

Morfodinâmica da Praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS

De Oliveira A.O. & Calliari L.J.*

* Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Geociências - Caixa Postal 474, CEP 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil - e-mails: allandeoliveira2@yahoo.com.br, lcalliari@log.furg.br



RESUMO

Um estudo morfodinâmico foi realizado num balneário com reduzida urbanização, o Mar Grosso, localizado em São José do Norte, Rio Grande do Sul. Aspectos morfológicos do sistema praia-duna foram analisados através de perfis praias mensais realizados entre março de 2004 e abril de 2005. O monitoramento de quatro seções indicou que a praia possui um comportamento similar. Os resultados mostraram que mudanças morfológicas e volumétricas aumentam à medida que ocorre uma aproximação do molhe leste, como uma função da concentração da energia de ondas associadas a padrões de circulação, que induzem o engrossamento dos sedimentos praias. Mesmo assim, a praia do Mar Grosso pode ser classificada como dissipativa. Na maior parte do tempo, mudanças na morfologia das dunas foram mínimas, exceto durante a primavera e verão, quando os ventos favorecem o transporte de areia por serem mais frequentes e intensos.

ABSTRACT

A morphodynamic study was carried out in the small beach-resort with reduced urbanization called Mar Grosso, localized in the city of São José do Norte, Rio Grande do Sul. Morphologic aspects of the beach-dune system was analyzed through out monthly beach profiles done between March of 2004 and April of 2005. The four sections monitored indicated that beaches display similar behavior. The results showed that volumetric and morphologic changes increase toward the east jetty as a function of the concentration of wave energy and associated circulation patterns which induce to the coarsening of the beach sediments. Most of the time, changes in dune morphology was minimum except during the spring and summer, when winds favorable to sand transport are more frequent and intense.

Palavras chave: morfodinâmica de praias, interação praia-duna, perfis de praia.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos 620 km da costa do Rio Grande do Sul (RS) vários foram os estudos sobre morfodinâmica realizados em algumas das principais praias, como no litoral norte (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992; TOLDO Jr. *et al.*, 1993; PIVEL & CALLIARI, 1998; WESCHENFELDER *et al.*, 1997), no litoral central (BARLETTA, 1997; BARLETTA, 2000) e no litoral sul (CALLIARI & KLEIN, 1993 e 1995; PEREIRA DA SILVA, 1998; TOZZI & CALLIARI, 2000; PEREIRA, 2003) todos realizados a partir de princípios formulados pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, em que os estudos pioneiros foram realizados por WRIGHT *et al.* (1979) e SHORT (1979).

Estudos com enfoque morfodinâmico e fisiográfico sobre as dunas costeiras no Rio Grande do Sul foram realizados por TOMAZELLI (1993), SEELIGER (1992) e CALLIARI *et al.* (2005), os quais mostraram, a importância do potencial de transporte de areia na taxa de migração das dunas e a relação entre a fisiografia das dunas e a direção do vento predominante ao longo da costa. Entretanto estudos enfocando a inter-relação praia-duna, a semelhança dos realizados por SHORT & HESP (1982) na Austrália, são escassos no RS, a exceção do estudo desenvolvido por TABAJARA (2003) para as praias de Atlântida Sul e Mariápolis no litoral norte.

A ocupação e o uso das zonas costeiras produz grandes alterações na paisagem, podendo repercutir em sérios danos ao meio ambiente. ESTEVES *et al.* (2003) analisando o atual estado da costa do Rio Grande do Sul quanto às características e distribuição das ocupações urbanas e outras alterações antrópicas, determinaram trechos com alta e baixa alteração, como por exemplo, o litoral norte e médio, respectivamente.

Considerando que a maior parte do litoral do estado já passou por estudos de morfodinâmica, se destaca a importância para que trechos costeiros que ainda não foram, sejam pesquisados possibilitando uma maior agregação de dados, a fim de viabilizar planos de proteção sócio-ambientais. Por esta razão, este trabalho visa definir o comportamento morfodinâmico da Praia do Mar Grosso e sua inter-relação com o sistema de dunas frontais.

ÁREA DE ESTUDO

A Praia do Mar Grosso está localizada na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Fig. 1). A linha de costa em São José do Norte está representada pela Barreira IV, de idade holocênica, que corresponde ao mais recente sistema deposicional da planície costeira, desenvolvida durante o último evento de transgressão marinha (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1985). Sua constituição é essencialmente de areias praias e eólicas, e a mineralogia é basicamente quartzosa com um alto grau de maturidade.

De uma forma geral em toda costa do Rio Grande do Sul sedimentos de granulometria fina e quartzosos dominam todo perfil praias (CALLIARI & KLEIN, 1993; SIEGLE, 1996; PIVEL, 1997; WESCHENFELDER *et al.*, 1997). Nas praias do Mar Grosso e Cassino são verificados os maiores percentuais de areia muito fina da costa do RS, devido à contribuição dos sedimentos provindos da Laguna dos Patos (FIGUEIREDO, 2005).

As praias ao longo de toda costa são abertas e expostas a ação de ondas que, de acordo com MOTTA (1967, 1969), são de dois tipos principais, as vagas, que são geradas por ventos locais, e as ondulações originadas a longas distâncias da costa. Os primeiros estudos mais significativos realizados na costa gaúcha sobre ondas são de WAINER (1963) e de MOTTA (1967, 1969) para o litoral norte do Rio Grande do Sul, em Tramandaí, e no litoral sul na desembocadura da Laguna dos Patos. MOTTA (1967, 1969) através dos dados coletados nas duas áreas acima descritas constatou que o período significativo de maior frequência das ondas corresponde a 9 s, mas que podem chegar a 12 s quando em situação de tempestade. Com relação a esbeltez e energia, o autor verificou que as ondas de maior energia e menor esbeltez são provenientes do quadrante sudeste; vagas e ondulações pequenas com menor energia e maior esbeltez de quadrante leste-nordeste; e as ondas do quadrante sul estão associadas a tempestades, portanto mais raras.

Através de dados recentes obtidos por um ondógrafo localizado a profundidade de 15 m na região adjacente ao canal de navegação de Rio Grande, STRAUCH & SCHIMIDT (1998) mostraram que as vagas de quadrante leste e ondas de longo período de sudeste, com

períodos de 11 s e altura significativa de 1,25 m, são dominantes nesta região. BARLETTA (1997), a partir do método de visualização de ondas na praia do Cassino, obteve valores semelhantes aos registrados pelo ondógrafo.

As flutuações do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul sofrem pequena influência das marés astronômicas que, de acordo com as tábuas de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), são diurnas com amplitude média de aproximadamente 0,5 m. De acordo com a classificação de DAVIES

(1980) este trecho costeiro do Brasil está enquadrado nas características de micromaré. Entretanto a amplitude destas marés recebe um acréscimo quando se somam as condicionantes meteorológicas, as chamadas marés meteorológicas (MARONE & CAMARGO, 1994 e CALLIARI *et al.*, 1998). Seus efeitos são mais frequentes nos meses de inverno quando coincide com a migração de sistemas de baixa pressão em direção à costa, podendo a maré ultrapassar até 1 m à maré astronômica.

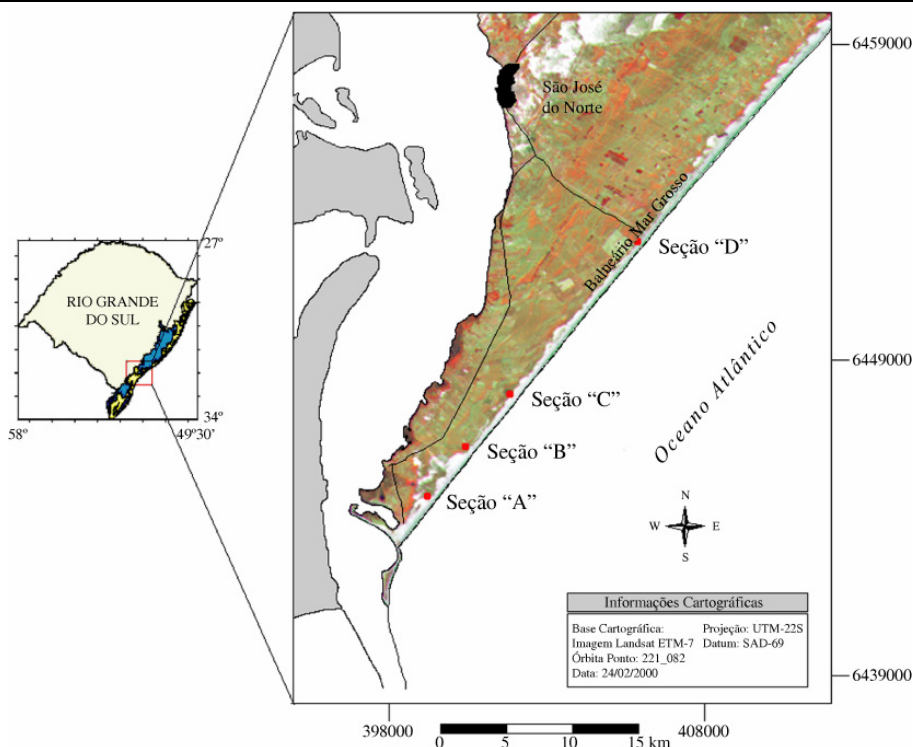


Figura 1. Localização da área de estudo.

MÉTODOS

Para o levantamento topográfico no balneário do Mar Grosso quatro estações de monitoramento foram escolhidas, estando estas localizadas em um trecho de praia de aproximadamente 12 km. Em três destes locais (seções "A", "B" e "C") foram instalados marcos de concreto (RN) localizados no campo de dunas, enquanto que uma das áreas (seção "D") foi monitorada tomando-se por referência a base de concreto de uma das casas construída sobre o cordão de dunas.

Os perfis transversais à praia foram realizados utilizando uma Estação Total modelo Nikon 330 e uma baliza regulável equipada com um prisma refletor. Estes levantamentos foram realizados mensalmente no período de um ano, entre março de 2004 e abril de 2005, totalizando 41 perfis. A análise dos dados foi realizada com auxílio do programa *MatLab 6.5* (*The MathWorks Inc.*) e *Microsoft® Excel 2000*. Para cada área amostrada foram calculados alguns dos parâmetros morfométricos recomendados por SHORT (1980) e SHORT & HESP (1982) para caracterizar e distinguir tipos de praias

através de suas características morfométricas, sendo eles: Largura média da praia (Y_b), Índice de Mobilidade da praia (σY_b), Coeficiente de Variação da largura média da praia (CV), Volume médio da praia (V_v) e variação de volume (σV_v).

RESULTADOS

Morfologia Praia-duna

Os resultados obtidos durante a realização de perfis praias mostraram pequenas variações espaço-temporais, ao longo dos 12 km de praia monitorados. O envelope dos perfis plotados para cada seção mostra que as máximas variações verticais se concentraram principalmente nas dunas frontais, pós-praia e estirâncio superior, além da zona de arrebenção, devido à migração de bancos em direção à costa no verão e, em direção ao mar durante o inverno.

Feições como bermas de acreção foram predominantemente formadas no verão (entre fevereiro e março), além da migração de bancos subaquosos em direção à praia nos meses de julho e janeiro, o que formou uma morfologia do tipo crista e canal (estágio intermediário *ridge and runnel* de WRIGHT & SHORT, 1984). A zona de arrebenção apresentou geralmente dois bancos e, com aumento de energia, aparecem três bancos sendo o primeiro próximo à praia o mais ativo.

Com base nas variações volumétricas, a seção "A" (Fig. 2) apresentou maiores taxas de erosão entre abril e maio de 2004 ($15,8 \text{ m}^3/\text{m}$), e setembro e dezembro de 2004 ($15,2 \text{ m}^3/\text{m}$), já as maiores taxas de acreção ocorreram entre junho e julho de 2004 ($13,9 \text{ m}^3/\text{m}$). Foram observadas cinco fases erosivas e cinco deposicionais, e o total de material erodido foi de $49,8 \text{ m}^3/\text{m}$ e de material depositado $46,2 \text{ m}^3/\text{m}$, totalizando um balanço sedimentar negativo de $3,6 \text{ m}^3/\text{m}$.

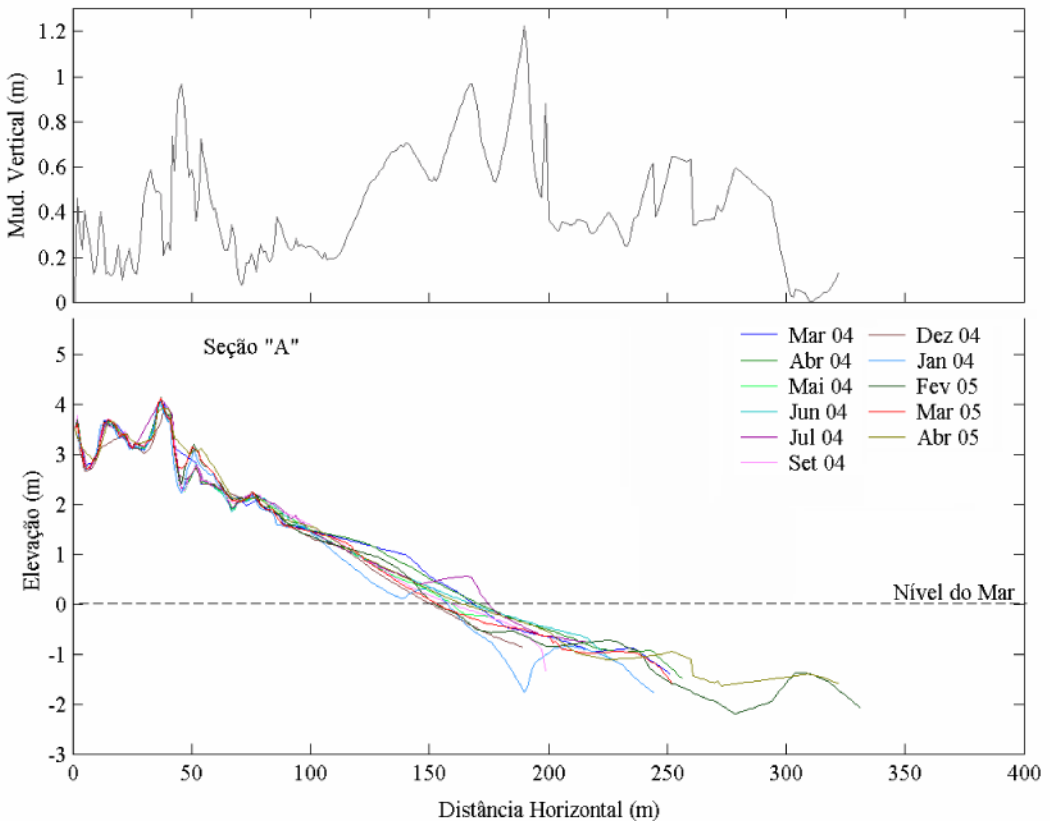


Figura 2. Envelope de perfis praias na seção "A", com a máxima mudança vertical.

A altura máxima da duna frontal na “Seção A” foi de 1,8 m podendo ser considerado um cordão baixo, com presença de pequenas descontinuidades que conferem uma topografia levemente irregular. De todas as seções, esta foi a que apresentou maior cobertura e diversidade na vegetação. Na primeira crista predomina *Panicum racemosum* com tufos de *Spartina Ciliata*, e a partir da segunda crista as espécies *Hydrocotyle bonariensis*, *Conyza floribunda* e *Juncus acutus* são predominantes. Na primeira cavidade a densidade da vegetação é reduzida com predomínio de *Hydrocotyle bonariensis* e na segunda há maior cobertura vegetal com predominância de *Conyza floribunda*.

Os *blowouts*, uma das formas erosivas mais características em campo de dunas,

ocorreram nesta seção, mas suas dimensões podem ser consideradas pequenas quando comparadas aos modelos descritos na literatura, além de não seguirem o modelo de evolução que consiste no aprofundamento e alargamento das laterais no período em que foram realizados os perfis.

As variações volumétricas na “Seção B” (Fig. 3) mostraram uma taxa de erosão maior entre setembro e dezembro de 2004 (10,7 m³/m) e maior acresção entre dezembro de 2004 e janeiro de 2005 (20,9 m³/m), ocorrendo seis fases erosivas que somaram 33,4 m³/m, e quatro fases deposicionais que somaram 48,8 m³/m; um balanço sedimentar positivo de 15,3 m³/m.

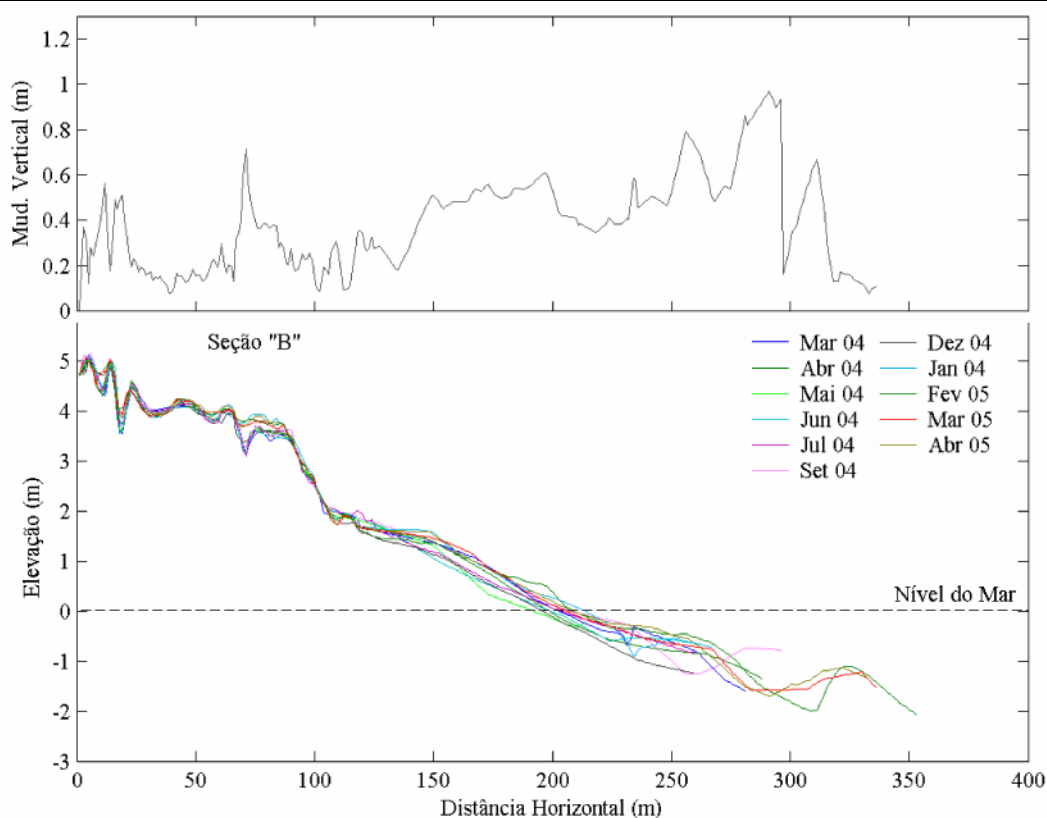


Figura 3. Envelope de perfis praias na seção “B”, com a máxima mudança vertical.

O campo de dunas na “Seção B” foi caracterizado como um cordão linear não contínuo de topografia irregular e reduzida cobertura vegetal, com formação de pequenos a médios *blowouts*, lençóis de areia, bacias de

deflação e por dunas remanescentes (*remnant knobs*). A altura máxima observada no cordão de duna frontal foi de aproximadamente 3,2 m podendo ser considerada uma duna média.

As maiores taxas de erosão e acreção na “Seção C” (Fig. 4) ocorreram, respectivamente, entre julho e setembro de 2004 (4,1 m³/m) e as de acreção entre setembro de 2004 e janeiro de 2005 (16,3 m³/m). Somente três fases erosivas ocorreram no período de análise, que somaram 11 m³/m, já as sete fases deposicionais somaram 45,4 m³/m, obtendo-se um balanço sedimentar positivo de 34,3 m³/m.

Na “Seção C” a duna frontal possui 2,7 m com fixação da gramínea *Panicum*

racemosum, com uma topografia irregular semelhante a dunas *Hummocks* bem vegetadas. Pequenas a médias bacias de deflação se desenvolveram principalmente nas áreas mais distantes da primeira crista da duna. Na porção mais interna da duna espécies como *Hydrocotyle bonariensis*, *Conyza floribunda* e *Juncus acutus* são predominantes e estabilizam ainda mais o cordão de dunas.

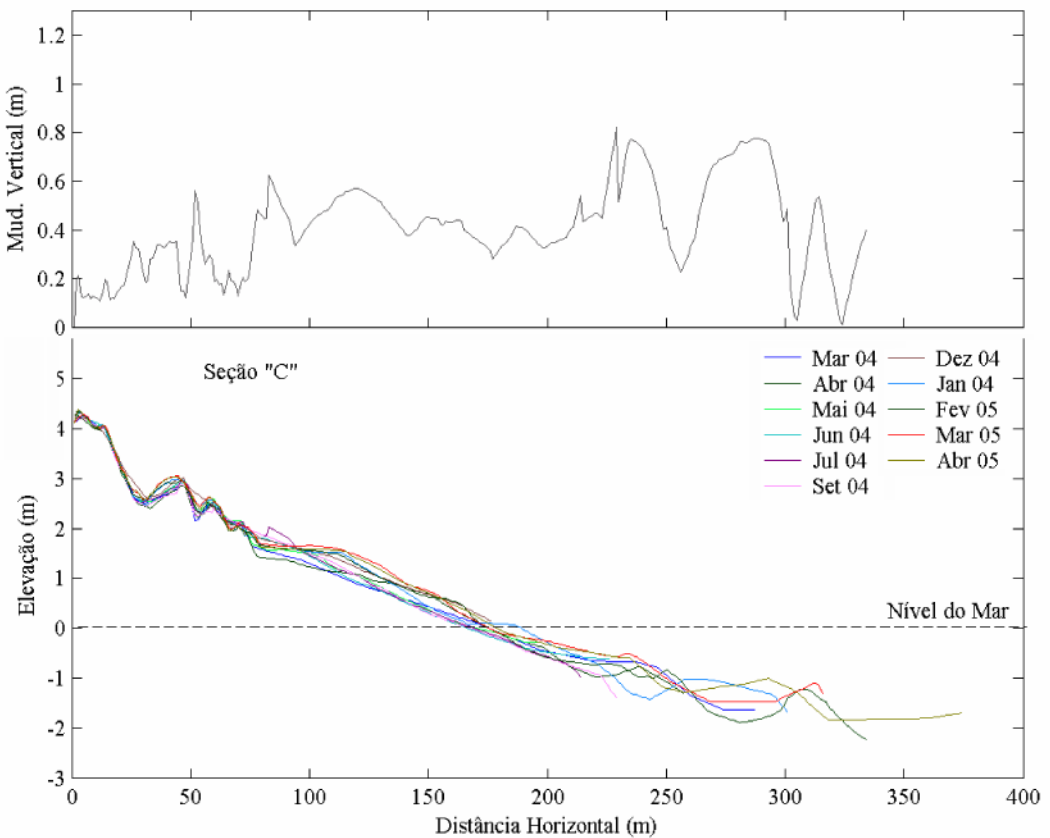


Figura 4. Envelope de perfis praias na seção “C”, com a máxima mudança vertical.

A “Seção D” (Fig. 5) é a única que está localizada em área urbanizada no Mar Grosso, por isso foram detectadas modificações antrópicas, como a construção de residências dentro da faixa de proteção de 100 m a partir da linha de costa e sobre o cordão de dunas frontais. A praia apresentou uma largura média de 132 m e baixa declividade ($\sim 2^\circ$), sendo considerada a maior largura entre todas as seções monitoradas. Feições como bermas de

acresção foram predominantemente formadas no verão (entre fevereiro e março), além da migração de bancos em direção à praia no mês janeiro, o que formou uma morfologia do tipo crista e canal (estágio intermediário *ridge and runnel* de WRIGHT & SHORT, 1984).

A maior variação volumétrica negativa no período de março a setembro de 2004, ocorreu em maio de 2004 (19,8 m³/m). Neste período altas taxas pluviométricas reativaram o

sangradouro localizado próximo a seção “D” o qual cortou o pós-praia e remobilizou dunas embrionárias e parte da duna frontal, além de uma forte ressaca devido a passagem de uma ciclogênese pela costa. Dos 19,8 m³/m de sedimentos remobilizados da praia 6,8 m³/m tiveram como causa a atuação do sangradouro (Fig. 6). A maior taxa de acreção para o mesmo período foi de 8,7 m³/m entre março e abril. No final deste período a praia ficou com um balanço sedimentar negativo de -14,8 m³/m.

Máximas variações verticais ocorreram na faixa de atuação do sangradouro, em todo

pós-praia e estirâncio. Os valores não ultrapassaram 0,7 m e variações no reverso da crista da duna frontal foram mínimas alcançando os 0,3 m. Entre dezembro de 2004 e março de 2005 a maior taxa de erosão ocorreu em março de 2005 (-3,8 m³/m) e a maior taxa de acreção entre dezembro e janeiro com valor de 20,1 m³/m. O total de material erodido foi de 9,2 m³/m e de material depositado 20,1 m³/m, totalizando um balanço sedimentar positivo de 10,9 m³/m.

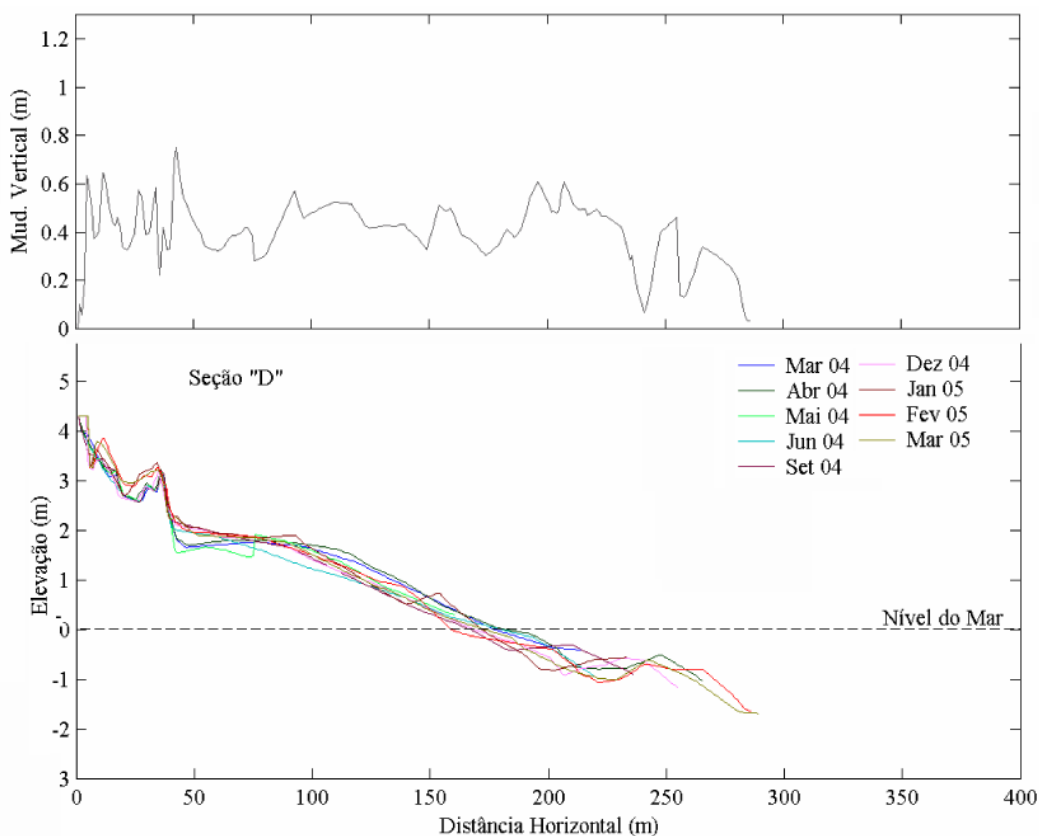


Figura 5. Envelope de perfis praias na seção “D”, com a máxima mudança vertical.

A urbanização neste trecho ocasionou a formação de um único cordão linear, não contínuo e bastante segmentado por ação antrópica. A topografia é irregular apresentando vegetação próxima à base da duna, com posterior diminuição à medida que se aproxima da crista. Esta diminuição da vegetação ocasiona maior mobilidade do sedimento, e por isso em períodos de fortes ventos, formam-se “nuvens de

areia” além do avanço das dunas sobre as residências.

No período de monitoramento praias ficou constatado que a espécie vegetal dominante na duna frontal foi *Panicum racemosum*, com baixo desenvolvimento vertical, enquanto que nas dunas embrionárias houve o florescimento de *Blutaparon portulacoides*. Além da sazonalidade como fator

de controle para a formação de dunas embrionárias, a presença de um sangradouro também modifica a dinâmica do sistema praia-duna, como observado em maio de 2004,

quando a reativação deste curso d'água erodiu as dunas embrionárias (Fig. 6).



Figura 6. Campo de dunas nas seções de monitoramento no Mar Grosso, RS.

De acordo com os parâmetros morfométricos propostos por SHORT & HESP (1982) e calculados neste trabalho (Tab. 1), a seção “A” da praia do Mar Grosso foi a que apresentou maior índice de mobilidade, com CV igual a 9, além de possuir as maiores variações volumétricas que podem ser comprovadas pelos índices de V_v e σV_v . O afastamento dos molhes

faz com que o índice de mobilidade da Praia do Mar Grosso diminua, e isto pode ser comprovado pelos índices de CV encontrados para as seções “B”, “C” e “D” que obtiveram valor 6 neste parâmetro. Os parâmetros V_v e σV_v também diminuem à medida que a seção monitorada distancia-se do molhe.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos calculados para as quatro seções monitoradas no balneário do Mar Grosso: número de amostragens (n); largura média da praia (yb); índice de mobilidade da praia (σyb), coeficiente de variação da largura média da praia (cv), volume médio da praia (vv) e variação de volume (σvv).

	<i>Seção A</i>	<i>Seção B</i>	<i>Seção C</i>	<i>Seção D</i>
N	11	11	10	9
Meses	13	13	13	13
Yb (m)	94	98	107	132
σYb (m)	8	6	7	8
CV (%)	9	6	6	6
Vv (m ³ /m)	10	8	6	-
σVv (m ³ /m)	6	6	5	-

DISCUSSÕES

Variações na morfologia de um sistema praias são causadas pela interação dos efeitos dos ventos, ondas, marés e correntes que se somam às características do material formador das praias, que de uma forma geral passam por processos de acreção e erosão nas estações de verão e inverno, respectivamente. Em estudo realizado por CALLIARI & KLEIN (1993) nas praias do litoral sul do RS ficou caracterizado que havia uma sazonalidade quanto ao comportamento das praias, onde a energia das ondas faz com que no verão ocorra um perfil mais acrecivo enquanto que no inverno um perfil mais erosivo típico de tempestades, o que caracterizaria uma bisazonalidade.

A realização de perfis praias em quatro seções ao longo de 12 km de praia mostrou diferentes tendências para um segmento de praia que pode ser considerado muito pequeno e com características morfológicas similares. Enquanto para a maioria das praias do estado foram observados perfis de acreção em meses de verão e os de erosão no inverno, a praia do Mar Grosso apresentou algumas tendências diferentes ao longo de um ano de monitoramento.

Na comparação realizada entre as seções “A”, “B” e “C” para determinar qual o perfil de maior erosão e o de maior acreção, foi possível constatar que somente a seção “B” apresentou seu perfil mais acrecivo no verão e o de erosão no inverno. Nas outras duas seções ocorreram tendências diferentes, como é o caso da seção “C” que teve seu perfil mais erosivo em março de 2004 e em março de 2005 o mais

acrecivo. Para CALLIARI & KLEIN (1993 e 1995) as praias do RS sofrem acentuada influência dos sistemas frontais, podendo ocorrer erosão no prisma praias durante o período de verão e acreção no período de inverno, modificando o padrão normal esperado devido a passagem desses sistemas. PEREIRA (2003) após monitoramento de alta frequência entre os meses de janeiro e março de 2002 na praia do Cassino, observou taxas de erosão acentuadas devido a uma tempestade em fevereiro, mas com posterior recuperação devido à migração de areia em direção a praia causada por ondulações, típicas da estação de verão.

As variações no estoque sedimentar acima do datum nas seções “A”, “B” e “C” foram consideradas pequenas, tanto as negativas como as positivas. Com relação às variações positivas a seção “B” foi a que apresentou maior índice com 20,9 m³/m e, para variações negativas, a seção “A” foi que mostrou maior mudança com -15 m³/m. Em estudo realizado por BARLETTA (1997) para a região do Estreito localizada a 45 km do molhe leste, as taxas de erosão chegaram a ultrapassar -44 m³/m num período de dois meses, devido a frentes frias associadas a ciclones de média intensidade que aplainaram a praia ocasionando seu máximo erosivo.

Na seção “D”, além da energia de ondas, as taxas pluviométricas elevadas também ocasionaram variações volumétricas, por isso comparações entre as três seções anteriores e esta se torna impossível, por incorporar mais uma variável ao estudo. Em maio, além do aplainamento do pós-praia por ação de ondas, houve também formação de escarpa na duna

frontal e sulcos esculpidos no pós-praia. Em apenas dois dias no mês de maio de 2004 (14 e 15) registrou-se uma taxa pluviométrica de 118,5 mm, aproximadamente a quantidade esperada de precipitação para todo mês, de acordo com a Normal Climatológica Provisória/Rio Grande (REBOITA, 2001), ocasionando a reativação de um sangradouro que desestabilizou o sistema praia-duna.

A análise sazonal mostra que no verão quando as ondas incidentes possuem baixos níveis energéticos ocorre transporte de sedimentos em direção a praia e tipos morfológicos como “*ridge and runnel*” são formados em praias com múltiplos bancos, como no Mar Grosso. Isto ocorreria porque muitas vezes nestas praias o banco interno pode assumir um comportamento de uma praia de banco único de baixa energia (SHORT, 1999), e evoluir para estágios intermediários ou até mesmo reflectivo. No mês de julho de 2004 também houve a formação de uma morfologia do tipo “*ridge and runnel*” quando os níveis energéticos tendem a ser maiores, entretanto com já mencionado por CALLIARI & KLEIN (1993) pode ocorrer acreção no prisma praiar pela diminuição ou inexistência de sistemas frontais, o que diminui a energia das ondas.

O deslocamento de sistemas frontais e, por consequência, à resposta da praia ao aumento de energia de ondas causou impacto diferenciado ao longo da área monitorada. Dois eventos extremos foram observados no período de monitoramento, um em maio e outro em novembro, ambos em 2004. Em maio na estação de outono, período em que as frentes frias começam a se deslocar pelo sul do Brasil e são intensificadas por sistemas frontais, houve redução no estoque sedimentar subaéreo da praia tanto nas adjacências dos molhes oeste e leste (Cassino e Mar Grosso, respectivamente) o que gerou variações negativas devido à alta energia hidrodinâmica com ondas que atingiram até 4 m (modelo de ondas CEPTEC/INPE).

Grandes saltos morfológicos estão relacionados a eventos de grande energia, que podem desestabilizar o prisma praiar (HOLMAN & SALLENGER, 1993) transportando sedimentos das dunas e do pós-praia para a zona de arrebenção, formando bancos paralelos à praia (SALLENGER *et al.*, 1995). Com a redução dos níveis energéticos o movimento contrário é observado, transportando

os bancos até a linha de praia os quais podem ser soldados a mesma, concentrando o estoque de sedimentos na parte subaérea da praia (SHORT & AAGAARD, 1993).

A realização de perfis praias uma semana após a ressaca em maio mostrou que dentre todas as seções, somente a seção “A” ainda apresentava variações negativas, com déficit de $-15 \text{ m}^3/\text{m}$, enquanto que a seção “B” perdeu $-5,1 \text{ m}^3/\text{m}$ e a seção “C” não apresentava taxas erosivas, mas sim acreção de $3,7 \text{ m}^3/\text{m}$. Os ventos neste período chegaram a 12,7 m/s e direção SW, causando empilhamento de água sobre a zona costeira e após a tempestade, os ventos foram de S e SE com intensidades de 1,0 a 1,7 m/s. Ventos de NE que causam ondas de quadrante leste de curto período (9 s) e altura significativa de 0,5 m não ocorreram após a ressaca e antes da realização dos perfis praias, o que inviabiliza a migração de sedimentos para costa e a formação de um perfil mais acrecivo.

De acordo com TOZZI & CALLIARI (2000) e BARLETTA (2000) a ocorrência de maior energia de ondas no outono por causa das tempestades induz a perfis de erosão. Essas tempestades, geralmente as mais extremas, determinam taxas de erosão maiores do que em outros períodos, representando perdas estimadas de um a três meses para o perfil praiar (TOZZI, 1999). Para WRIGHT *et al.* (1985) as taxas de recuperação, junto com as de erosão, representam a mobilidade potencial do perfil praiar, e por isso revela a maior susceptibilidade da praia a tempestades ou características mais intermediárias.

Com base nos parâmetros morfométricos de SHORT (1980) e SHORT & HESP (1982) foi possível constatar que a variabilidade em estágios morfoodinâmicos da área de estudo é pequena. A grande largura de praia, o predomínio de areia fina na face praiar com alto percentual de areia muito fina (FIGUEIREDO, 2005), o bom desenvolvimento da zona de arrebenção, a ocorrência de uma arrebenção do tipo derrame e os baixos valores de σ_{Yb} e CV permitem afirmar que este trecho ao longo da costa possui um comportamento morfoodinâmico dissipativo. Entretanto foi possível identificar que entre as quatro seções monitoradas, a seção “A” foi a que mais se diferenciou do restante da área monitorada, podendo-se inferir que os processos atuantes nas proximidades do molhe leste geram

modificações neste trecho de praia, fazendo com que ocorram características morfodinâmicas intermediárias, conferindo a esta seção maior mobilidade.

FIGUEIREDO (2005) estudando a sedimentologia nas áreas adjacentes à desembocadura da Laguna dos Patos mostrou que os sedimentos que compõem a praia do Mar Grosso têm como tamanho médio de grão predominante areia fina ($2,5$ a 3Φ) e elevados percentuais de areia muito fina (de 40 a 50%). Entre os km 1 e 7 onde foram realizados os perfis, foram encontrados por FIGUEIREDO (2005) maiores percentuais de areia média, diferente da praia do Cassino que somente a partir do km 18 após o molhe oeste apresentou percentuais de areia média. Esta diferenciação é uma indicação de que a existe maior energia neste trecho, e assim padrões de circulação influenciados pelos molhes devem intensificar a retirada de sedimentos mais finos imprimindo a

praia características erosivas e de maior mobilidade típicas de praias intermediárias.

Comparando os índices morfométricos encontrados por CALLIARI & KLEIN (1993) e TOZZI (1999) para as praias adjacentes ao molhe oeste (Tab. 2), nota-se que os valores de CV foram maiores para o Mar Grosso e no trecho próximo ao Navio Altair (18 km do molhe oeste). Neste último, onde são encontrados elevados percentuais de areia média (36%), TOZZI (1999) através de levantamentos topográficos classificou a praia como intermediária. BARLETTA (2000) também encontrou maiores valores de CV para as praias a partir de 45 km do molhe leste, atribuindo estas diferenças as características mais dissipativas encontradas nas praias ao sul da desembocadura da Laguna dos Patos em relação às praias mais intermediárias ao norte da desembocadura.

Tabela 2. Comparação dos índices morfométricos entre Mar Grosso e Cassino.

	Praia do Mar Grosso				Praia do Cassino		
	<i>Seção A</i>	<i>Seção B</i>	<i>Seção C</i>	<i>Seção D</i>	<i>Terminal</i>	<i>Querência</i>	Navio Altair
N	11	11	10	9	14	15	8
Meses	13	13	13	13	10	11	
Yb (m)	94	98	107	132	183	134	131
σYb (m)	8	6	7	8	5	7	10
CV (%)	9	6	6	6	3	5	8
Vv (m^3/m)	10	8	6	-	5	4	1
σVv (m^3/m)	6	6	5	-	3	3	20

Em relatório realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidráulicas INPH (1998) para o prolongamento dos molhes da Barra foram analisados os efeitos de ondas de S-SE, direção das maiores alturas de ondas, com vários períodos e altura. Os resultados mostraram que na praia do Cassino forma-se uma zona de proteção que vai do molhe oeste até o terminal turístico, enquanto que a praia do Mar Grosso fica exposta a maior energia de ondas, o que também corrobora para a maior mobilidade da praia do Mar Grosso em relação ao Cassino.

Estudando a variabilidade da linha de costa próxima a desembocadura da Laguna dos Patos através do uso de fotografias aéreas, LÉLIS (2003) também demonstrou diferenças nas praias adjacentes a estruturas. Os molhes seriam responsáveis pela existência de uma zona

de sombra que protegeria as praias imediatamente ao sul do molhe oeste, tornando complexa a hidrodinâmica local e, aliada ao transporte sedimentar preferencial para NE, seria responsável pela atual configuração da linha de praia.

Para SHORT & MASSELINK (1999) estruturas perpendiculares à costa causam mudanças na morfodinâmica e estabilidade da praia. A forma da praia é influenciada pela refração das ondas nas adjacências dos molhes, que induz um realinhamento da linha de costa para ajustar-se a refração e difração das ondas. A morfodinâmica também é modificada por algumas mudanças na direção e altura das ondas devido à refração que induzirá uma mudança na orientação da linha de costa e tipo de praia.

Assim como LÉLIS (2003), LEATHERMAN *et al.* (1997) e BUIJSMAN *et al.* (2003) também encontraram perturbações no comportamento da linha de costa e modificações na geomorfologia das praias adjacentes à construções de estruturas portuárias

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações morfo-dinâmicas ao longo da praia do Mar Grosso foram consideradas pequenas, onde ocorre a predominância de estágio dissipativo, com um perfil de baixa pendente e de pós-praia largo. A mobilidade dos sedimentos tende a obedecer padrões sazonais, a exceção de períodos em que a passagem de frentes frias associadas ou não a ciclogêneses atuem na costa.

As diferenças encontradas nos perfis estão associadas à presença de estruturas de fixação da desembocadura da Laguna dos Patos, que causam acreção e erosão, respectivamente, nas praias adjacentes ao molhes oeste e leste, como já descrito por outros autores. Estas estruturas causam modificações na granulometria da praia e na hidrodinâmica local.

As dunas frontais monitoradas neste trabalho apresentaram mínima variação em altura, entretanto ocorreram diferenças quanto ao grau de cobertura vegetal. Próximo ao molhe há maior cobertura vegetal e à medida que ocorre o afastamento dos molhes a cobertura vegetal diminui, facilitando a mobilidade de areia no campo de dunas e o avanço de lençóis de areia em direção ao continente, como ocorre na seção "C".

As modificações encontradas na seção "D" devido ao planejamento inadequado para construções residenciais na orla marinha estão descaracterizando o ambiente praial, além de alterar a dinâmica ambiental. A deposição de entulhos e o avanço de algumas casas sobre as dunas são as principais causas para mudanças encontradas neste trabalho.

Além das alterações antrópicas verificadas na seção "D" também existe outro fator que interfere na fisiografia das dunas, os sangradouros. As altas taxas pluviométricas no período de monitoramento contribuíram para a ocorrência e distribuição destes cursos d'água que remobilizaram as dunas embrionárias e escarparam as dunas frontais, além de formar

sulcos no pós-praia, modificando o balanço sedimentar da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARLETTA, R.C. 1997. **Aspectos morfo-dinâmicos das praias situadas ao norte da desembocadura da Laguna dos Patos - Farol da Conceição e praias adjacentes, RS.** Monografia de graduação em Oceanologia. Rio Grande, RS, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- BARLETTA, R.C. 2000. **Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfo-dinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil.** Departamento de Geociências. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- BUIJSMAN, M.C.; KAMINSKY, G.M. & GELFENBAUM. 2003. Shoreline change associated with jetty construction, deterioration, and rehabilitation at Grays Harbor, Washington. **Shore and Beach**, **71**, v.1: p. 15-22.
- CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfo-dinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, **20 (1)**: p. 48-56.
- CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1995. Variabilidade das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. **Publ. Esp. IO/USP** **11**: p. 55-63.
- CALLIARI, L.J.; PEREIRA, P.S.; De OLIVEIRA, A.O. & FIGUEIREDO, S.A., 2005. Variabilidade das dunas frontais no litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gravel** **(3)**: p. 15-30.
- CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M. & KLEIN, A.H.F. 1998. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil - Rio Grande to Chuí. In: Land and Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) **Meeting...Anais da Academia Brasileira de Ciências** **70 (2)**: p. 231-247.
- DAVIES, J.L. 1980. **Geographical variation in coastal development**. 2ª edição. Londres: Longman, 212 p.
- ESTEVEZ, L.S.; SILVA, A.R.P.; AREJANO, T.B.; PIVEL, M.A.G. & VRANJAC, M.P. 2003. Coastal development and human impacts along the Rio Grande do Sul

- beaches, Brazil. **Journal of Coastal Research**, **SI (35)**: p. 548-556.
- FIGUEIREDO, S.A. 2005. **Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes às desembocaduras lagunares e fluviais da costa do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG. Rio Grande, RS. 178 p.
- HOLMAN, R.A. & SALLENGER, A.H. 1993. Sand bar generation: a discussion of the Duck experiment series. **Journal of Coastal Research**, **SI (15)**.
- LEATHERMAN, S.P.; DEAN, R.G.; KANA, T. & ANDERS, F.J. 1997. Goldsmith Inlet and adjacent areas, north shore of Long Island, New York: Erosion problems and suggested modifications. **Shore and Beach**, **n.3**: p. 13-16.
- LÉLIS, R.J.F. 2003. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul**. Monografia. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande, RS. 117 p.
- MARONE, E. & CAMARGO, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do estado do Paraná: O evento de 18 de agosto de 1993. **Revista Nerítica**, **v.8, n.1**: p. 73-85.
- MOTTA, V.F. 1967. **Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura Lagunar de Tramandaí, RS**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (Inédito).
- MOTTA, V.F. 1969. **Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas.
- PEREIRA, P.S. 2003. **A morfodinâmica praial como ferramenta para a segurança dos banhistas da praia do Cassino: Estudo de caso da temporada 2002**. Monografia. Curso de Oceanografia. FURG, Rio Grande, RS. 77 p.
- PEREIRA Da SILVA, R. 1998. **Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande-Chuí, RS**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS. Porto Alegre, RS. 146 p.
- PIVEL, M.A.G. 1997. **Caracterização Morfodinâmica e Sedimentológica das Praias de Torres (RS)**. Monografia. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande, RS. 72 p.
- PIVEL, M.A.G. & CALLIARI, L.J. 1998. Caracterização preliminar das praias de Torres (RS) sob um enfoque morfodinâmico. **Anais...**, XI Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande, FURG.
- REBOITA, M.S. 2001. **Normais Climatológicas Provisórias de Rio Grande, no período de 1991 a 2000**. Monografia. Curso de Geografia Bacharelado. Departamento de Geociências. Rio Grande, RS, FURG. 100 p.
- SALLENGER, A.H.; HOLMAN, R.A. & BIRKEMEIER, W.A. 1995. Storm-induced response of a nearshore bar system. **Marine Geology (64)**: p. 237-257.
- SEELIGER, U. 1992. **Coastal Foredunes of Southern Brazil: physiography, habitats and vegetation**. Coastal Plant Communities of Latin America. P. 367-380.
- SHORT, A.D. 1979. Three dimensional beach stage model. **Journal of Geology (87)**: p. 553-571.
- SHORT, A.D. 1980. Beach response to variations in breaker height. In: 17th International Coastal Engineering Conference. ASCE/ Austrália. **Proceedings...**, p. 1016-1035.
- SHORT, A.D. 1999. Wave-dominated beaches. In: SHORT, A.D. (ed.). **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Chichester, John Wiley & Sons, p. 173-203.
- Short, A.D. & Aagaard, T. 1993. Single and multi-bar beach change models. **Journal of Coastal Research**, **SI (15)**: 141-157.
- SHORT, A.D. & HESP, P. 1982. Wave, beach and dune interactions southeastern Australia. **Marine Geology (48)**: p. 259-284.
- SHORT, A.D. & MASSELINK, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: Short, A.D. (ed.). **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Chichester, John Wiley & Sons, p. 230-250.
- SIEGLE, E. 1996. **Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e fatores**

- condicionantes.** Monografia. FURG, Rio Grande, RS. 88 p.
- STRAUCH, J.C. & SCHIMIDT, R.M. 1998. Estudo do clima de ondulatório em Rio Grande. Laboratório de Física, FURG, 64 p.
- TABAJARA, L.L.C.A. 2003. **Interações onda-praia-duna e manejo das dunas das praias de Atlântida Sul e Mariápolis - RS.** Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS. Tese de Doutorado: 216 p.
- TOLDO Jr., E.E.; DILLENBURG, S.R.; ALMEIDA, L.E.S.B.; TABAJARA, L.L.; MARTINS, R.R. & CUNHA, L.O.B.P. 1993. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas 20 (1):** p. 27-32.
- TOMAZELLI, L.J. 1993. O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas 20 (1):** p. 18-26.
- TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praiado e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas 19 (1):** p. 3-12.
- TOZZI, H.A.M. 1999. **Influência das Tempestades Extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. UFRGS: 115 p.
- TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino. **Pesquisas 27:** p. 29-42.
- VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1985. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. CECO/IG/UFRGS, **Notas Técnicas (8):** p. 1-45.
- WAINER, I.J. 1963. **Análise e previsão das alturas de onda em Tramandaí.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Relatório, 30 p. (Inédito).
- WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R.N.; ZOMER, S.L.C. & SOUTO, R.P. 1997. Caracterização Morfológica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas Técnicas (10):** p. 35-48.
- WRIGHT, L.D.; CHAPPELL, J.; THOM, B.G.; BRADSHAW, M.P. & COWELL, P., 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems, southeastern Australia. **Marine Geology (32):** p. 105-140.
- WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1984. Morphodynamics variability of high energy surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology (56):** p. 93-118.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. & GREEN, M.O. 1985. Short term changes in the morphodynamics states of beach and surf zones: an empirical predictive model. **Marine Geology (62):** p. 339-364.