A região sul do país é marcadamente influenciada pelas “correntes perturbadas” de noroeste e pelas “correntes perturbadas” de sul conhecidas por sistemas frontais ou frentes polares.

Durante o inverno, quando as condições de frontogênese são mais freqüentes, os avanços da Frente Polar Atlântica são mais vigorosos, comumente atingindo latitudes bem baixas, em torno de 8°S – 10°S. Na primavera, suas incursões abrangem, via de

regra, o Trópico de Capricórnio. No verão, a energia frontal é especialmente fraca, raramente se aproximando do trópico. No outono, embora se iniciem as condições de frontogênese, ela é impedida de avançar por ação dos sistemas intertropicais, que, sendo bastante ativos nesta época, fazem-na regredir (IAPAR, 1978).

CALLIARI & KEIN (1993) afirmam que a dinâmica praias na costa sul brasileira é regulada, principalmente, pelos fenômenos associados à passagem de frentes meteorológicas ou frentes polares.

### **3.2.2. Ondas**

Os levantamentos realizados entre os meses de agosto e dezembro de 1982, com um ondógrafo instalado entre a Praia de Leste e a Ilha de Currais (fig.1) mostraram dois trens preferenciais de ondas, provenientes das direções N74° e N174° (direções ENE e SSE/SE, respectivamente). O primeiro está relacionado com a atuação dos ventos associados ao anticiclone tropical do Atlântico Sul (centro de alta pressão) caracterizando ondas bastante regulares e não tão altas, enquanto o segundo se relaciona à passagem de sistemas meteorológicos frontais que ocasionam a formação de "ondas de tempestade" (PORTOBRÁS, 1983).

TESSLER (1988), concluiu que os sistemas de propagação de ondas no litoral sul estão vinculados exclusivamente a seus centros de geração em áreas oceânicas distantes, independente das direções dos ventos locais.

Nos períodos de 17/01/97 a 06/02/97 (verão) e 14/08/97 a 19/08/97 (inverno) foram realizadas pelo Laboratório de Física Marinha (LFM/CEM-UFPR) novas observações de ondas entre a Ilha da Galheta e o Balneário Pontal do Sul (fig.1), as quais evidenciaram segundo MARONE et.al. (1997), que em períodos de verão as ondas que adentram a baía apresentam alturas significativas menores que 0,5m, com períodos da ordem de 7s. Ondas menores, com alturas de até 0,25m, apresentam períodos chegando a atingir até 12s. A direção média principal de chegada de ondas é SE. Ainda segundo os mesmos autores, as ondas possuem uma característica não linear de propagação, implicando em um maior poder energético na ressuspensão e no transporte de sedimentos.

Para o período de inverno as ondas apresentam alturas significativas menores que 0,3m, com períodos da ordem de 5s. A direção principal de chegada de ondas é S-SE, ligeiramente diferente da situação encontrada no verão (MARONE et.al. 1997).

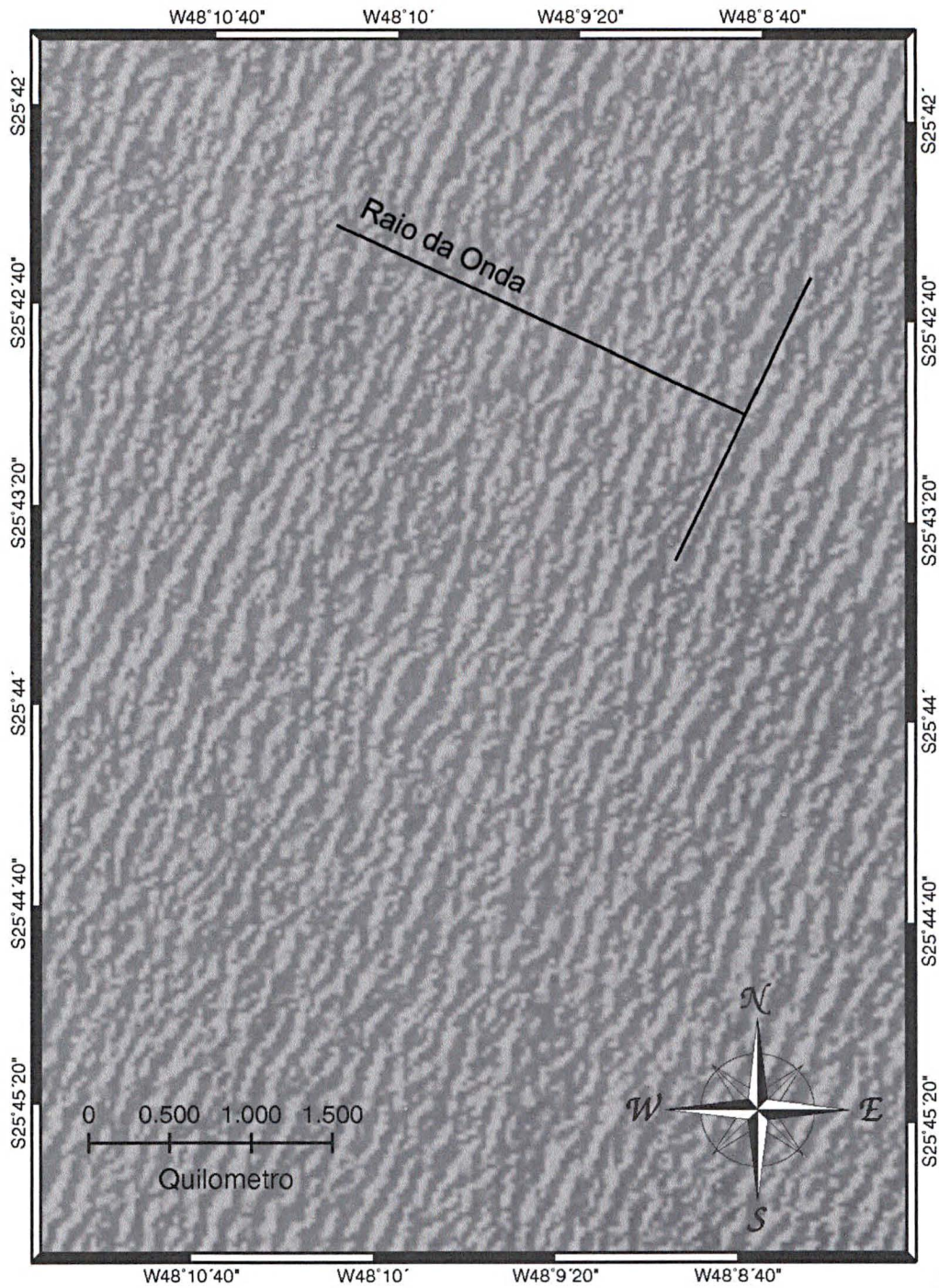
Através de um apanhado da bibliografia referente a dinâmica costeira do litoral paranaense, análise comparativa de fotografias aéreas e dados de campo disponíveis na literatura, GOBBI (1997) implementou um modelo numérico de propagação de ondas no litoral paranaense, sendo constatação desse autor um clima de ondas bem distribuído ao longo do ano não havendo marcadamente ondas de uma direção preferencial. Constatou-se também que para o estado do Paraná pode-se considerar que todas as ondas chegam de direções cuja variabilidade entre a máxima e a mínima direção é de aproximadamente 90°.

NOERNBERG (2001) utilizou imagem Landsat, para caracterizar o comportamento das ondas incidentes na zona costeira adjacente à desembocadura sul da Baía de Paranaguá, na profundidade de 20 m e em evento pós-frontal, para o dia 26 de setembro de 1999, (fig. 2). Apresentou como resultados:

- direção de propagação aproximada: 115°;
- comprimento de onda aproximado (L): 130 m;
- período da onda(T): 9,13 s;
- número de onda ( $K$ ): 0,048 ondas/m;
- frequência angular ( $\sigma$ ): 0,688 ciclos/s;
- velocidade da onda ( $c$ ): 2,03 m/s.

Em monitoramento anual realizado na praia do Atami, através de observações visuais, SOARES et. al. (1997) evidenciou que a altura média (Hm) das ondas que incidiram nesta praia durante o período foi de 65 cm com período médio (Pm) de 7,5 segundos. BORZONE et. al. (1998) em monitoramento similar também para esta localidade, registrou valores de altura média (Hm) de 68 cm e período médio (Pm) de 8,4 segundos. Para a praia do balneário Caravelas, BORZONE et. al. (1998) evidenciou altura média (Hm) de 80 cm e período médio (Pm) de 9,4 segundos.

**FIGURA 2:** TREM DE ONDAS NA ISÓBATA DE 20 METROS INFERIDA A PARTIR DE IMAGEM LANDSAT 7-ETM+ DE 26 DE SETEMBRO DE 1999 ( NOERNBERG, 2001).



### **3.2.3 Correntes de deriva litorânea**

O mecanismo e o sentido de transporte de areia na região da praia são fortemente controlados pelo movimento das águas, que por sua vez é consequência das correntes produzidas principalmente pela ação das ondas, como as correntes de deriva litorânea e correntes de retorno (*rip currents*).

As correntes de deriva litorânea surgem quando as ondas não atingem perpendicularmente o litoral. O ângulo de incidência das ondas propicia movimentação da água e material em suspensão numa trajetória em zigue-zague, cuja resultante é um transporte paralelo à costa (CHRISTOFOLLETI, 1980).

Correntes de retorno ou *rips* são caracterizadas por fluxos estreitos, posicionados normal ou obliquamente em relação a costa, que atravessam a zona de surfe em direção ao mar. São alimentadas pelas correntes paralelas à costa, e tendem a extinguir-se logo após a zona de surfe em direção ao mar, formando células de circulação (SHORT, 1985).

As correntes de deriva litorânea atuantes no litoral paranaense , segundo ANGULO (1992,1993a,1996) e SOARES et.al. (1994,1997), possuem sentido dominante S – N.

#### 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora os conceitos utilizados para definir o termo praia possam diferir consideravelmente entre si, é evidente o carácter não coesivo dos sedimentos que as compõe e também a dominância nestes sistemas de fatores hidrodinâmicos como ondas, marés e correntes.

Angulo (1996), referiu-se a praias como ambientes de sedimentação litorâneos clásticos dominados por ondas, sendo ambientes de transição entre os continentais e marinhos, também referidos como ambientes de alta energia. Distinguem-se dos ambientes litorâneos protegidos, nos quais geralmente as marés tem influência predominante e as ondas, ação restrita.

Segundo KOMAR (1976), praia é uma acumulação 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 simplesmente até o ponto de fixação permanente da vegetação. Para incluir a porção subaquosa adjacente a este ambiente, o autor utiliza o termo litoral, cujo limite seria aquela profundidade na qual o sedimento não é mais transportado ativamente pelas ondas.

No estado do Paraná, segundo BIGARELLA et al.(1978), as praias apresentam pequena inclinação (2 a 6°), tendo como material que as compõe um domínio quase que absoluto de grãos de quartzo com granulação relativamente uniforme, constituída predominantemente de areia fina a média.

Os sedimentos da praia do balneário Atami são formados por areias muito finas (3 – 4  $\phi$ ), muito bem selecionadas, compostas basicamente por quartzo (SOARES et.al.,1997 ). Segundo BORZONE et.al. (1998), os sedimentos que compõe a praia do balneário Caravelas são formados por areias finas à médias (1,6 - 2.2  $\phi$ ) moderadamente a bem selecionadas.

Praias arenosas oceânicas apresentam-se como sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente ajustam-se a flutuações dos níveis de energia locais (HOEFEL,1998), sendo que as praias arenosas paranaenses, segundo



ANGULO (1993b), estendem-se ao longo de todo o litoral de mar aberto, interrompidas apenas por alguns pontais rochosos e pela embocadura das baías de Paranaguá e Guaratuba.

Dependendo da variabilidade do regime de ondas, da maré, do vento e das características dos sedimentos, uma praia pode variar amplamente de configuração em relação ao seu estado mais freqüente ou modal, e segundo GUERRA & DA CUNHA (1995), é justamente tanto o estado modal quanto a amplitude de variação, em relação a este estado, que diferenciam as praias no tocante a sua morfodinâmica.

As ondas incidentes de mar afora representam a principal entrada de energia para os sistemas praias e a variabilidade destes sistemas fica, portanto, diretamente dependente da variabilidade do próprio clima de ondas (WRIGHT & SHORT, 1984).

Ondas de alta energia tendem a propiciar a migração de grandes volumes de sedimentos em direção ao mar, depositando-os na zona de surfe sob forma de bancos longitudinais à praia, sendo que com o decréscimo dos níveis de energia, os sedimentos seriam transportados novamente em direção à praia, fazendo os bancos migrarem em direção a costa até passarem a fazer parte do sistema praial.

Segundo KOMAR (1976), a granulação também exerce importante efeito sobre o perfil praial 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 gera perfis de equilíbrio gradualmente mais íngremes. O autor afirma que os três fatores que controlam a distribuição do tamanho de grãos nos sedimentos da praia são: fonte do sedimento, nível de energia e declive geral do perfil praial.

Quando a distribuição granulométrica é bi-modal, o estudo de sua influência torna-se mais complexo. Nesses casos, a utilização de parâmetros estatísticos como média, mediana ou desvio padrão não propicia uma aproximação realística. Segundo CALLIARI (1994), a análise fatorial demonstra-se muito eficiente nestes casos. Particularmente em praias ricas em sedimentos grossos, a associação de grupos fatoriais de sedimentos com subambientes praias reflete a diferenciação produzida pelos níveis energéticos de cada zona.

Um modelo de variabilidade espacial da praia e zona de surfe foi desenvolvido na escola "australiana de geomorfologia". Foram reconhecidos seis estados ou estágios morfológicos distintos, associados a diferentes regimes de ondas e marés, caracterizados por dois extremos (estado dissipativo e estado refletivo) e quatro estados intermediários (SHORT,1979; WRIGHT et.al.,1979; WRIGHT et.al.,1982; WRIGHT & SHORT,1984; WRIGHT et.al.,1985).

No estado dissipativo, a zona de surfe é larga, apresenta baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia, sendo também baixo o gradiente da praia. O estado refletivo, ao contrário, é caracterizado por elevados gradientes da praia e fundo marinho adjacente, o que praticamente elimina a zona de surfe, apresentando berma de praia elevada. Os estados intermediários são caracterizados por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal, em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebenção em direção à praia.

Por envolver tanto processos dissipativos como reflectivos, a caracterização morfodinâmica dos estágios intermediários é mais complexa e menos estável. Considerando-se uma seqüência acresciva (declínio energético), os estados intermediários sucedem-se na seguinte ordem:

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

Os estados morfodinâmicos de uma praia podem ser definidos a partir de alguns parâmetros sendo um deles o cálculo do parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação ou parâmetro adimensional de Dean ( $\Omega$ ), obtido pela expressão  $\Omega = H_b / W_s T$ , onde  $H_b$  = altura da arrebenção,  $W_s$  = velocidade de decantação do sedimento,  $T$  = período de onda (WRIGHT et al. 1979, SHORT 1984). Com base na relação de equilíbrio entre o estado da praia e os valores de  $\Omega$ , WRIGHT et al. (1985) fixaram valores médios de  $\Omega$  ( $\Omega''$ ) (Tabela 1).

**TABELA 1: RELAÇÕES DE EQUILÍBRIO ENTRE O ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA E  $\Omega$  (WRIGHT et al. 1985).**

<b>Estados Morfodinâmicos</b>	<b><math>\Omega</math>' (<math>\Omega</math> Médio)</b>	<b><math>\sigma</math> (desvio padrão)</b>
Refletivo	<1.5	----
Terraço de Baixa-Mar (LTT)	2.40	0.19
Bancos Transversais (TBR)	3.15	0.64
Banco e Praia de Cúspides (RBB)	3.50	0.76
Banco e Calha Longitudinal (LBT)	4.70	0.93
Dissipativo	>5.50	----

Outros dois parâmetros utilizados para a determinação dos estados morfodinâmicos de uma praia foram o parâmetro escalar de arrebentação ( $\varepsilon$ ), representado pela equação  $\varepsilon = a_b \cdot \omega^2 / g \cdot \tan^2 \beta$ , onde  $a_b$  = amplitude da onda na arrebentação (m),  $\omega$  = frequência da onda incidente,  $g$  = aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ) e  $\beta$  = ângulo da declividade da praia; e o número de Iribarren ( $\Sigma_b$ ), representado pela equação  $\Sigma_b = \tan \beta / (H_b / L_o)^{0.5}$ , onde  $H_b$  = altura da onda na arrebentação (m),  $\beta$  = ângulo da declividade da praia e  $L_o$  = comprimento da onnda em águas profundas (m).

No estado do Paraná, BORZONE et.al. (1998), utilizou para calcular os estados morfodinâmicos de algumas praias, além do parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação ( $\Omega$ ) o parâmetro escalar de arrebentação ( $\varepsilon$ ).

O parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação ( $\Omega$ ) indicou a presença de estados morfodinâmicos refletivos em cinco praias, Centro, Leste, Caravelas, Real e Mansa, sendo que apenas duas (Real e Mansa) apresentaram um estado morfodinâmico modal refletivo. O estado morfodinâmico dissipativo caracterizou quatro praias, da Fortaleza, Grande, Fora Sul e Monte Carlo. Condições dissipativas também foram encontradas na praia do Atami, se considerado o estado morfodinâmico modal.

O parâmetro escalar de arrebentação ( $\varepsilon$ ), indicou uma forte reflexão em apenas uma praia (Mansa). Dissipação ocorreu em três praias (Ponta do Bicho, Fortaleza e

Centro) e alta dissipação nas oito últimas (Grande, Fora Sul, Atami, Leste, Caravelas, Monte Carlo, Guaratuba e Nereidas).

GOBBI(1997), também calculou os estados morfodinâmicos de algumas praias paranaenses, utilizando além do parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação ( $\Omega$ ) e o parâmetro escalar de arrebentação ( $\epsilon$ ), o número de Iribarren ( $\Sigma b$ ).

Analisando os resultados, tem-se que o parâmetro adimensional de velocidade de sedimentação ( $\Omega$ ) indica que todas as praias são dissipativas, exceto a praia Brava de Caiobá, que é intermediária, mas no limiar, ou seja, quase dissipativa. O parâmetro escalar de arrebentação ( $\epsilon$ ) indica que todas as praias possuem alta dissipação. Finalmente, o número de Iribarren ( $\Sigma b$ ), indica quatro praias intermediárias, mas também próximas do limiar para as dissipativas, e duas praias dissipativas, em balneário Shangrilá e Atami (Tabela 2)

Especificamente para a praia do balneário Atami, SOARES et.al.(1997), calcularam a partir de dados de altura e período das ondas, o parâmetro adimensional de Dean ( $\Omega$ ) e o parâmetro escalar de arrebentação ( $\epsilon$ ). A praia apresentou estágios morfodinâmicos intermediários somente durante alguns meses de primavera e verão, sendo dissipativa nos demais meses.

Com isso, pode-se concluir, que do ponto de vista morfodinâmico, as praias do Paraná são predominantemente dissipativas, comportando-se de forma intermediária e até refletivas em alguns trechos, e para algumas condições.

A morfologia das praias pode apresentar mudanças em escalas que vão de dias a anos até décadas. No geral, as mudanças em escalas anuais ou maiores estão associadas ao transporte longitudinal de sedimentos, enquanto que mudanças cíclicas, diárias a semi-anuais estão relacionadas ao transporte transversal (DAVIS JR. & FOX, 1972).

Segundo WRIGHT & SHORT (1983) as mudanças cíclicas de curto prazo nos perfis praias, são tanto ou mais importantes que as mudanças anuais, por estarem relacionadas a eventos de alta energia sobre a costa, como as tempestades.

TABELA 2: PARÂMETROS MORFODINÂMICOS PARA ALGUMAS PRAIAS DO LITORAL PARANAENSE (GOBBI, 1997).

Perfil	$\Omega$	$\varepsilon$	$\Sigma b$
Praia de Brejatuba	8,03 dissipativa	38,5 alta dissipação	0,29 intermediária
Praia Brava de Caiobá	4,84 intermediária	30,2 alta dissipação	0,32 intermediária
Bal. Albatroz (próximo ao perfil San Marino)	7,03 dissipativa	27,6 alta dissipação	0,34 intermediária
Praia de Leste	7,2 dissipativa	32,4 alta dissipação	0,31 intermediária
Bal. Shangrilá	6,02 dissipativa	89,2 alta dissipação	0,19 dissipativa
Bal. Atami	7,08 dissipativa	99,0 alta dissipação	0,18 dissipativa

O vento, dentre os elementos climáticos, assume função importante na morfogênese litorânea por causa da edificação de dunas costeiras e por gerar ondas e correntes que, juntamente com as marés, estabelecem o padrão de circulação das águas marinhas nas zonas litorâneas e sublitorâneas (CHRISTOFOLLETI, 1980).

Sendo variáveis a direção e a força dos ventos, é de se esperar que o perfil de praia sofra constante modificação, de sorte a adaptar-se às condições vigentes. O equilíbrio da praia é apenas temporário, estando o balanço entre erosão e deposição sujeitos a ciclos. Segundo BIGARELLA et.al. (1978), no estado do Paraná os avanços dos sistemas frontais, acompanhados de fortes ventos do quadrante sul, causam erosão pronunciada nas praias, sendo que nos períodos intermediários entre os avanços dos sistemas frontais, a praia é reconstruída.

A agitação marítima acentuada que acompanha a trajetória de alguns sistemas frontais apresenta-se como uma das principais condicionantes dos processos erosivos/deposicionais atuantes na costa sul brasileira.

Além dos sistemas frontais e agitação marítima associada, ocorrem ciclos menores de erosão e deposição associados a marés de sizígia e quadratura, bem como ciclos não previsíveis tais como a incidências de ondas de tempestades não relacionadas aos sistemas frontais.

Quando se trata de definir os ambientes e subambientes de sedimentação de depósitos litorâneos clásticos em meios dominados pela ação das ondas, um dos problemas encontrados refere-se à terminologia utilizada para designá-los, sendo observado nas bibliografias discrepâncias que refletem divergências e imprecisões conceituais.

Não sendo o objetivo deste trabalho a discussão e a análise da referida terminologia, a necessidade da padronização dos termos para um melhor entendimento, levou-nos a utilizar a proposta apresentada por ANGULO (1996), o qual desenvolveu um perfil hipotético de ambiente litorâneo com termos em inglês, a partir dos dados apresentados por diversos autores, posteriormente traduzidos considerando propostas brasileiras (figs 4 e 5).

Na definição, delimitação e caracterização dos ambientes sub-ambientes foram considerados aspectos referentes a variações relativas do nível do mar em períodos de curto prazo originados por marés e tempestades, processos originados por ondas, morfologia e características sedimentológicas.

Basicamente o referido perfil divide-se em cinco partes principais sendo elas: Pós-praia (*backshore*), Antepraia (*foreshore*), Face-litorânea (*shoreface*), Transição litoral costa-afora (*transition-offshore*), Costa-afora ou Plataforma Continental (*offshore* e *shelf* respectivamente).

A pós-praia, em direção ao continente, limita-se geralmente com dunas ou falésias. Para o mar limita-se com a ante-praia. Morfologicamente, este limite é marcado por uma mudança de declive, que constitui a crista da berma. Com relação a hidrodinâmica, a pós-praia situa-se acima do nível de preamar médio, entre o limite de

espraiamento das ondas de preamar médio e o alcance máximo das ondas durante as tempestades ou marés muito altas. As feições morfológicas principais da pós-praia são as bermas.

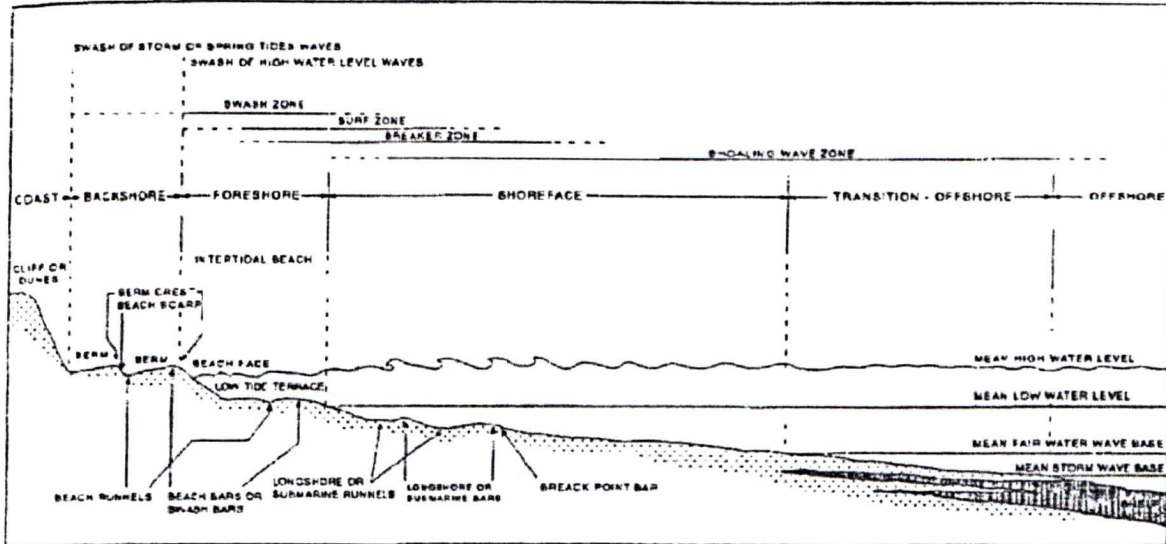
A ante-praia situa-se entre a pós praia e a face litorânea. Morfologicamente, pode ser dividida em uma parte superior, de maior declive, que pode ser denominada face praial e uma parte inferior, de menor declive, o terraço de baixa-mar. Com relação a hidrodinâmica, o limite superior da ante-praia corresponde ao limite de espraiamento das ondas de preamar médio e o limite inferior ao nível médio de maré baixa.

A face litorânea, em direção a costa, limita-se com a ante-praia e, rumo ao mar com a zona de transição. Com relação a hidrodinâmica, a face litorânea estende-se desde o nível médio de maré baixa até a base de ação das ondas ou média da base de ondas de bom tempo. Pode ocorrer em seus limites canais e barras, que podem ser denominados barra litorâneas longitudinais ou também barras submarinas. Na zona de arrebentação pode existir uma barra de arrebentação. Os canais podem ser denominados de canais litorâneos longitudinais.

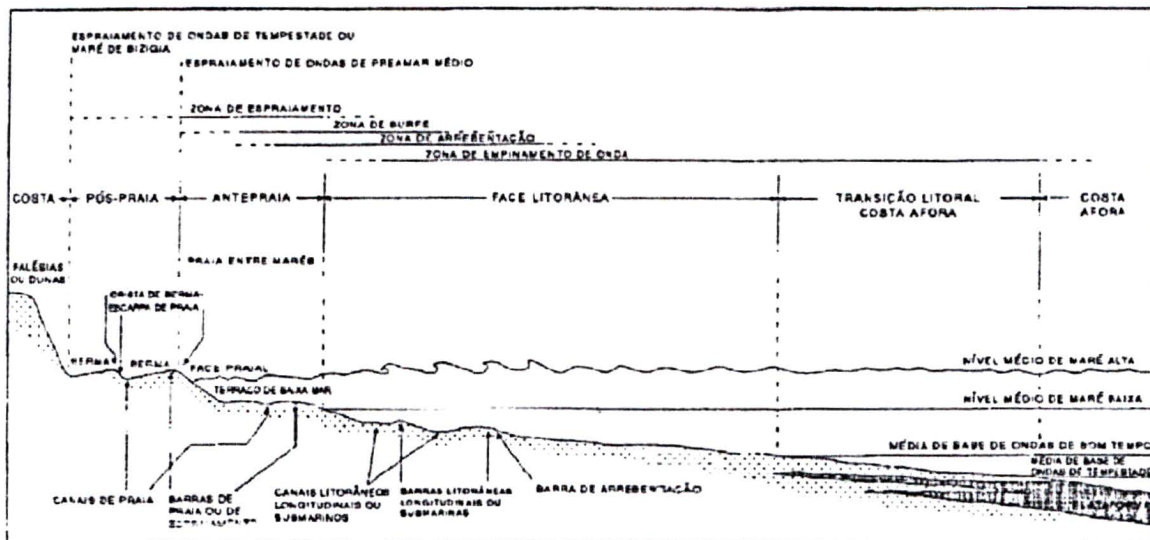
A zona de transição litoral-costa afora localiza-se entre a face litorânea e a plataforma, e pode-se denominá-la simplesmente zona de transição. Hidrodinamicamente, esta localiza-se entre a média da base de ondas de bom tempo e a média da base de ondas de tempestade.

A plataforma continental estaria localizada na costa afora, possuindo como limite em direção a costa a zona de transição ou a média da base de ondas de tempestade.

**FIGURA 3: TERMINOLOGIA EM LÍNGUA INGLESA DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS (ANGULO, 1996).**



**FIGURA 4: TERMINOLOGIA EM LÍNGUA PORTUGUESA DE AMBIENTES E SUBAMBIENTES LITORÂNEOS (ANGULO, 1996)**





## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Trabalhos de campo**

Inicialmente o planejamento amostral visou realizar um monitoramento mensal, procurando fazer amostragens também antes e após a incidência de sistemas frontais, principalmente dos sistemas acompanhados de agitação marítima acentuada. Dificuldades em decorrência da impossibilidade de se efetuar as amostragens em dias de mau tempo ou mar agitado, bem como pela necessidade da disponibilidade de embarcação e de pessoal para auxílio, impediram que a periodicidade das amostragens fosse mantida durante todo o período do monitoramento.

Sendo assim, foi possível realizar doze amostragens para o perfil Atami e dez para o perfil San Marino. Em um único caso conseguiu-se amostrar antes e após a incidência de um sistema frontal com agitação marítima associada.

#### **5.1.1. Amostragem na zona emersa do perfil**

A amostragem desta zona foi executada com os métodos tradicionais de nivelamento topográfico, com a utilização de nível, mira topográfica, trena e estacas. A localização dos perfis foi assegurada através da fixação de marcos de concreto a uma distância conhecida dos pontos de referência (P0), que neste caso eram cantos de edificações próximas aos locais de amostragem. O alinhamento dos perfis seguiu o alinhamento dos postes da rede elétrica adjacente aos P0.

As estações amostrais do perfil tiveram suas distâncias determinadas em função da morfologia do terreno, procurando detalhar as diferenças altimétricas ao longo do perfil.

#### **5.1.2. Amostragem na zona submersa do perfil**

Com a intenção de se realizar amostragens na zona submersa dos perfis, criou-se a demanda do desenvolvimento de um equipamento que suprisse tal necessidade. A partir disto, um projeto passou a ser desenvolvido, o qual culminou na fabricação de um equipamento denominado "Trenó para medidas de fundo utilizando sensor de pressão", cuja apresentação e descrição encontra-se, a seguir, em forma de artigo de divulgação científica.

**SISTEMA PARA PERFILAGEM DE FUNDO NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO  
UTILIZANDO SENSOR DE PRESSÃO**

**Bottom profile device based on a pressure sensor for use on the breaking zone**

**Clécio José Lopes de QUADROS\* [cleciolq@cem.ufpr.br](mailto:cleciolq@cem.ufpr.br) Eduardo  
MARONE\*, Vicente de Paula PRATA JR \*, Alfredo Duarte de ARAÚJO\***

**\*Centro de Estudos do Mar - UFPR**

## **ABSTRACT**

On this work, a successful device, fully developed at the Marine Physics Lab of the Center for Marine Studies of the Federal University of Paraná, Brazil is presented. Beside the working principles, the bottom profile methodology, also developed for this particular instrument, is described. Some examples, showing results obtained by the use of such instrumented sledge are also depicted here. The system consists in an aluminum base, in a form of a snow sledge, equipped with a mini-STD, which is capable to measure at time rate of up to 1 measure each 1 or 5 seconds, water temperature and salinity, as well as the water column height. The pressure sensor has an accuracy of up to 1 cm. The device is deployed behind the breaking zone using a fisherman or small rubber boat, capable to depart from the beach. The device, measuring at its maximum rate, is then recovered using a long graduated and weighted rope. The recovering is performed, in a straight line, with intervals of 9 meters, stopping for a short period to obtain enough data in fixed points. When the device is still underwater, but near the beach, a leveling rod is located at the pressure sensor in order to reference the vertical profiles to a fixed land benchmark by using a precision topographic level. The topographic leveling is also performed over the beach. Pressure data are then filtered from wave action at lab, resulting in a full and complete topographic profile, from behind the breaking zone up to any reference point at the back of the sandy beach. The sledge format, the weighted rope and the filtering procedures ensured straight line profiling and an adequate elimination of the surface waves signal. The topographic profiles obtained and presented as examples, shown enough accuracy in depicting the effect of meteorological fronts over the sampled beaches.

**Key words:** beach profiles, bottom profiler, beach dynamic.

## **SISTEMA PARA PERFILAGEM DE FUNDO NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO UTILIZANDO SENSOR DE PRESSÃO**

**Clécio José Lopes de QUADROS\* [cleciolq@cem.ufpr.br](mailto:cleciolq@cem.ufpr.br) Eduardo  
MARONE\*, Vicente de Paula PRATA JR\*, Alfredo Duarte de ARAÚJO\***

**\*Centro de Estudos do Mar - UFPR**

### **INTRODUÇÃO**

O levantamento topográfico das feições de fundo, presentes na zona de arrebentação de uma praia, através dos métodos convencionais de nivelamento topográfico, é de difícil realização devido às condições turbulentas, típicas da zona de arrebentação. Métodos alternativos de nivelamento topográfico para registro de feições de fundo, bem como o monitoramento de suas migrações, foram propostos inicialmente por Isaacs (1945, In: Reimnitz e Ross, 1971). Estudos alternativos da morfologia da zona de arrebentação foram iniciados no Brasil por Muehe & Souza (1997), seguidos por Martins *et al.* (1998), que desenvolveram trenós para a sustentação da mira topográfica, em porções da praia onde é difícil a operação da mesma na maneira convencional.

No presente trabalho apresentamos um sistema alternativo para o levantamento topográfico de perfis de praias incluindo sua parte submersa. Este sistema difere dos propostos por Muehe & Souza (1997) e Martins *et al.* (1998) pois utiliza medidas de profundidade, obtidas através de sensores de pressão, para identificar os desníveis nas porções submersas do perfil, substituindo a mira topográfica.

### **DESCRIÇÃO DO SISTEMA**

O referido sistema consiste em um trenó para medidas de fundo, construído em alumínio e equipado com um Mini STD Sensordata SD200, que possui sensores tais como: profundímetro, termômetro e salinômetro.

A estrutura deste trenó apresenta dois esquis feitos de barras de alumínio com comprimento de 1,2 m, largura de 0,1 m e espessura de 0,01 m. Os esquis estão conectados por duas barras do mesmo material com comprimento de 0,65 m, largura de

0,05 m e espessura de 0,01 m. Montado, o trenó possui uma altura de 0,15 m. As barras transversais não possuem emendas, sendo suas extremidades dobradas e parafusadas nos esquis que estão separados lateralmente por uma distância de 0,55 m. Furos nas barras transversais foram utilizados para fixação do Mini-STD, dos cabos de resgate através de manilhas e de bóia de localização visual e/ou segurança (Fig. 5).



**FIGURA 5:** SISTEMA DE TRENÓ EQUIPADO COM STD SD 200. POSSUI COMO DIMENSÕES NOMINAIS 120 CM DE COMPRIMENTO POR 75 CM DE LARGURA.

### **MÉTODO DE OPERAÇÃO**

Utilizando-se uma embarcação capaz de transpor a zona de arrebentação das ondas em condições de mar calmo, o sistema é lançado ao fundo além da arrebentação e resgatado pela praia através de um cabo. Este cabo é chumbado a cada três m para evitar o arrasto lateral devido à deriva litorânea, servindo também para o controle das distâncias percorridas pelo trenó num alinhamento fixo.

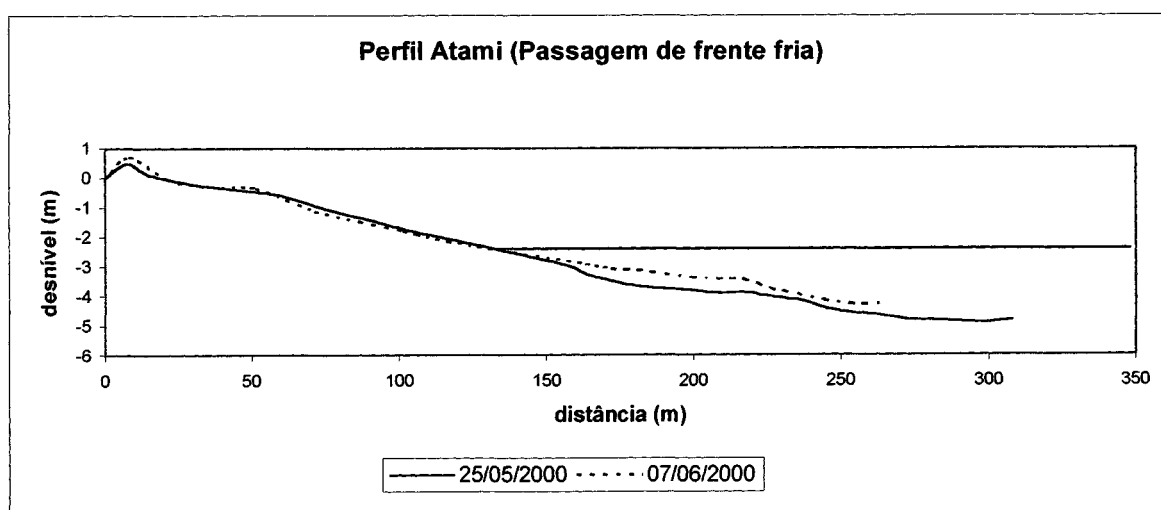
Uma estação amostral é realizada a cada nove metros de percurso marcados através da graduação feita no cabo de resgate. O registro de dados no STD é programado para ocorrer a cada cinco segundos. Em cada estação amostral o sistema permanece parado durante um minuto. Com o sincronismo de horários no aparelho e no relógio do operador, estas estações podem ser identificadas nos registros dos dados. A profundidade em cada estação amostral é definida pela média calculada para

cada minuto de dados coletados, garantindo a filtragem do efeito das ondas de superfície com períodos não superiores a 15 s.

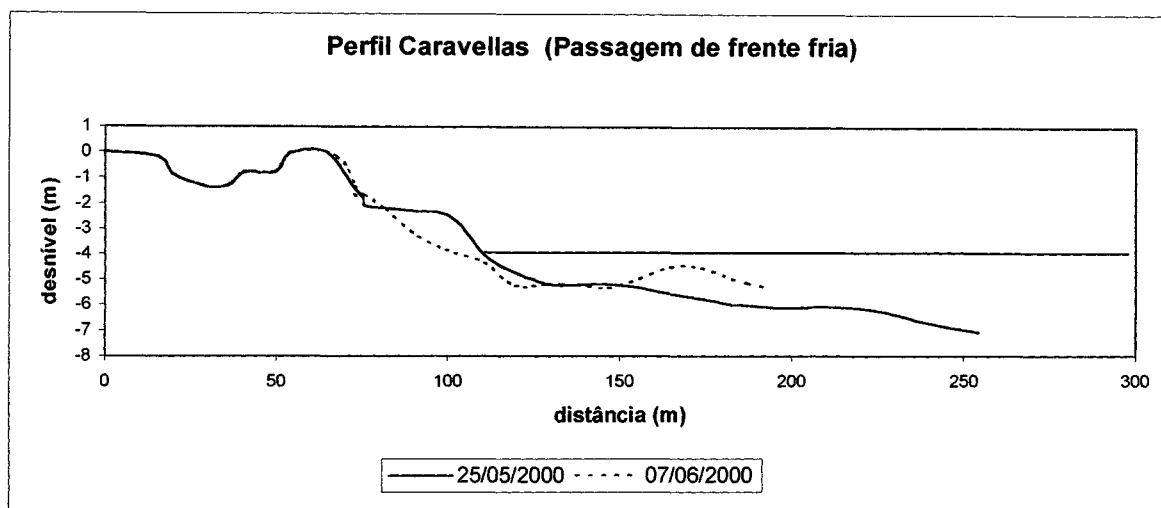
A transição entre o levantamento feito na parte submersa e o efetuado na parte emersa, através dos métodos convencionais de nivelamento topográfico, é feita utilizando-se a linha d'água como referência de nível em comum. Para tanto é medido o desnível entre o trenó, quando o mesmo atinge uma profundidade de cerca de 1 m, e da linha d'água, considerada como sendo a linha de areia saturada na face da praia.

## RESULTADOS

Este sistema foi testado em praias do litoral paranaense que são predominantemente dissipativas, com baixa declividade e formadas em geral por areia fina à média. Como exemplo dos resultados gerados por essa nova técnica apresenta-se uma comparação das mudanças morfológicas sofridas por duas praias, Balneário Atami (Fig. 6) e Balneário Caravellas (Fig. 7), após a passagem de um sistema frontal ocorrido entre 25/05/2000 e 07/06/2000.



**FIGURA 6:** COMPARAÇÃO DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS SOFRIDAS PELO PERFIL DA PRAIA DO BALNEÁRIO ATAMI, APÓS A PASSAGEM DE UM SISTEMA FRONTAL.



**FIGURA 7: COMPARAÇÃO DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS SOFRIDAS PELO PERFIL DA PRAIA DO BALNEÁRIO CARAVELLAS, APÓS A PASSAGEM DE UM SISTEMA FRONTAL.**

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do emprego dessa técnica têm sido satisfatórios para a utilização do sistema em praias dissipativas, com declividade suave e durante condições de mar calmo. O sistema proposto neste trabalho é de fácil operação e sua construção é de baixo custo. O elemento mais oneroso do sistema é representado pelo Mini-STD.

Como desvantagens dessa técnica podem ser citadas as seguintes:

- a) Necessidade de utilização de uma embarcação;
- b) Medidas de distâncias na porção submersas são imprecisas, porém aceitáveis devido às grandes dimensões e suavidade das feições alvo.

Como vantagens na utilização dessa técnica podem ser citadas as seguintes:

- a) Grande abrangência do levantamento em termos de extensão do perfil investigado;
- b) Possibilidade de medição de outros parâmetros físicos como salinidade e temperatura ao longo do perfil.

Vale realçar que as condições do mar têm um importante papel, pois o tamanho das ondas pode impedir a operação de embarcações e correntes de deriva muito

intensas podem aumentar a imprecisão das medidas de distâncias na porção submersa do perfil.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao convênio de cooperação entre a Associação dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) e Centro de Estudos do Mar (CEM-UFPR), os quais tornaram possível a realização deste projeto.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Martins,R.R.; Toldo Jr,E.E.; Almeida,L.E.S.B. 1998. Trenó para medidas do fundo da zona de surf. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, **3**: 105 -110.
- Muehe,D; Souza,S.R. 1997. Determinação do perfil de praia na zona de surf e arrebentação através do emprego do trenó submarino. **Notas Técnicas**, **10**: 1-5.
- Reimnitz,E.; Ross,D.A. 1971. The Sea Sled – a device for mesuring bottom profiles in the surf zone. **Marine Geology**, **11**: 27 - 32.



## **5.2. Quantificação dos sistemas frontais**

O número de ocorrência de sistema frontais que atingiram a região de Paranaguá durante o período de amostragem dos perfis, foi apurado com o auxílio dos Boletins Mensais de Sistemas Frontais disponibilizados pela página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Através dos boletins de Eventos Notórios - Casos de Agitação Marítima de Grande impacto na América do Sul, disponibilizados pela página do Sistema de Previsão de Ondas - INPE, foi possível identificar os sistemas frontais que ocorreram acompanhados da incidência de agitação marítima acentuada na costa sul brasileira.

## **5.3. Cálculo dos volumes**

As variações volumétricas foram calculadas com o auxílio do *Software AutoCad*, no qual foram lançados os valores das coordenadas de X e Y (X=distância e Y=desnível) para cada amostragem das duas praias e em seguida fechando o perfil em forma de polígono.

Terminada esta fase calculou-se a área de cada um destes polígonos e em seguida transformou-se os valores de áreas em volumes através da seguinte equação:  
 $Área \times 1 = Volume$

Os valores de área foram multiplicados por 1 pois se assumiu que a largura de cada perfil é igual a 1m. Com isso, os balanços ficam expressos em m<sup>3</sup> por metro linear (m<sup>3</sup>/m) de praia (no sentido longitudinal).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Variações Morfológicas

No perfil Atami, as variações na morfologia da pós-praia mostraram-se bastante regulares, observando-se o aparecimento de uma berma incipiente, como nas amostragens dos dias 27/04/00, 25/05/00, 07/06/00, 28/06/00 e 21/08/00, 19/11/00, a diminuição da mesma como nos casos dos dias 23/03/00, 28/07/00, 29/09/00, 05/01/01 e 14/03/01, e até mesmo o seu desaparecimento como na amostragem do dia 06/06/01, sendo esta ocasião em que se observou um maior rebaixamento da pós-praia identificando-se a formação de um terraço na ante-praia do perfil (fig. 8).

Já na porção inferior de ante-praia, o perfil apresentou uma dinâmica mais acentuada, onde pode-se observar o aparecimento de terraços, em alguns casos curtos (23/03/00, 21/08/00 e 14/03/01) e em outros largos (29/09/00, 05/01/01 e 06/06/01). Ao término destes terraços, ainda dentro da ante-praia, podemos observar a presença de um degrau, onde há um maior declive em uma curta distância. A amostragem do dia 25/05/00 evidenciou a presença de um mesmo terraço e degrau associado só que em uma porção um pouco abaixo das demais, estando o mesmo localizado na altura do nível médio de baixa-mar.

A amostragem do dia 23/03/00 apresentou como particularidade a presença de um degrau na parte superior da ante-praia, estando este provavelmente relacionado a erosão causada pela incidência de ondas no nível médio de preamar.

Em algumas amostragens a ante-praia apresentou-se bastante plana, como nos dias 07/06/00 e 19/11/00, sendo que em 27/04/00, 28/06/00 e 28/07/00 foram constatadas a presença de barras e canais submersos associados, na parte inferior da ante-praia.

A curta porção de face litorânea amostrada para o perfil Atami, nos impossibilita de fazer uma análise detalhada deste ambiente praial, mas mesmo assim podemos evidenciar a presença de barras e canais submersos associados em algumas das amostragens, como nos casos dos dias 23/03/00 e 05/01/01. Nos demais dias, a pequena porção amostrada se apresentou bastante plana.

No perfil San Marino, as variações na morfologia da praia mostraram-se bastante intensas. Na pós-praia podem-se observar uma constante destruição e reconstrução de bermas. As amostragens dos dias 25/05/00, 19/11/00 e 06/06/01 evidenciam a presença de uma berma bem desenvolvida. Nos dias 28/06/00, 28/07/00, 21/08/00, e 14/03/00, nota-se a presença de uma berma aparentemente em reconstrução, sendo que nos dias 23/03/00, 07/06/00 e 29/09/01 observou-se uma completa ausência das mesmas (fig.9)

A ante-praia do perfil apresentou constante variação da inclinação, relacionadas à construção e reconstrução das bermas. Dentro dos limites da ante-praia não foram observadas feições características deste sub-ambiente praial, tais como terraços.

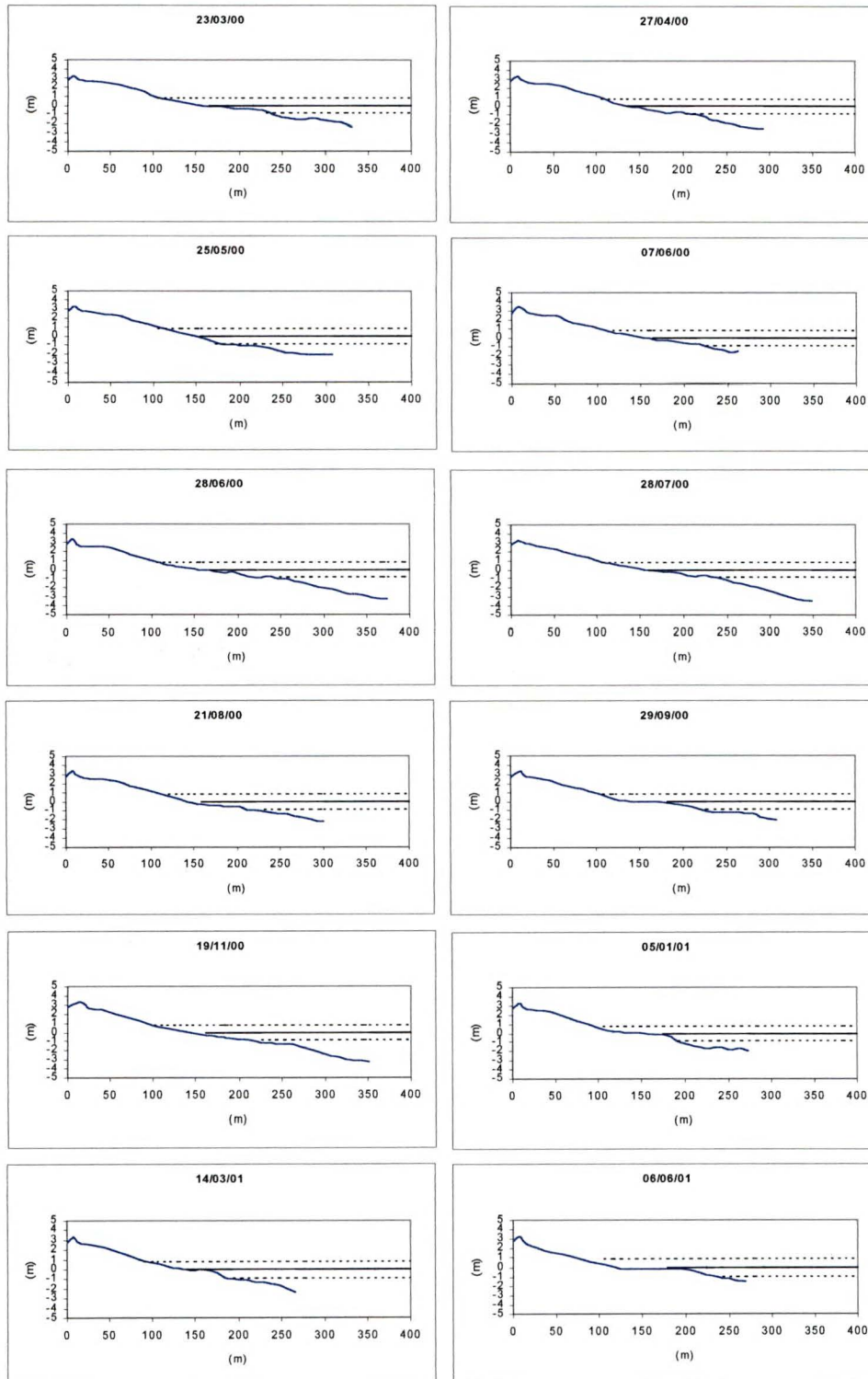
Na face litorânea podemos observar o aparecimento e o desaparecimento de barras e canais submersos associados. Nas amostragens dos dias 23/03/00, 25/05/00, 29/09/01 e 19/11/00, as barras submersas eram incipientes, sendo que no dia 23/03/00 observa-se um canal entre duas pequenas barras. Nas demais amostragens (07/06/00, 28/06/00, 28/07/00, 21/08/00, e 14/03/00) pode-se observar a presença de barras e canais submersos associados bem desenvolvidos, sendo que nos dias 07/06/00 e 28/07/00 os canais apresentam uma maior largura, como um terraço.

Devido a pequena porção de face litorânea amostrada no dia 06/06/01, não foi possível uma análise detalhada deste sub-ambiente, mas a forma do final do perfil sugere a existência de uma barra insipiente.

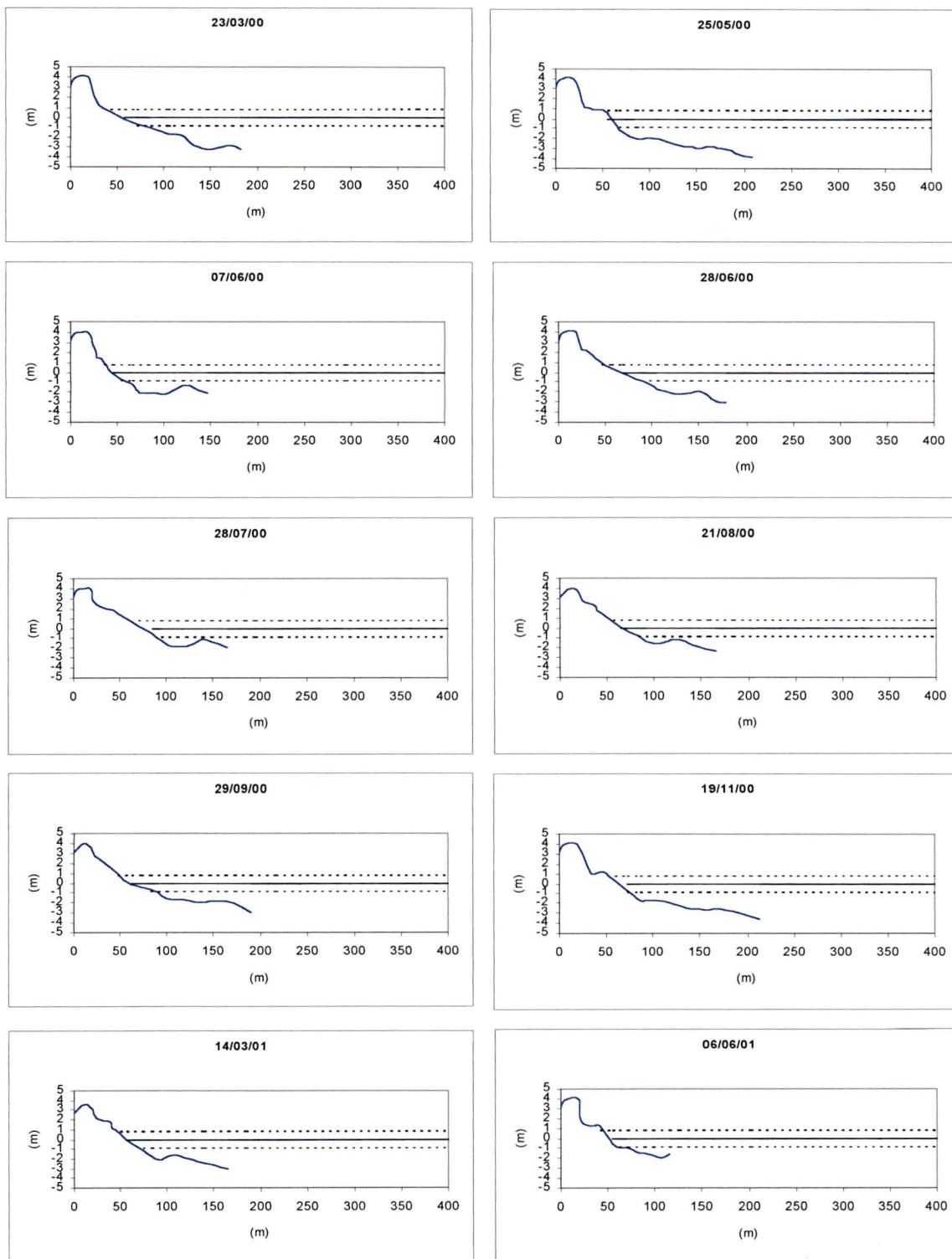
É interessante observar que nos dias que houve o aparecimento de bermas bem desenvolvidas na pós-praia (25/05/00,19/11/00 e 06/06/01), as barras submersas apresentavam-se bastante incipientes, e os dias que apresentaram ausência de bermas (23/03/00, 07/06/00 e 29/09/01), observa-se barras e canais submersos bem desenvolvidos, com exceção do dia 29/09/00 onde podemos constatar a presença de um pequeno canal submerso e uma incipiente barra adjacente.

Nas demais amostragens (28/06/00, 28/07/00, 21/08/00, e 14/03/00), nota-se a presença de bermas aparentemente em reconstrução, sendo que também observa-se barras e canais submersos associados aparentemente em migração a costa.

**FIGURA 8: PERFIS PRAIAS NO BALNEÁRIO ATAMI (PERFIL ATAMI) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.**



**FIGURA 9: PERFIS PRAIAS NO BALNEÁRIO CARAVELAS (PERFIL SAN MARINO) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001**



## 6.2 Variações Volumétricas

O resultado da variação volumétrica para o perfil do Balneário Atami, considerando todo o período de monitoramento, indicou uma perda de sedimentos de  $95.2 \text{ m}^3/\text{m}$  (Tabela 3).

Analisando individualmente, o período em que se observou o maior ganho foi o entre os dias 25/05/00 a 07/06/00, onde o volume de sedimentos depositados foi de  $51,3 \text{ m}^3/\text{m}$ , sendo que, o período em que se observou a maior perda foi o entre os dias 23/03/00 a 27/04/00, onde o volume de sedimentos erodidos foi de  $-90,8 \text{ m}^3/\text{m}$  (Tabela 3 e fig.8).

**TABELA 3: VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL PRAIAL DO BALNEÁRIO ATAMI (PERFIL ATAMI) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.**

Período	Saldo ( $\text{m}^3/\text{m}$ )
23/03/00 a 27/04/00	-90,8
27/04/00 a 25/05/00	20,0
25/05/00 a 07/06/00	51,3
07/06/00 a 28/06/00	3,0
28/06/00 a 28/07/00	-8,3
28/07/00 a 21/08/00	-13,3
21/08/00 a 29/09/00	11,3
29/09/00 a 19/11/00	-36,9
19/11/00 a 05/01/01	-39,9
05/01/01 a 14/03/01	-21,2
14/03/01 a 06/06/01	29,5
<b>Total</b>	<b>-95,2</b>

No perfil do Balneário Caravelas (Perfil San Marino), também considerando todo o período de monitoramento, este apresentou um ganho de sedimentos de  $8.5 \text{ m}^3/\text{m}$  (Tabela 4).

Analisando individualmente, o período em que se observou o maior ganho foi o entre os dias 07/06/00 a 28/06/00, onde o volume de sedimentos depositados foi de  $71,1 \text{ m}^3/\text{m}$ , sendo que, o período em que se observou a maior perda foi o entre os dias 14/03/01 a 06/06/01, onde o volume de sedimentos erodidos foi de  $77,1 \text{ m}^3/\text{m}$  (Tabela 4 e fig.9).

**TABELA 4: VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL PRAIAL DO BALNEÁRIO CARAVELAS (PERFIL SAN MARINO) NO PERÍODO DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.**

<b>Período</b>	<b>Saldo (m<sup>3</sup>/m)</b>
23/03/00 a 25/05/00	-22,8
25/05/00 a 07/06/00	15,1
07/06/00 a 28/06/00	71,1
28/06/00 a 28/07/00	50,5
28/07/00 a 21/08/00	-17,8
21/08/00 a 29/09/00	-27,5
29/09/00 a 19/11/00	-43,4
19/11/00 a 14/03/01	60,6
14/03/01 a 06/06/01	-77,1
<b>Total</b>	<b>8,5</b>

### 6.3 Incidência de Sistemas Frontais

Os casos de agitação marítima acentuada na costa sul brasileira, tendem a estar relacionados com a incidência de sistemas frontais. Este sistemas por sua vez estão intimamente relacionados com a trajetória dos centros de pressão e a ciclogênese, que nesta região é comandada principalmente pelo anticiclone do Atlântico Sul e pelo anticiclone Migratório Polar.

O anticiclone do Atlântico Sul, segundo IAPAR (1978), caracteriza-se como um centro de alta pressão, permanente e semi-fixo sobre o oceano, mantendo uma constante importância no sistema isobárico durante todo o ano, ora se afastando, ora se aproximando do continente, bem como oscilando em latitudes em função das variações sazonais de temperatura. Graças ao sentido geral da emissão do anticiclone, contrário aos ponteiros do relógio, ela tem grande poder de penetração para o interior do continente dominando a região sul com frequência.

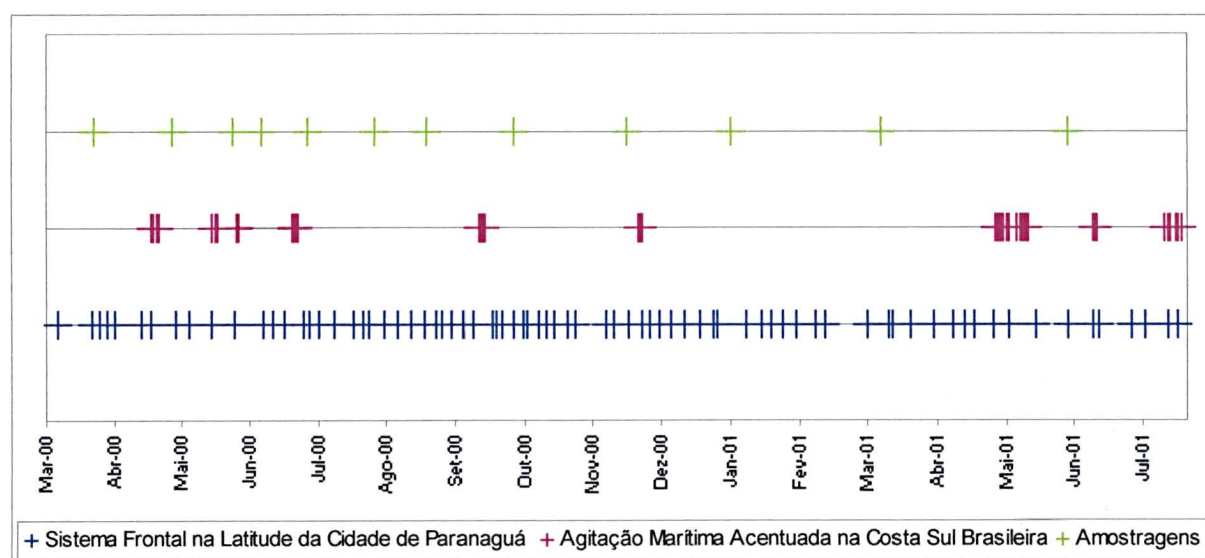
Além do anticiclone do Atlântico Sul, outro centro de alta é representado pelo anticiclone Migratório Polar. Este centro de ação positivo, formado nas latitudes subpolares, caracteriza-se por notável deslocamento, pois, devido ao gradiente térmico, existente entre as regiões polares e as baixas latitudes, é atraído para o Equador. O anticiclone Migratório Polar tem tanta importância na circulação atmosférica da região

sul quanto o anticiclone do Atlântico Sul. Ambos geram massas de ar cujos ventos da natureza anticiclônica ou divergentes asseguram, geralmente, estabilidade com tempo ensolarado, sendo que o anticiclone do Atlântico Sul dá origem à massa tropical marítima e o anticiclone Migratório Polar gera a massa polar.

Entre duas massas de ar ou duas altas existe sempre uma zona depressionária (zona de baixa), que se constitui numa descontinuidade para qual convergem os ventos das duas massas de ar. Nessas descontinuidades, os ventos convergentes ou ciclônicos tornam o tempo instável e geralmente chuvoso. Tais fenômenos são móveis e, por sua estrutura e deslocamento, denominam-se segundo IAPAR (1978), correntes de circulação perturbada. A região sul é marcadamente influenciada pelas correntes perturbadas do sul, que são as frentes polares ou sistemas frontais polares.

Dependendo da trajetória destes centros de pressão, ciclogênese associada e sistemas frontais induzidas pelos mesmos, a agitação marítima causada pelos ventos que fazem parte de tal processo pode refletir-se na costa sul brasileira ou não, sendo que a intensidade de tal agitação está diretamente relacionada com a referida trajetória e a proporção de tal fenômeno.

**FIGURA 10:** DATA DO LEVANTAMENTO DOS PERFIS PRAIAIS, OCORRÊNCIA DOS SISTEMAS FRONTAIS NA LATITUDE DA CIDADE DE PARANAGUÁ E AGITAÇÃO MARÍTIMA ASSOCIADA NO PERÍODO DE MARÇO DE 2000 À JULHO DE 2001.





Ao analisar o levantamento da incidência de sistemas frontais na latitude da cidade de Paranaguá (S 25°30'), podemos observar um ligeiro aumento da frequência destes sistemas nos meses de junho à outubro, correspondentes ao final do outono, inverno e início de primavera, sendo que as agitações marítimas acentuadas observadas no período do levantamento se concentraram principalmente entre os meses de abril a julho (fig. 10).

Correlacionando o levantamento da incidência de sistemas frontais com os dias em que houve agitação marítima acentuada na região, observamos que poucos sistemas frontais favorecem a ocorrência destas condições, sendo que via de regra, estas condições estão associadas a incidência dos sistemas frontais.

Como exemplo, podemos citar o caso ocorrido nos dias 26 e 27 maio 2000. Nestes dias um centro ciclônico (zona de baixa) e conseqüente sistema frontal associado, localizado no Atlântico Sul nas proximidades da costa, gerou uma acentuada agitação marítima na costa sul brasileira (Figuras 11 e 12). Mesmo sendo um dia de maré de quadratura, com preamares não tão altas, o efeito das ondas sobre a costa foi significativo, sendo observado destruição em áreas ocupadas.

**FIGURA11: CARTA SINÓTICA ILUSTRANDO O POSICIONAMENTO DOS CENTROS DE PRESSÃO, O VÓRTICE CICLÔNICO E A PASSAGEM DO SISTEMA FRONTAL NO EVENTO OCORRIDO NO DIA 27 DE MAIO DE 2000. FONTE: DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN).**

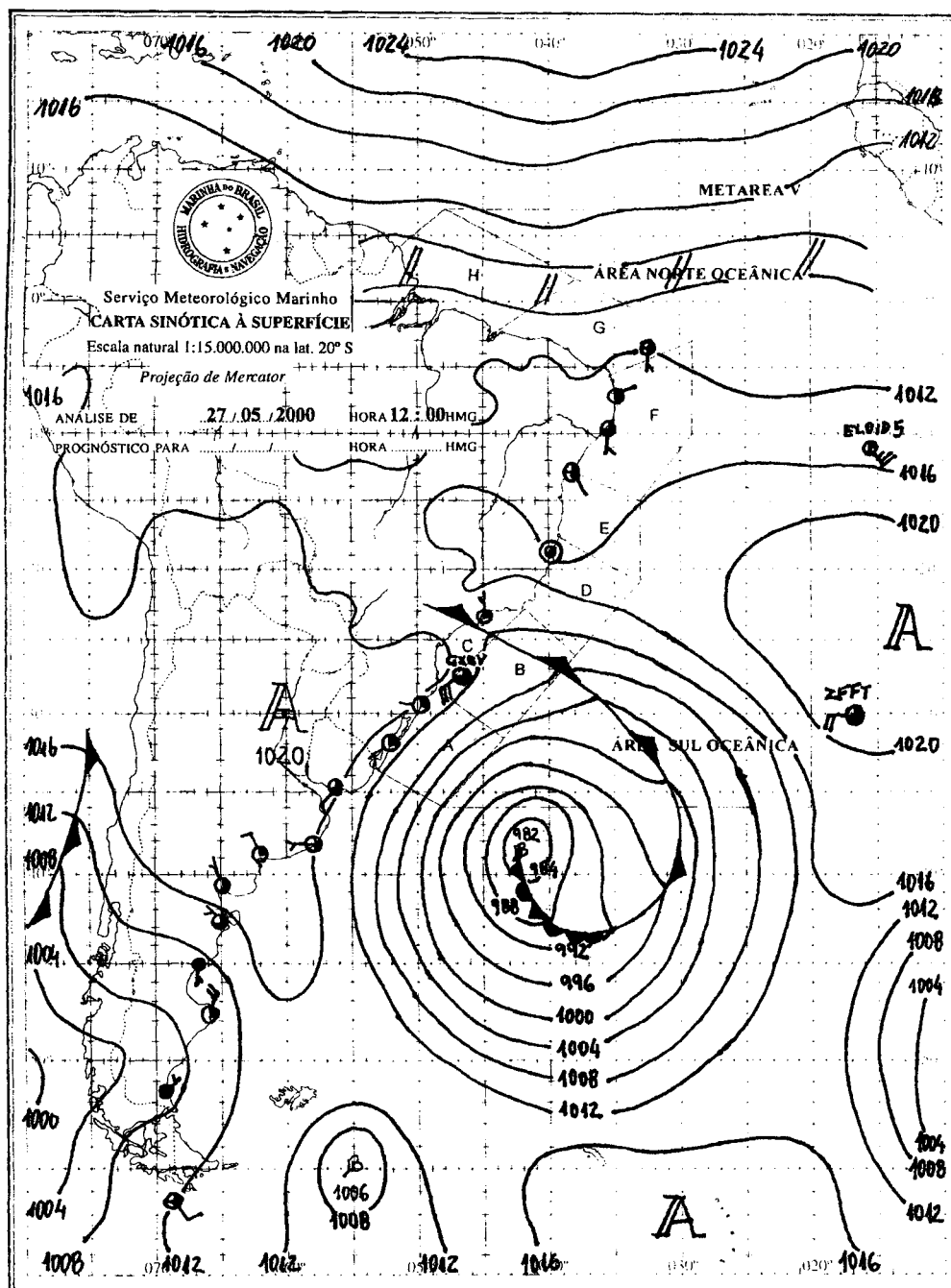
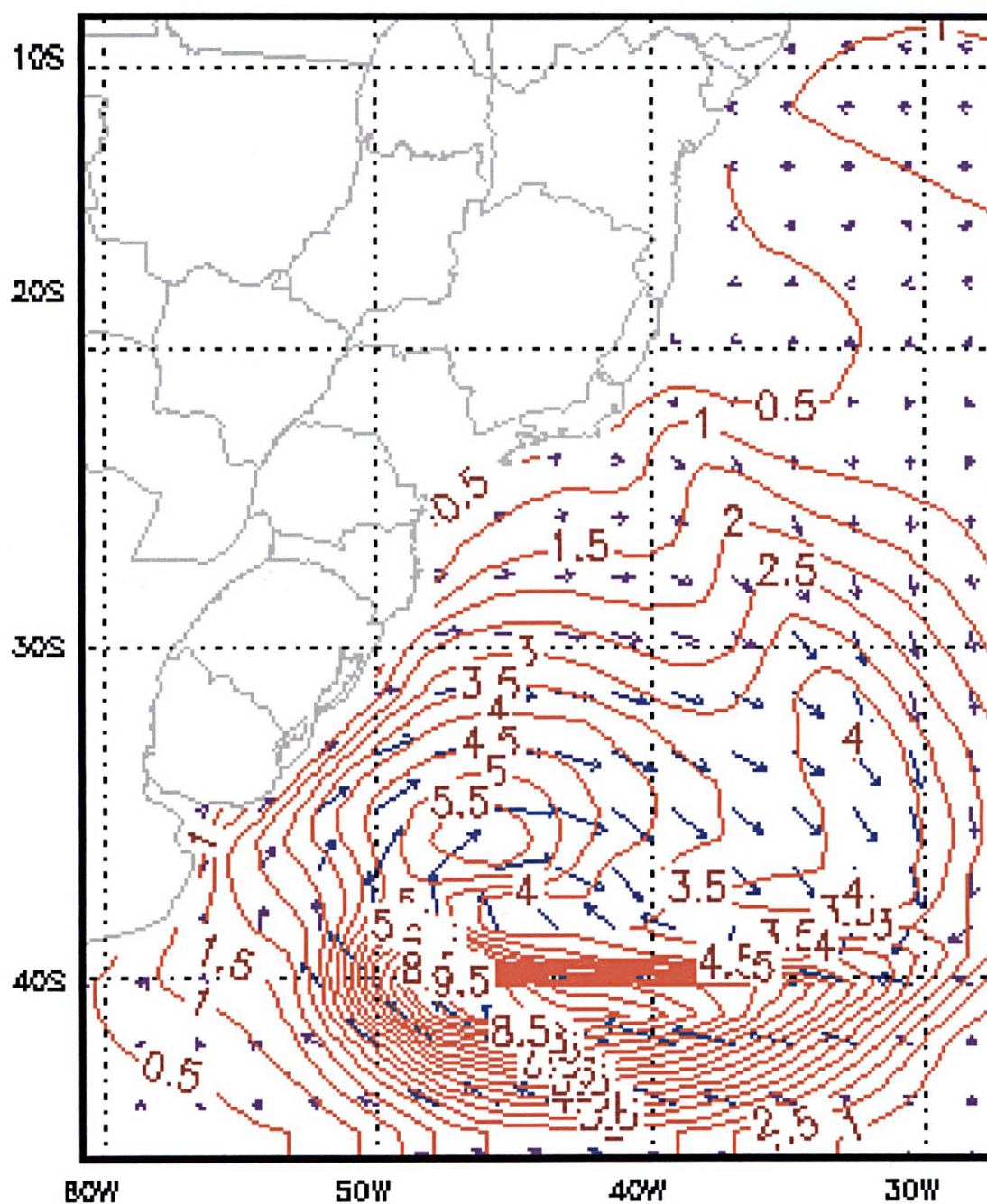


FIGURA 12: DIAGRAMA COM ATURA E DIREÇÃO DE ONDAS PARA A COSTA SUL BRASILEIRA NO DIA 27 MAIO 2000.FONTE: SISTEMA DE PREVISÃO DE ONDAS - INPE/CPTEC



## 7. DISCUSSÃO

### 7.1 Relação entre a morfologia e variação de volumes praias

No perfil Atami, numa análise dos períodos entre cada levantamento, observa-se que os períodos de 23/03/00 a 27/04/00 e 25/05/00 a 07/06/00 apresentaram as maiores variações no volume de sedimentos (-90,8 e 51,3 m<sup>3</sup>/m) (Tabela 3). Estas variações de volume estão associadas a erosão e deposição na ante-praia e face litorânea adjacente aos perfis (fig. 13). No período de 25/05/00 a 07/06/00 também nota-se um pequeno acúmulo de sedimentos na duna frontal e uma elevação da crista da berma.

Nos outros períodos se evidencia uma sucessiva modificação de partes da pós-praia, ante-praia e face litorânea do perfil, sendo que as erosões e deposições estão principalmente relacionadas com a movimentação dos sedimentos na ante-praia inferior e face litorânea (fig. 13).

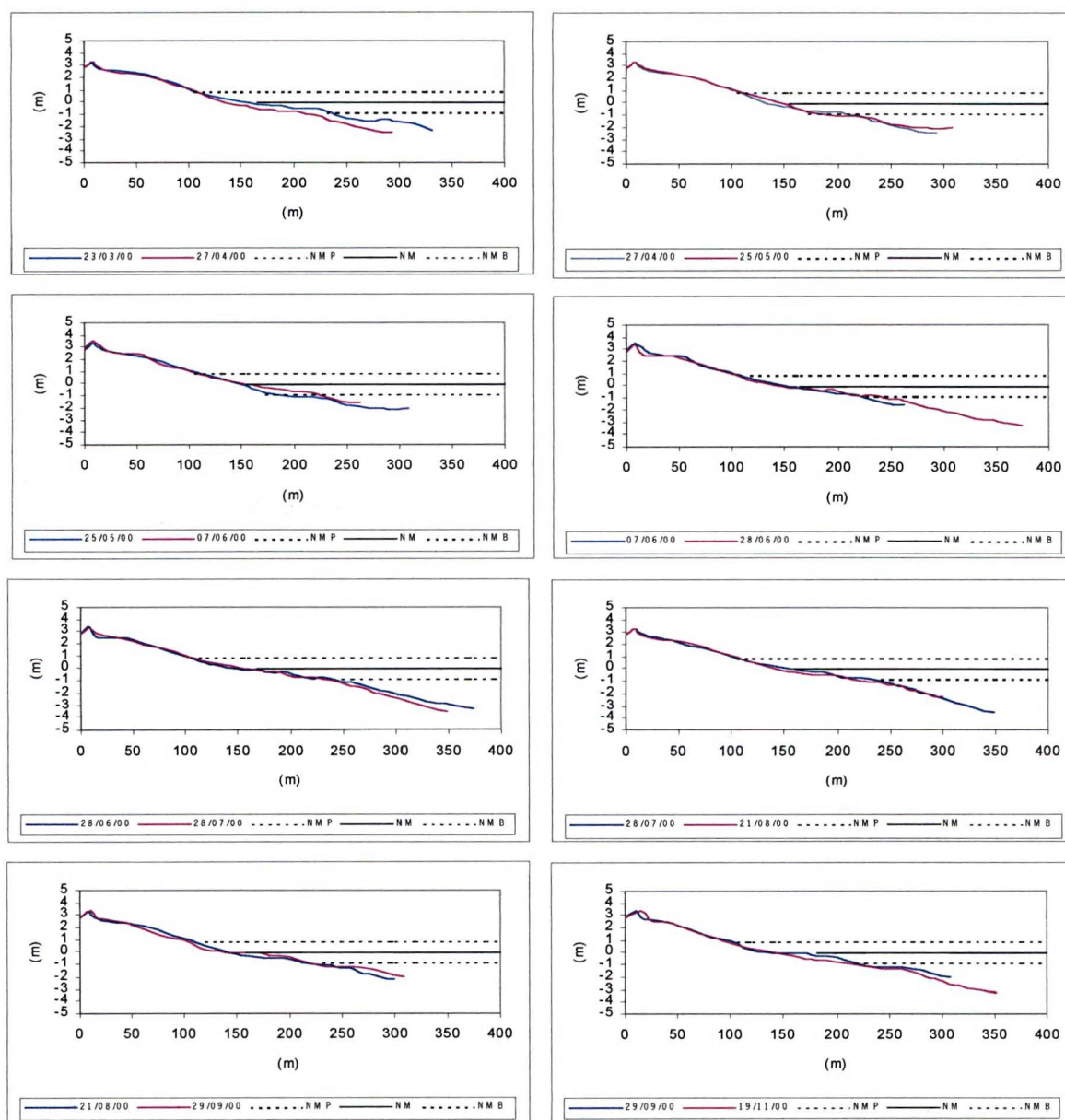
Em relação às variações morfológicas, o perfil Atami mostrou-se mais estável em relação ao perfil San Marino (fig. 15 e 16). Também as variações volumétricas relativas foram menores (fig. 17), mesmo apresentando maiores valores de volumes, estando isto associado a maior extensão do perfil.

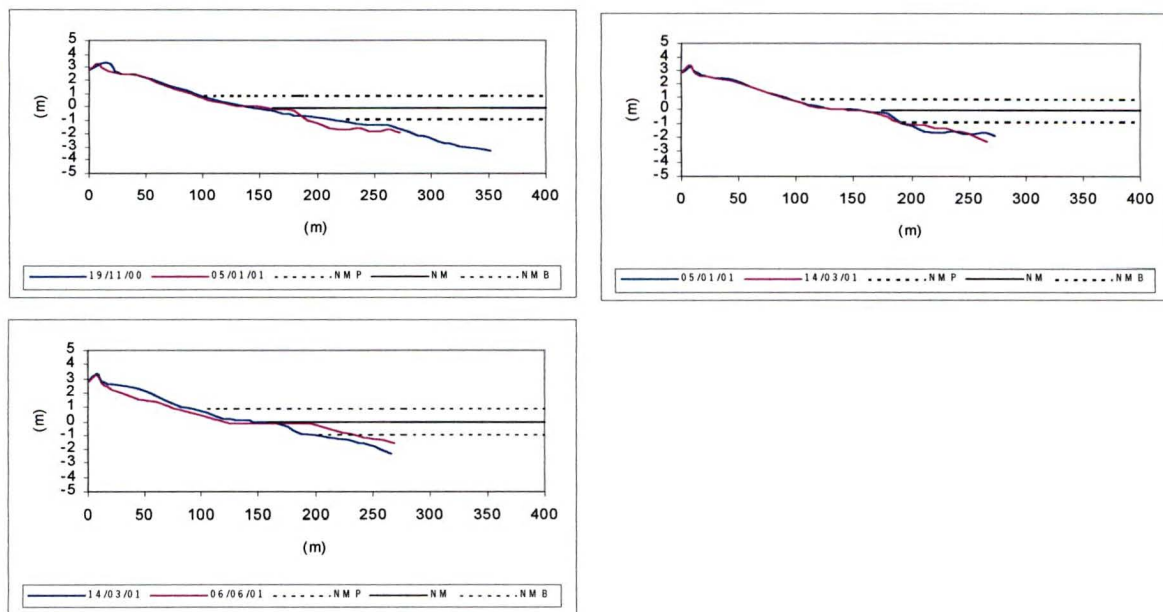
No perfil San Marino, para análise dos períodos entre cada levantamento, observou-se que os períodos de 07/06/00 a 28/06/00 e 14/03/01 a 06/06/01 apresentaram as maiores variações no volume de sedimentos (71,1 e -77,1 m<sup>3</sup>/m) (Tabela 4). Estas variações de volume parecem estar associadas a destruição e reconstrução da berma e feições submersas (barras e canais associados) (fig. 14). As variações morfológicas mostraram-se maiores no perfil San Marino (figs. 15 e 16), sendo que, percentualmente, em se tratando das variações volumétricas, este também mostrou-se mais dinâmico que o perfil Atami (fig. 17).

Não foi possível se estabelecer um padrão sazonal das variações morfológicas e volumétricas para nenhum dos perfis. As variações mais significativas, tendem a estar relacionadas a eventos de alta energia e mesmo tais eventos terem a possibilidade de

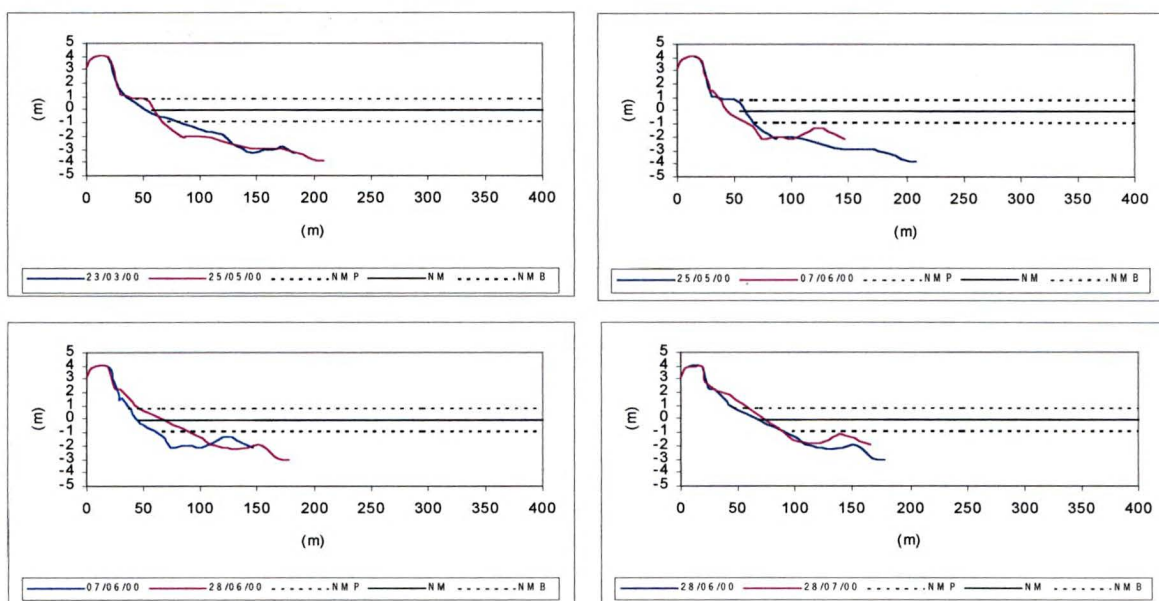
serem mais freqüentes em algumas épocas do ano não foi evidenciado um padrão sazonal para as variações.

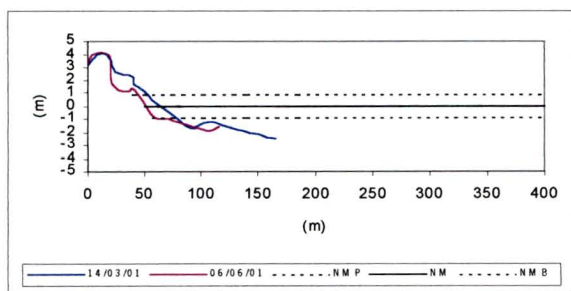
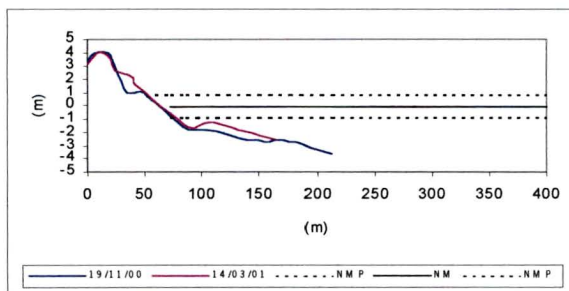
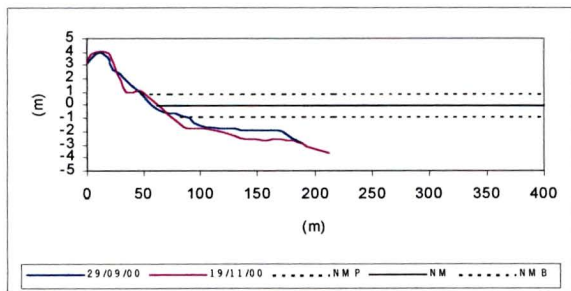
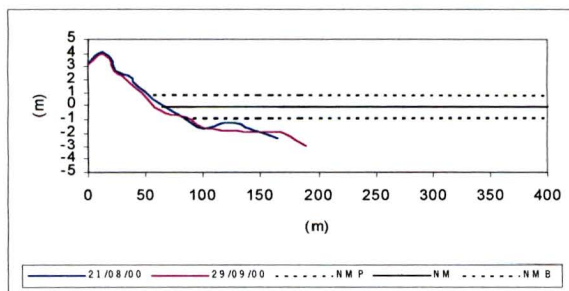
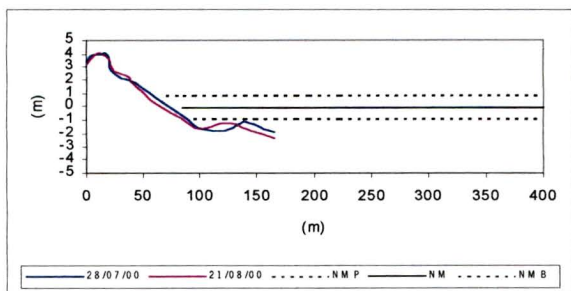
**FIGURA 13: VARIAÇÕES DO PERFIL ATAMI ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001.**



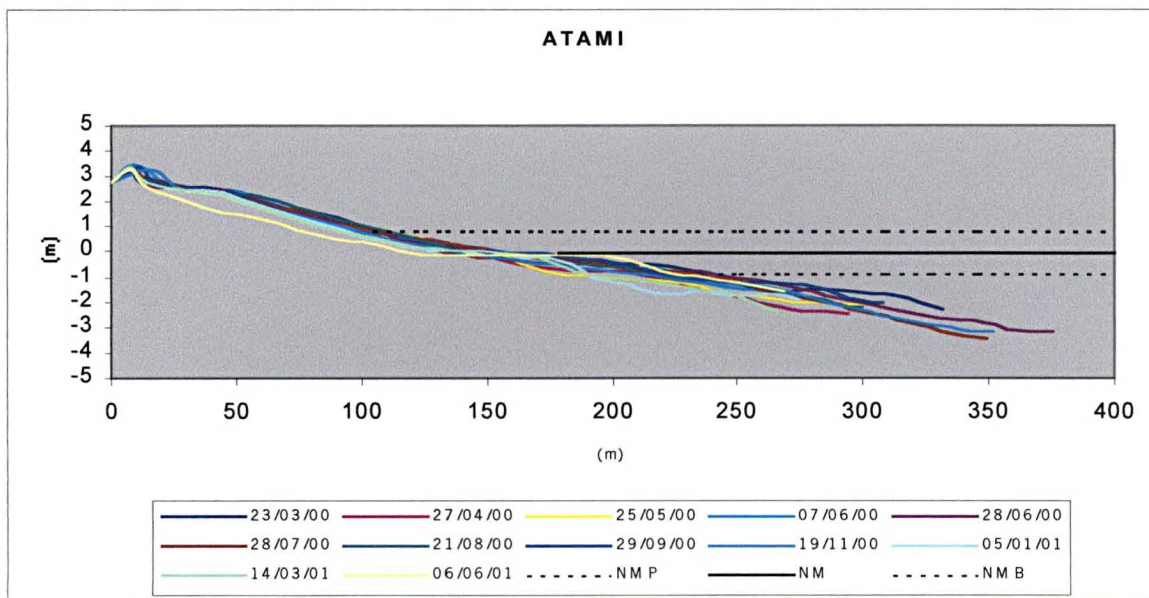


**FIGURA 14: VARIAÇÕES DO PERFIL SAN MARINO ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001**

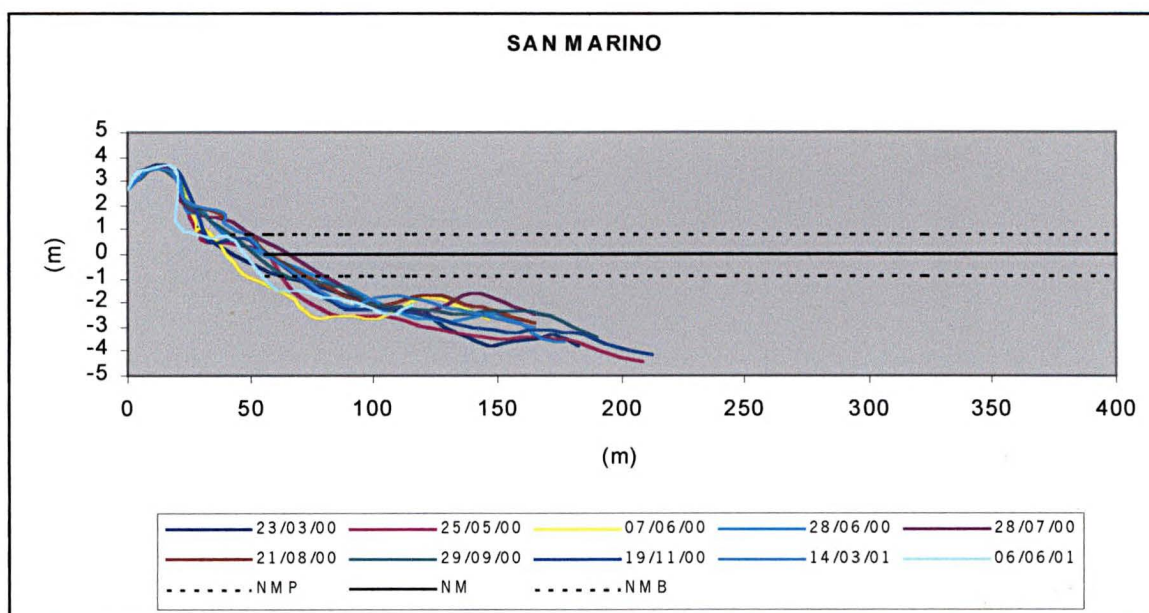




**FIGURA 15: COMPARAÇÃO ENTRE OS LEVANTAMENTOS PLANIALTMÉTRICOS PARA O PERFIL ATAMI ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001**

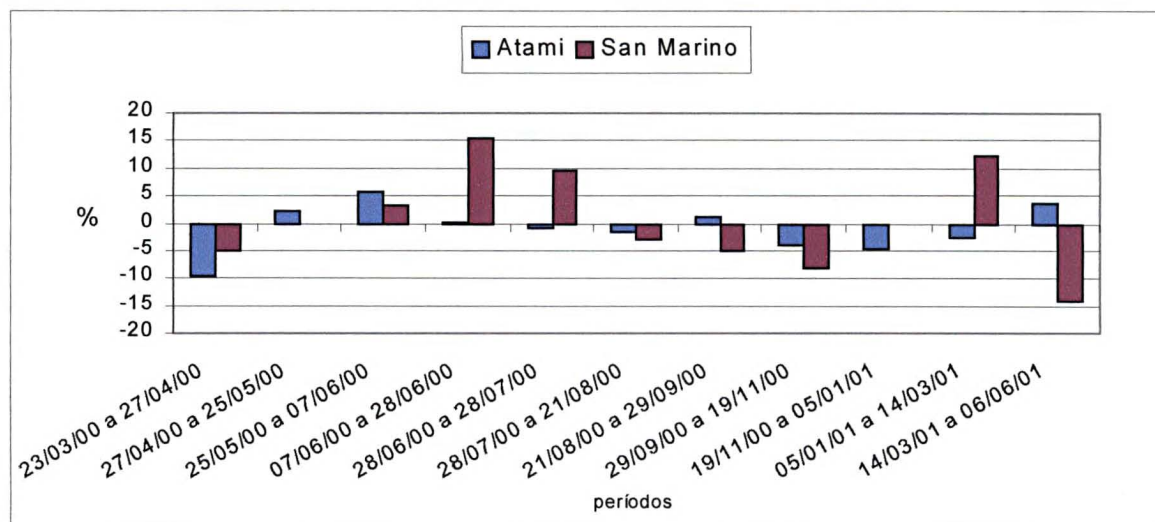


**FIGURA 16: COMPARAÇÃO ENTRE OS LEVANTAMENTOS PLANIALTMÉTRICOS PARA O PERFIL SAN MARINO ENTRE OS PERÍODOS DE 23 DE MARÇO DE 2000 À 06 DE JULHO DE 2001**





**FIGURA 17: VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS NO PERFIL ATAMI E SAN MARINO (EM %)**



## 7.2 Relação entre as variações morfológicas e volumétricas dos perfis e a incidência de sistemas frontais

Ao se analisarem os períodos entre cada levantamento, observa-se que em apenas quatro deles não houve a ocorrência de fenômenos de agitação marítima acentuada, mesmo acontecendo entre eles a incidência de vários sistemas frontais.

Nestes períodos, 28/06/00 a 28/07/00, 28/07/00 a 21/08/00, 29/09/00 a 19/11/00 e 05/01/01 a 14/03/01, o perfil Atami apresentou pequenas a médias perdas de sedimentos (-8,3, -13,3, -36,9, -21,2 m<sup>3</sup>/m) em relação aos outros períodos (Tabela 3), sendo que também se observou ligeira erosão principalmente na ante-praia inferior e face litorânea (fig. 13).

O perfil San Marino, no período entre 28/06/00 a 28/07/00, apresentou significativo ganho de sedimentos (50,5 m<sup>3</sup>/m) (Tabela 4), evidenciando em sua morfologia uma típica reconstrução das feições praias, com a elevação da berma e barra e canal submerso (fig. 14). Nos períodos entre 28/07/00 a 21/08/00, 29/09/00 a 19/11/00, foi observado uma pequena e uma significativa perda de sedimentos em relação aos

outros períodos (-17,8 e -43,4 m<sup>3</sup>/m respectivamente) (Tabela 4), sendo que as mudanças na morfologia do perfil, mesmo com a perda de sedimentos, caracterizam uma reconstrução do perfil principalmente pelo aparecimento de bermas (fig. 14).

Para uma análise dos períodos em que foram observadas a ocorrência de agitação marítima acentuada, um aspecto relevante a ser considerado é o intervalo de tempo entre as amostragens e a incidência dos fenômenos; pois após o acontecimento de um evento, os ambientes praias tendem a se reconstruírem, sendo que as feições encontradas em uma praia só poderão ser atribuídas ao evento se este tiver ocorrido pouco tempo antes das amostragens.

Sendo assim os períodos entre 21/08/00 a 29/09/00 e 19/11/00 a 05/01/01 para o perfil Atami (Figura 13), e, 21/08/00 a 29/09/00 e 19/11/00 a 14/03/01 para o perfil San Marino (Figura 14), pode-se assumir que as mudanças morfológicas e volumétricas observadas podem não refletir diretamente os efeitos provocados pelos eventos ocorridos entre eles, pois um considerável espaço de tempo separa o evento das amostragens (15 dias e 39 dias para o perfil Atami e 15 dias e 115 dias para o perfil San Marino), o que poderia levar a reconstrução dos ambientes praias neste período.

Nestas ocasiões o perfil Atami apresentou sensível erosão de parte da pós-praia e ante-praia superior e sensível acúmulo de sedimentos na ante-praia inferior e face litorânea, redundando uma variação volumétrica total nos valores de 11,3 e -39,9 m<sup>3</sup>/m respectivamente (Tabela 3). O perfil San Marino, no período entre 21/08/00 a 29/09/00, apresentou erosão em quase toda a extensão do perfil apresentando variação volumétrica de -27,5 m<sup>3</sup>/m. No período de 19/11/00 a 14/03/01 apresentou deposição em quase toda a extensão do perfil e variação volumétrica de 60,6 m<sup>3</sup>/m (Tabela 3).

Já o período entre 14/03/01 a 06/06/01 para ambos os perfis, mesmo havendo um considerável espaço de tempo entre o evento e as amostragens, é possível atribuir as grandes variações morfológicas e, para o perfil San Marino, a grande variação volumétrica observada, à grande magnitude dos eventos ocorridos entre 04/05/01 a 09/05/01 e 14/05/01 a 19/05/01.

Neste período, o perfil Atami apresentou a maior erosão observada da pós-praia e ante-praia superior e também considerável acúmulo de sedimentos na ante-praia

inferior e face litorânea. A variação volumétrica observada foi no valor de  $29,5 \text{ m}^3/\text{m}$ . No perfil San Marino observou-se a erosão de quase toda a extensão do perfil com perda de sedimento no valor de  $-77,1 \text{ m}^3/\text{m}$ . É relevante observar que mesmo ocorrendo uma considerável variação morfológica no perfil Atami a variação volumétrica apresentou um ganho de sedimentos estando isto associado a deposição de sedimentos na ante-praia inferior e face litorânea do perfil, diferentemente do perfil San Marino o qual apresentou a sua maior perda de sedimentos se compararmos aos valores das demais amostragens.

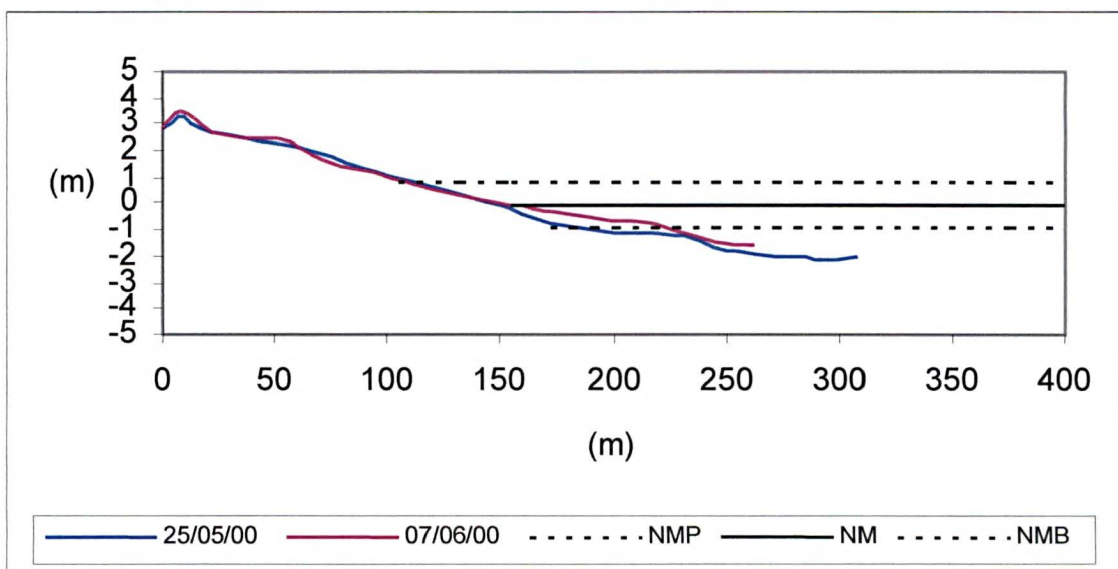
Nos quatro períodos restantes (23/03/00 a 27/04/00, 27/04/00 a 25/05/00, 25/05/00 a 07/06/00 e 07/06/00 a 28/06/00), todos apresentaram a incidência de fenômenos de agitação marítima acentuada dias antes das amostragens (5 dias, 6 dias, 8 dias e 3 dias respectivamente), sendo que o período entre 25/02/00 a 07/06/00 foi o melhor exemplo para analisar os processos envolvidos com a referida agitação, pois em um curto espaço de tempo, doze dias entre cada amostragem, houve dois dias, segundo o sistema de previsão de ondas do INPE, em que a incidência de um sistema frontal associado a um anticiclone localizado sobre o Oceano Atlântico, a leste do litoral de Santa Catarina, e a um ciclone que intensificou-se no litoral do Uruguai e Rio Grande do Sul, proporcionaram a formação de uma extensa pista de ventos que superaram os  $20\text{m/s}$ , causando intensa agitação marítima na costa sul brasileira.

As amostragens feitas nos dias 25/05/00 e 07/06/00 puderam evidenciar as mudanças morfológicas e volumétricas ocorridas nas duas praias em decorrência deste evento, mostrando os aspectos dos perfis antes e após a ocorrência do evento.

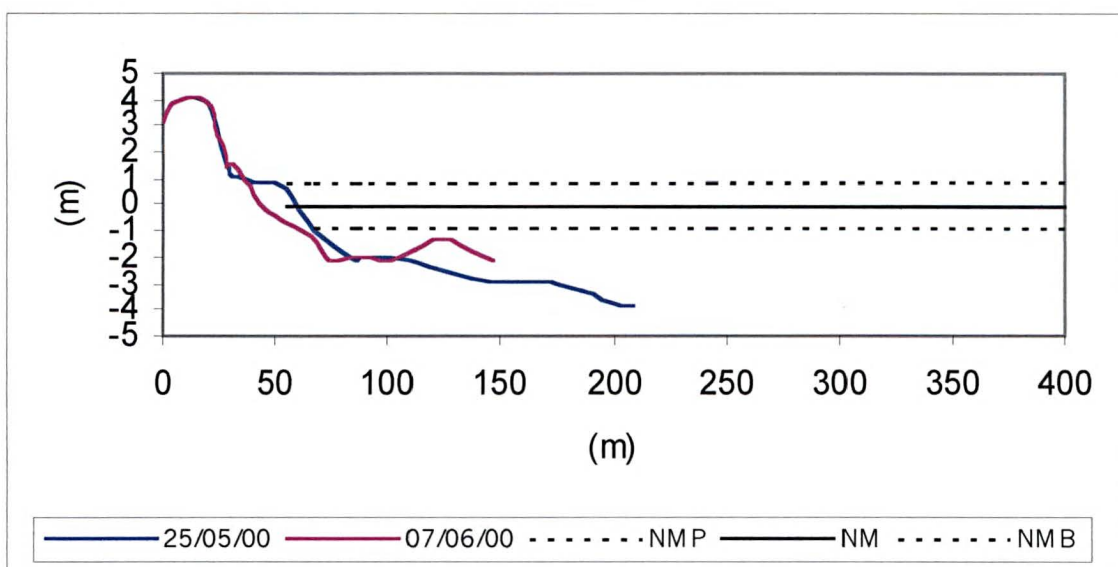
No perfil Atami, notou-se pequena erosão na pós-praia e uma considerável deposição de sedimentos na ante-praia inferior e face litorânea adjacente do perfil, formando uma incipiente berma e uma sensível elevação da duna frontal (fig. 18). No perfil San Marino, notou-se a destruição da berma e a construção de uma barra e canal associado na face litorânea (fig. 19).

A variação volumétrica observada para os dois perfis evidenciou um ganho de sedimentos nas duas praias. No perfil Atami, o volume de sedimentos mobilizado foi de  $51,3 \text{ m}^3/\text{m}$ , sendo o segundo maior observado, enquanto que no perfil San Marino, o

**FIGURA 18:** VARIAÇÃO MORFOLÓGICA NO PERFIL ATAMI APÓS O EVENTO DOS DIAS 26 E 27 DE MAIO DE 2000.



**FIGURA 19:** VARIAÇÃO MORFOLÓGICA NO PERFIL SAN MARINO APÓS O EVENTO DOS DIAS 26 E 27 DE MAIO DE 2000.



volume de sedimento mobilizado foi de 15,1 m<sup>3</sup>/m, sendo o menor observado durante toda a campanha de amostragem.

No período entre 23/03/00 a 27/04/00 para o perfil Atami observou-se uma considerável erosão na ante-praia e face litorânea, sendo o volume de sedimento mobilizado o maior observado durante toda a campanha de amostragens (-90,8 m<sup>3</sup>/m) Nos períodos entre 27/04/00 a 25/05/00 e 07/06/00 a 28/06/00 evidencio-se acúmulos de sedimentos nos valores de 20,0 e 3,0 m<sup>3</sup>/m sendo observado pequenas variações na pós-praia, ante-praia e face litorânea do perfil.

O perfil San Marino, no período entre 23/03/00 a 25/05/00 apresentou uma perda de sedimentos no valor de -22,8 m<sup>3</sup>/m sendo que sua morfologia evidenciou a formação de uma berma e erosão da ante-praia inferior e face litorânea do perfil. No período entre 07/06/00 a 28/06/00 observou-se o segundo maior volume de sedimento mobilizado durante toda a campanha de amostragens (71,1 m<sup>3</sup>/m) sendo observada a reconstrução de quase toda a extensão do perfil.

## **8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Devido a muitas das cidades litorâneas terem suas economias baseadas no turismo, há anos as praias vêm recebendo os efeitos diretos do crescimento demográfico, com o aumento da ocupação da costa e da multiplicação dos usos que se faz destas regiões.

Principalmente em países menos desenvolvidos, normalmente estas são tendências desordenadas, que acabam por comprometer a qualidade estética e ambiental destes sistemas, implicando sério comprometimento da manutenção dos mesmos, levando-se em conta o caráter naturalmente instável desse tipo de ambiente.

O monitoramento destes dois perfis praias na costa paranaense, entre março de 2000 e junho de 2001, além das constantes variações morfológicas e volumétricas, evidenciaram os efeitos sofridos pelas praias em consequência da incidência de sistemas frontais acompanhados de agitação marítima acentuada sobre este setor da costa sul brasileira.

O transporte de sedimentos transversal a costa em curta escala de tempo, como os observados nos períodos em que se pôde amostrar antes e após a ocorrência de algum evento, evidenciam a importância de um monitoramento em que se pudesse fazer amostragens diárias, antes, durante e após a ocorrência de tais fenômenos, para que torne-se possível o registro e a análise da relação espaço-temporal entre a destruição e reconstrução de feições praias em decorrência dos mesmos, sendo que para isto tenha-se que desenvolver uma metodologia específica de amostragem.

Num monitoramento mensal, por exemplo, pode ocorrer que o perfil seja completamente destruído e reconstruído durante este período, levando a conclusões errôneas no que diz respeito as suas variações. Outro ponto importante a considerarmos é o espaço de tempo entre as amostragens e a ocorrência dos eventos, sendo que o mal dimensionamento deste parâmetro também poderá ocasionar errônea interpretação dos dados.

No período em que melhor pode-se analisar os efeito de um evento de agitação marítima acentuada sobre a costa, devido ao curto período entre as duas amostragens

(25/05/00 a 07/06/00), observa-se uma variação volumétrica positiva para as duas praias. Nestes eventos normalmente são visualizadas consideráveis erosões praias sendo que este episódio evidenciou um ganho de sedimentos, sendo isto interpretado como o fato das amostragens terem sido efetuadas também na zona de arrebenção de ondas e não somente até onde o operador da mira topográfica pudesse trabalhar, o que demonstrou erosões dos setores emersos do perfil e considerável deposição nos setores submersos, redundando em uma variação volumétrica positiva.

A partir da análise deste fato seria cabível a proposta de uma reavaliação dos conceitos no que diz respeito a erosão de praias em decorrência a eventos de alta energia, caso este não observado para os dois perfis nesta específica ocasião.

A utilização de metodologia inédita para a realização das amostragens, a qual tornou possível o registro de uma maior extensão dos perfis, se demonstrou eficaz principalmente ao caracterizar a evolução da morfologia das praias, sendo apresentado como incentivo ao desenvolvimento de tecnologias alternativas para amostragens em diferentes tipos de praias.

Em se tratando da incidência dos sistemas frontais e agitação marítima associada, foi observado que a minoria dos sistemas frontais favoreceram as condições de agitação, sendo que via de regra estas agitações estão relacionadas com a incidência dos sistemas. O reflexo dos efeitos sobre a costa estão intimamente relacionados com a trajetória dos centros de pressão e conseqüentes vórtices ciclônicos e a magnitude das massas de ar envolvidas em tal fenômeno, sendo prudente supor que tais eventos de agitação marinha são os principais regentes da dinâmica praias neste setor da costa brasileira, e não apenas a incidência dos sistemas frontais.

Assumindo-se que estes fenômenos são os principais mecanismos de geração de mudanças nas praias amostradas, uma eficaz análise de seus efeitos sobre a morfodinâmica praias inclui, a avaliação de sua freqüência, trajetória, magnitude e nível de dominância para um determinado setor da costa, sendo que trabalhos direcionados ao estudo dos mesmos funcionariam como eficazes aliados a compreensão da morfodinâmica de praias arenosas.

As seqüências erosivo/deposicionais demonstraram-se aparentemente mais dependentes da magnitude dos eventos ocorridos do que do estado morfodinâmico antecedente. Nestes eventos, o estado da praia tende a ser condicionado mais em função da altura da onda incidente do que do estado antecedente, embora este último deva ter contribuição efetiva no tempo de resposta da praia às variações energéticas.

No que diz respeito as duas praias amostradas, o perfil San Marino se mostrou mais dinâmico do que o perfil Atami, sendo isto atribuído aos diferentes índices morfodinâmicos atuantes nas duas praias. Foi evidenciado na literatura, (SOARES et.al.1997, Borzone et.al. 1998), alturas médias de ondas incidentes maiores e composição sedimentológica mais grossa no perfil San Marino em relação ao perfil Atami, o que confere comportamento diferenciado a estes dois setores da costa.

Não se estabeleceu um padrão de variações comum entre as duas praias, sendo observado para um mesmo período, em alguns casos, erosão em um perfil e deposição no outro e vice-versa. O relativamente curto período de monitoramento, a ausência de dados referentes as correntes de deriva neste trecho da costa, somando-se a complexidade que envolve casos como este, tornaram difíceis obter respostas conclusivas a respeito deste processo.

A implementação de estratégias de monitoramento e estudo sistemático das praias arenosas, a melhoria da obtenção de registros de onda, sendo através de programas de observação visual ou instrumental e o desenvolvimento e aquisição de equipamentos para quantificação de processos e variações praias, poderiam ser utilizados como potentes mecanismos de planejamento para ocupação e gerenciamento de zonas litorâneas.

Estudos aprofundados de dinâmica costeira podem trazer benefícios como a otimização de propostas aplicadas a problemas sociais e ambientais, tais como os da erosão marinha em áreas ocupadas tão comum no litoral do nosso estado, gerando subsídios técnico-científicos ao planejamento urbano e ao gerenciamento costeiro.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

ANGULO, R. J. & , de ARAÚJO A. D. 1996. **Classificação das costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea**. *Boletim Paranaense Geociências*. Curitiba. **44**:07-17.

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

BORZONE, C. A., TAVARES Y. A. G., BARROS Jr F. C. R. 1998. **Beach morphodynamics and distribution of *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) on sandy beaches of southern Brazil**. Echinoderms: San Francisco, Mooi & Telford (eds). Balkema, Rotterdam, ISBN. 90:581-586.

CALLIARI, L. J. 1994. **Beach differentiation in North Carolina**. *Jornal of Coastal Research*, v.10.n.2, p.360-373.

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

CHRISTOFOLETTI, A. 1980. **Geomorfologia**. 2ed. São Paulo, Edgard Blücher.

DAVIS Jr., R. A. & FOX, W.T. 1972. **For-dimensional model fro beach and inner nearshore sedimentation**. *Journal og Geology*. 80:484.493

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

GUERRA, A. J. T.& DA CUNHA, S.B. 1995. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

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

IAPAR. 1978. **Manual agropecuário para o Paraná**. IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná.

IPARDES,1989. **Zoneamento do litoral paranaense**. Curitiba, 174p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Sistema Previsão de Ondas**. Disponível em: <[www2.cptec.inpe.br / atlasul / index.html](http://www2.cptec.inpe.br/atlasul/index.html)>. Acesso entre: jun à dez de 2001.

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

MARONE, E.;MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C.; PRATA JUNIOR, V.P. (1997). **Caracterização Física do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá**. Pontal do Sul: UFPR. v.2. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM.

MARTINS R.R.; TOLDO Jr E.E.; ALMEIDA L.E.S.B. 1998. **Trenó para medidas do fundo da zona de surf**. Revista Brasileira de Recursos Hidricos, 3: 105 -110.

MUEHE,D & SOUZA,S.R. 1997. **Determinação do perfil de praia na zona de surf e arrebenção através do emprego do trenó submarino**. Notas Técnicas, 10: 1-5.

NIMER, E 1971. **Climatologia na região sul do brasil: Introdução à climatologia dinâmica. Subsídios à geografia regional do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro ,33:3-65.

NOERNBERG, M. A. 2001. **Processos Morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranguá – Paraná – Brasil: Um Estudo a Partir de Dados In Situs e Landsat – Tm**. Curitiba. 180 f. Dissertação (Doutorado em Geologia Ambiental ) - Universidade Federal do Paraná .

PORTOBRAS. 1983. **Campanha de medições de ondas em Paranaguá – PR, período 21.08.1982 a 21.01.1983**. Rio de Janeiro, Inst. Psq. Hidrog. (INPH), Div. Lev. (DIDELE), 23p.

QUADROS C. J. L. de, MARONE E., ARAÚJO A.D.de, PRATA JR V. de P. 2001.

**Equipamento para perfilagem de fundo na zona de arrebentação utilizando sensor de pressão.** Pesquisas em Geociências do Instituto de Geociências da Ufrgs, Rio Grande Rs (*no prelo*).

REIMNITZ E.& ROSS,D.A. 1971. **The Sea Sled – a device for mesuring bottom profiles in the surf zone.** *Marine Geology*, 11: 27 - 32.

SHORT,A.D. 1979. **Three dimensional beach stage model.** *Journal of Geology*.**87**: 553-571.

SHORT,A.D. 1984. **Beach and nearshore facies: southeast Australia.** *Marine Geology*,**60**:261-282.

SHORT,A.D. 1985. **Rip-current type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australia.** *Marine Geology*,**65**: 47-71.

SILVEIRA, J. D. 1964. **Morfologia do litoral.** *In: AZEVEDO, A. (ed.) Brasil: a terra e o homem.* Companhia Editora Nacional. São Paulo, Pp. 253-305.

SOARES, C. R. *et. al.* 1994 **Variações na linha de costa no Balneário de Pontal do Sul (PR) no período de 1953 – 1993 : um balanço sedimentar.** *Boletim Paranaense de Geo-Ciências.* **42**: 161 – 171.

SOARES, C. R.; C. A.BORZONE & J. R. B. SOUZA 1997. **Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa no sul do Brasil.** *Ecologia de Praias Arenosas do Litoral Brasileiro.* **03**: 245-258.

SUGUIO, K. & TESSLER 1984. **Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura.** Pp: 15-25. *In: Lacerda, L. D.; D. S. Araújo; R.*

Cerqueira & B. Turcq (eds). *Restingas brasileiras: Origem, Estrutura e Processos*. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

TESSLER, M 1988. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. São Paulo. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade de São Paulo.

WRIGHT, L.D., CHAPPELL, J., THOM, B.G., BRADSHAW, M.P. & COWELL, P. 1979. **Morphodynamics of relative and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia**. *Marine Geology*, **32**: 105-140.

WRIGHT, L.D., GUZA, R.T. & SHORT, A.D. 1982. **Dynamics of high energy dissipative surf zone**. *Marine Geology*, **45**: 41-62.

WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1983. **Morphodynamic of beaches and surf zones in Australia**. In: KOMAR, P.D. CRC Handbook of coastal processes and erosion. CRC Press, Inc. Flórida. P. 35-64

WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1984. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis**. *Marine Geology*, **56**: 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*, **62**: 339-344.