

Características morfodinâmicas da praia do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, Brasil

Ulisses Rocha de OLIVEIRA¹, Rodrigo do Carmo BARLETTA², Janice Rezende Vieira PEIXOTO³ & Norberto Olmiro HORN FILHO⁴

1. Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande. Campus Carreiros, Avenida Itália, km 8, Rio Grande - RS, 96201-900. Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: ulisseslicke@yahoo.com.br.

2. Coastal Planning & Engineering do Brasil. Rodovia José Carlos Daux (SC 401) 8600 Sl 5 Bl 6. Santo Antônio de Lisboa. Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88050-001. E-mail: rbarletta@coastalplanning.net.

3. Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário Trindade, Caixa postal 476, Florianópolis, SC, CEP 88040-970. E-mail: tartbr@yahoo.com.br.

4. Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário Trindade, Caixa postal 476, Florianópolis - SC, 88040-970, E-mail: horn@cfh.ufsc.br.

Recebido em 12/2007. Aceito para publicação em 12/2009.

Versão online publicada em 16/08/2010 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Este trabalho apresenta os resultados da análise das características morfodinâmicas da Praia do Pântano do Sul, uma praia de enseada localizada na costa sul da Ilha de Santa Catarina. Para isto, foram monitorados três perfis praias, localizados em diferentes setores da praia, durante um ano. Amostras de sedimento foram coletadas durante o monitoramento dos perfis na base da duna frontal, pós-praia e face praial. Amostras adicionais de sedimento foram coletadas na face da praia com intervalo de 200 m. A praia foi classificada utilizando parâmetros morfométricos e também um modelo sequencial de evolução morfológica. O setor nordeste da praia (perfil 1) é permanentemente abrigado da ação direta da energia das ondas. Neste setor, as ondas raramente ultrapassam 0,5 metros de altura e o estágio predominante é Intermediário Terraço de Baixa Mar ($W = 1,44$), tendo este setor sedimentos arenosos mais finos que o restante da praia. A energia de onda tende a aumentar progressivamente em direção aos outros setores da praia (perfis 2 e 3). Decorrente desta distribuição de energia, o diâmetro do grão aumenta em direção aos setores sul da praia. A morfologia da praia proporciona duas linhas de arrebentação de onda e feições rítmicas com cúspides praias. Os valores de ω nos setores central e sul (perfis 2 e 3) foram 2,63 e 3,71, caracterizando, respectivamente, estágios intermediários de bancos transversais, com correntes de retorno, e banco e praia de cúspide, ou rítmicos. Ao longo da praia do Pântano do Sul, os estágios predominantes variam de acordo com a incidência de ondas ao longo dos diferentes setores da praia. A baixa energia foi associada ao estágio intermediário Terraço de Baixa Mar, a moderada energia correlacionada ao estágio bancos transversais e a moderada alta energia ao estágio banco e praia de cúspide, ou rítmico.

Palavras-chave: Morfodinâmica, praia de enseada, sul do Brasil.

Abstract - MORPHODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE PÂNTANO DO SUL BEACH, SANTA CATARINA ISLAND, BRAZIL. This work presents results of the analysis of morphodynamic characteristics of the Pântano do Sul Beach, a headland bay beach located at the southern shore of Santa Catarina Island. To achieve this purpose, three beach profiles located at different beach sectors were monthly monitored during a period of one year. Sediment samples were collected at the foredune basis, the backshore and at the beach face on each profile survey. There was also a survey in which sediment samples were collected along the whole beach within intervals of 200 m. The beach was classified according to the morphometric parameters and also using one morphological sequential model. In the northeast sector (profile 1), the beach has a permanent wave shadow zone. At this zone, the significant wave height seldom exceeds 0.5 m and the predominant morphodynamic stage can be classified as intermediate, so called low tide terrace ($W = 1.44$), even though the grain diameter size is finer than at the other profile sectors. The mean wave

energy increases towards the southward beach sectors (profile 2 and 3). Following this energy distribution, there was a rise in the sediment diameter size towards the southern sectors of the beach, and the morphology showed two wave breaker lines and rhythmic features like rips and beach cusps. The omega values associated with the central and southwest sectors (profiles 2 and 3) were 2.63 and 3.71, characterizing intermediate stages called “transverse bar and rip” and “rhythmic bar and beach”, respectively. As a general feature for Pântano do Sul, the predominant morphodynamic stage varied according to the incident wave energy along the different sectors of the beach. Low energy was associated to low tide terrace stage, moderate energy was correlated with transverse bar and moderate to high energy with rhythmic bar.

Keywords: morphodynamic, headland bay beach, southern Brazil.

1. Introdução

As praias arenosas resultam da ação das ondas interagindo com sedimentos acomodados nas linhas de costa, sendo que a extensão e características destas são dependentes da variação de maré, altura de onda, período de onda, tamanho do grão e forma da praia em planta (Short, 1999a). Em zonas costeiras onde ocorre a presença do embasamento cristalino junto ao mar, como em boa parte do litoral do Estado de Santa Catarina, há desenvolvimento de praias arenosas de enseada. O termo praia de enseada, ou praia embaiada, define uma linha de costa arenosa limitada por promontórios rochosos onde a linha de costa geralmente assume forma curvada (Silvester & Hsu, 1993; Klein *et al.*, 1997; Short & Masselink, 1999). Para Short & Masselink (1999), promontórios rochosos geram influência na forma da praia em planta, transporte sedimentar e morfodinâmica.

Segundo Davies (1958), a orientação da forma em planta das praias é controlada por padrões de refração associados às ondas predominantes. Se o embaiamento está em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas (em equilíbrio estático), a refração é tanta que praticamente não gera transporte longitudinal gerada pela incidência oblíqua de ondas, visto que nestes casos todas as quebras de onda acontecem de forma “normal” (no mesmo momento) ao longo de toda a praia de enseada (Bremner, 1983). Neste caso, fracas correntes longitudinais podem ocorrer devido ao gradiente longitudinal na altura de onda (O'Rourke & Leblond, 1972; Klein *et al.*, 2003). Quando a

praia é mais exposta e sofre processos de mudanças sazonais ou periódicas no clima de ondas, principalmente na direção, manifesta-se o processo de rotação da praia (Short & Masselink, 1999), onde a obliquidade das ondas na praia leva, por processo de deriva litorânea, os sedimentos de uma para a outra periferia da praia. Quando houver suprimento sedimentar e o transporte longitudinal for ativo, a praia se encontra em um estado instável, em equilíbrio dinâmico.

Estudos realizados a partir da década de 1970 em praias da Austrália sob regime de micromarés, dominados por regime de ondulação, culminaram no trabalho publicado por Wright & Short (1984) que identificaram e classificaram estágios morfodinâmicos distintos associados a regimes hidrodinâmicos característicos para determinados trechos de costa (Fig. 1). Segundo esta classificação, as praias podem ser classificadas em Dissipativas, Reflectivas e Intermediárias (Fig. 1). Estes estágios foram posteriormente relacionados por Wright *et al.* (1985) ao parâmetro adimensional ômega, criado por Dean (1973). O parâmetro ômega (W) é calculado pela fórmula $W = H_b/W_s \cdot T$, onde H_b = altura da quebra de onda (m), W_s = velocidade de sedimentação das partículas (cm/s) e T = período de pico de onda (s), sendo considerado um parâmetro empírico e adimensional. Um determinado trecho de praia pode variar entre diferentes estágios morfodinâmicos conforme a energia de onda, embora em muitos casos estudados apresente um estágio médio predominante ou modal.

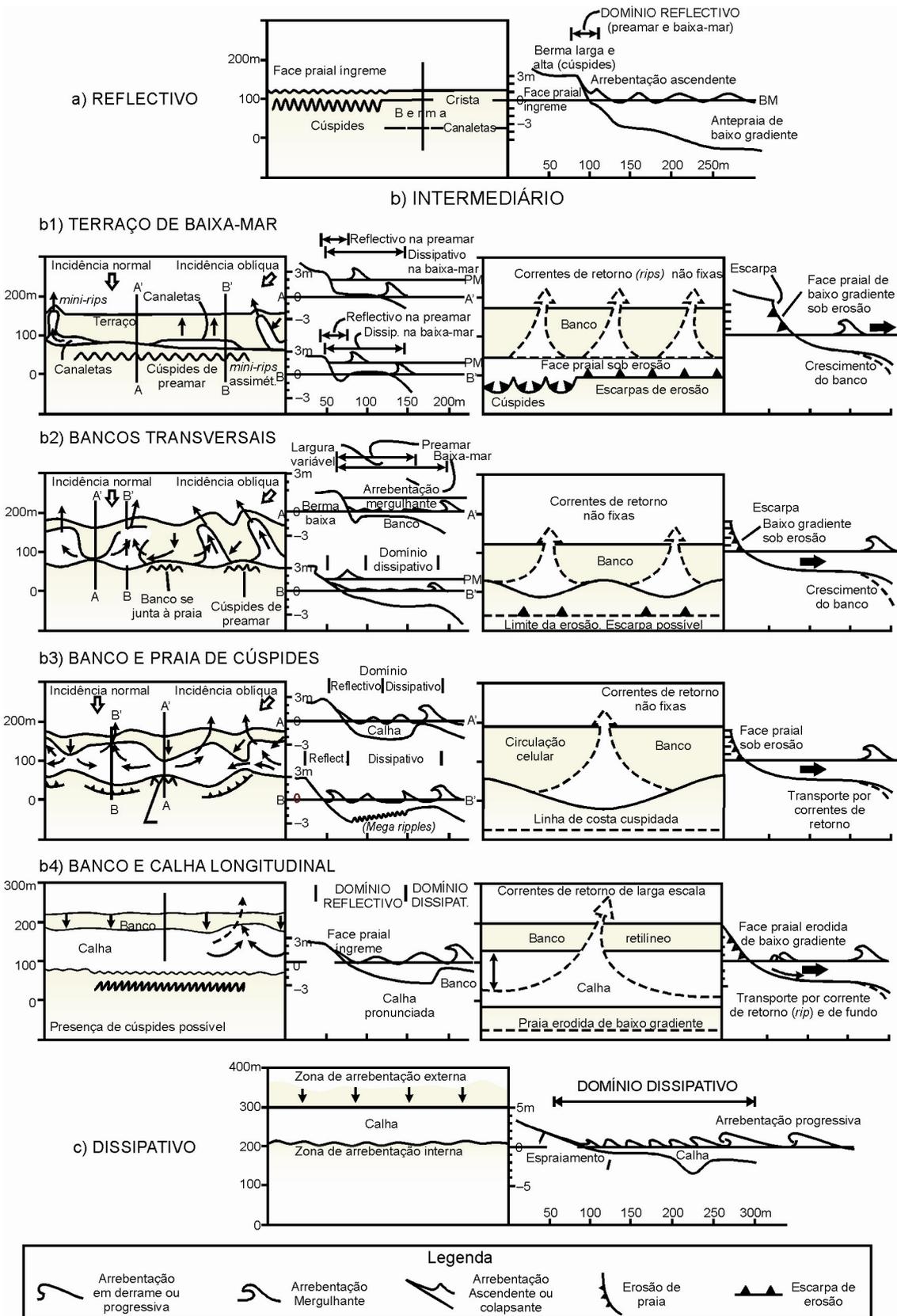


Figura 1. Representação em perfil e em planta dos seis estágios morfodinâmicos propostos por Wright & Short (1984), modificado por Short (1999b) e adaptado por Calliari *et al.* (2003), com distinção entre estágios intermediários derivados de condições acrescivas e erosivas.

Praias Dissipativas são caracterizadas pela alta energia de onda ($W > 6$), com zona de surfe larga, composta por dois ou mais bancos e tipo de onda deslizante (Fig. 1). Essas praias possuem elevado estoque sedimentar na porção subaquosa da praia, baixo gradiente topográfico, areias de granulometria fina em todos os setores da praia. Segundo Calliari *et al.* (2003), este tipo de praia tem grande aporte sedimentar, fazendo com que as ondas arrebenhem longe da face praial, decaindo progressivamente em altura ao longo da arrebenção.

Praias Reflectivas ocorrem sob baixa energia de onda ($W < 1$), apresentando elevados gradientes na topografia, o que reduz sensivelmente a largura da zona de surfe (Calliari *et al.*, 2003) (Fig. 1). O ponto de quebra das ondas ocorre praticamente na face praial na forma ascendente ou mergulhante. O estoque sedimentar é geralmente composto por areias de granulometria grossa, depositadas em sua maior parte na porção subaérea da praia. Apresentam pouco estoque sedimentar na porção subaquosa.

Praias Intermediárias representam a transição do reflectivo ao dissipativo, ou vice-versa, da condição da baixa a alta energia de onda quando valores de ω oscilam entre 1 e 6 (Wright *et al.*, 1985). Estes estágios apresentam como característica, uma progressiva redução da largura da calha longitudinal em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebenção em direção à praia (Calliari *et al.*, 2003), resultado da passagem da alta para a baixa energia de onda. Podem conter bancos longitudinais, rítmicos ou transversais, tipo de arrebenção mergulhante e/ou deslizante, correntes de retorno na zona de surfe e presença de areia fina a média. Apresentam uma variabilidade ao longo da linha de costa gerada pela alternância entre correntes de retorno e bancos, sendo responsáveis por erosão localizada junto ao embaiamento (Short, 1999b). Os estágios intermediários podem ser subdivididos em Banco e Calha Longitudinal (BCL) ($W = 4,7 \pm 0,93$), Banco e Praia de Cúspides (BPC) ($W = 3,5 \pm 0,76$), Bancos Transversais (BT) ($W = 3,15 \pm 0,64$) e Terraço de Baixa-Mar (TBM) ($W = 2,4 \pm 0,19$) (Fig. 1).

Este trabalho visa analisar as características morfodinâmicas da Praia do Pântano do Sul, uma praia arenosa de enseada localizada no sul da Ilha de Santa Catarina, SC. Para alcançar os objetivos foram monitorados três perfis de praia durante um ano, coletadas amostras superficiais

de sedimentos e efetuadas observações costeiras a cada perfil. Buscou-se relacionar os resultados obtidos ao modelo sequencial de evolução morfológica proposto por Wright & Short (1984). Este modelo vem sendo utilizado principalmente trechos de sistemas praias expostos. Pode também ser utilizado para identificar variações no nível de energia ao longo das praias de enseada, relacionando estágios modais encontrados ao nível de energia atuante (Short, 1999a). Sua aplicabilidade para a área de estudo é atestada pela sua utilização, com êxito, em outras praias da costa oceânica da Ilha de Santa Catarina (Abreu de Castilhos, 1995; Leal, 1999; Torronteguy, 2002; Faraco, 2003; Peixoto, 2005; Glutter, 2006).

2. Área de estudo

A Praia do Pântano do Sul (Fig. 2) se localiza no sul da Ilha de Santa Catarina, Distrito do Pântano do Sul. A linha de costa possui cerca de 3.920 metros de comprimento. A nordeste da praia, próximo à localidade de Pântano do Sul, a linha de costa é mais curvada, com orientação predominante leste-oeste. A linha de costa é mais retilínea a partir da localidade de Açores em direção a sudoeste, com orientação nordeste-sudoeste (Fig. 2) onde faz limite com a Praia da Solidão ou Praia do Rio das Pacas.

A praia está delimitada pelos promontórios rochosos da Ponta do Marisco, a nordeste, e da Ponta da Régua, a sudoeste, ambos caracterizados geologicamente como maciços graníticos e de rochas vulcânicas ácidas, de idade neoproterozóica, cortadas por diques ácidos, também neoproterozóicos e básicos, formados no Cretáceo (Tomazzoli *et al.*, 2007). A praia do Pântano do Sul representa a porção sul de um tómbolo no qual as praias do Matadeiro e Armação compõem a porção norte e a praia da Lagoinha do Leste sua porção frontal, mais exposta. A planície costeira adjacente à linha de costa é constituída por depósitos eólico, marinho praial, flúvio-lagunar e de leque aluvial (Caruso Jr., 1993), com idades cenozóicas. Quanto à geomorfologia, a planície costeira é caracterizada por cordões litorâneos, com dunas transgressivas ocupando o trecho central do arco de praia.

A Praia do Pântano do Sul é submetida ao regime de micromarés, cuja amplitude máxima é em torno de 1,4 m e regime semidiurno. Maiores variações do nível do mar nesta área ocorrem devido à ação de marés meteorológicas (Oliveira,

2004), definidas por Pugh (1987) como sendo a diferença entre a maré astronômica e a maré realmente observada.

Quanto ao regime de ondas, ao largo da Ilha de Santa Catarina predominam, ao longo do ano, ondulações de sul, com período em torno de 12 segundos e vagas de leste, com período de 8 segundos (Araújo *et al.*, 2003). Durante o outono e o inverno as ondulações de sul prevalecem sobre as vagas de leste. No verão há um balanço

entre as mesmas e na primavera prevalecem as vagas de leste. Condições de alta energia de onda geralmente provêm de ondulações de sul/sudeste, com períodos de pico acima de 11 s e ondas maiores que 4 m em águas profundas, podendo ser encontradas em todas as estações do ano enquanto que condições de baixa energia são associadas a vagas de leste/nordeste (Araújo *et al.*, 2003).

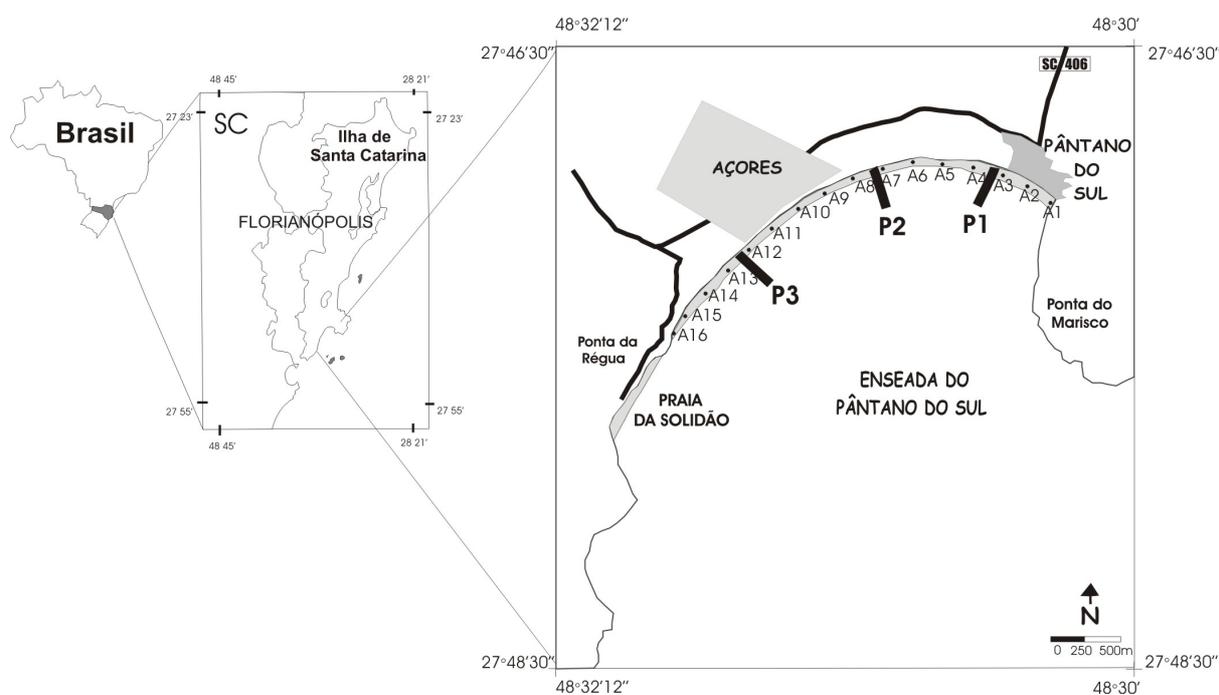


Figura 2. Mapa de localização da Praia do Pântano do Sul, destacando os três perfis de praia monitorados e os dezesseis pontos de coleta de sedimento.

3. Métodos

Marcos topográficos artificiais foram fixados sobre a duna frontal em três pontos da praia. Nestes pontos (Fig. 2), perfis de praia foram medidos mensalmente, entre agosto de 2002 e agosto de 2003 (13 campanhas), utilizando o método de nivelamento expedito com nível e estadia descrito por Birkmeier (1981). A localização dos perfis foi escolhida após a análise de fotografias aéreas da área de estudo e trabalhos de campo preliminares, tendo como critério a orientação da linha de costa e feições geomorfológicas adjacentes. O processamento dos perfis praias foi realizado no programa computacional ISRP (*Interactive Survey Reduction Program*) (Birkmeier, 1985).

Três amostras superficiais de sedimento foram coletadas a cada perfil realizado (base da

duna frontal, pós-praia e face praias) totalizando 117 amostras, 39 por perfil. Também foram coletadas 16 amostras no pós-praia com intervalo de 200 m, a partir do setor nordeste da praia (Fig. 2) durante um trabalho de campo realizado em outubro de 2003. A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal de Santa Catarina, com intervalo $1/2\phi$ (ϕ) segundo a escala de Wentworth (1922). Para realizar o tratamento estatístico das amostras de sedimentos, utilizou-se o programa PANCOM (Toldo Jr. & Medeiros, 1986) que processa estatisticamente os parâmetros granulométricos seguindo os métodos de Folk & Ward (1957).

A altura de quebra de onda (H_b) e o período de pico de onda (T) na zona de arrebentação foram estimados através de observações visuais realizadas a cada perfil. Tais parâmetros

foram coletados segundo a metodologia proposta por Melo Filho (1991).

Os dados coletados em campo possibilitaram a aplicação do modelo de Wright & Short (1984) de forma quantitativa, pelo cálculo do parâmetro adimensional ômega (W) e outros parâmetros sugeridos por Short & Hesp (1982) como largura média da praia (Y_b), índice de mobilidade do pós-praia (σY_b), coeficiente de variação da linha de costa ($CV\%$), declividade da face praial (b), variação de volume (V_v), diâmetro médio do grão (M_z), velocidade de sedimentação das partículas sedimentares (W_s), altura da quebra de onda (H_b) e período de pico de onda (T).

Dados qualitativos, tais como fotografias aéreas e observações de campo, foram importantes no auxílio da interpretação das características morfodinâmicas da área. A morfologia representativa dos bancos foi gerada a

partir de fotografias aéreas escala 1:25000 (IPUF, 1994) possibilitando caracterizar a variabilidade da praia também na zona de surfe.

4. Resultados e discussão

A Praia do Pântano do Sul pode ser considerada como semi-exposta à energia das ondas. Através do monitoramento realizado, foi possível identificar um aumento da energia de onda do setor nordeste (perfil 1) sujeito à baixa energia, para o setor sudoeste, perfis 2 e 3 sujeitos a níveis de energia de onda moderados a altos. Este aumento é devido ao costão da Ponta do Marisco que bloqueia as ondulações e forma uma zona de sombra. A tabela 1 apresenta os parâmetros morfométricos, hidrodinâmicos e o adimensional ômega calculados para os três perfis monitorados ao longo da praia.

Tabela 1. Parâmetros calculados nos três perfis monitorados ao longo da Praia do Pântano do Sul (perfil 1 - setor nordeste; perfil 2 - setor central; perfil 3 - setor sudoeste). N - número de campanhas amostrais; Y_b - largura média da praia; σY_b - desvio padrão de Y_b ; $CV\%$ - coeficiente de variação da linha de costa; b - declividade média da face praial; σb - desvio padrão da declividade; V_v - variação do volume médio da porção subaérea da praia; σV_v - desvio padrão de V_v ; M_z - diâmetro médio do grão; σM_z - desvio padrão de M_z ; W_s - velocidade de sedimentação das partículas; H_b - altura significativa no ponto de quebra de onda média; σH_b - desvio padrão de H_b ; T - período de pico de onda; σT - desvio padrão de T ; W - parâmetro adimensional ômega.

Parâmetro	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
N	13	13	13
Y_b (m)	54,49	40,03	57,03
σY_b (m)	7,31	6,06	11,37
CV%	13,4	15	19,9
Declividade ($^\circ$)	2	4	4
σ Declividade ($^\circ$)	1,01	1,87	1,46
V_v (m ³ /m)	4,93	4,96	12,9
σV_v (m ³ /m)	3,95	4,96	9,79
M_z (ϕ)	2,73	2,25	2,26
M_z (mm)	0,14	0,2	0,2
σM_z (mm)	0,12	0,14	0,2
W_s (cm/s)	1,93	2,65	2,51
H_b (m)	0,23	0,56	0,77
σH_b (m)	0,04	0,4	0,45
T (s)	9,22	9,22	9,22
σT (s)	1,86	1,86	1,86
W	1,44	2,63	3,71

Os valores de parâmetros como altura de quebra de onda (Hb), variação da linha de costa σY_b (m), coeficiente de variação da linha de costa (CV), volume médio (Vv), variação de volume σV_v (m³/m) e o adimensional ômega (W) corroboram com o aumento setorial de energia na praia e, conseqüente, estágio morfodinâmico predominante associado por setor.

No perfil 1, setor nordeste, a praia apresentou largura média (Yb) de 54,49 m, com coeficiente de variação da linha de costa (CV) em torno de 13,4 %. A declividade média da face praial foi de 2°. A variação média de volume (Vv) foi de 3,95 m³/m e o desvio padrão (σV_v) de 4,93 m³/m. A altura significativa de quebra de onda (Hb) foi 0,23 m, com desvio padrão pequeno, em torno de 0,04 m. Há pouca energia hidrodinâmica se comparada aos outros setores da praia, possibilitando inclusive a presença de embarcações de pequeno porte. Neste setor (perfil 1) há uma única barra submersa ativa soldada à porção subaérea de praia e conseqüentemente uma linha de arrebatção. A quebra de onda ocorre na forma mergulhante próximo à face da praia. Baseado nos parâmetros utilizados, observações de campo e classificação utilizada, pôde-se constatar que o estágio morfodinâmico predominante foi Intermediário Terraço de Baixa-Mar (TBM) com $W=1,44$ (Fig. 3).

No perfil 2, situado no setor central, a praia teve largura média (Yb) de 40,3 m, com coeficiente de variação da linha de costa (CV) em torno de 15 %. A declividade média foi de 4° na face praial. A variação média de volume (Vv) foi de 4,06 m³/m e o desvio padrão (σV_v) de 4,96 m³/m. Predominam areias finas neste trecho, em torno de 2,25 phi. A altura significativa de quebra de onda (Hb) obtida foi de 0,56 m com variação em torno de 0,40 m. Neste setor, a morfologia da praia é caracterizada por megacúspides e embaixamentos que ocorrem geralmente adjacentes as correntes de retorno. A praia é influenciada por ondulações de sul/sudeste de maior energia comparada ao setor nordeste abrigado, sendo abrigada das ondas provenientes de leste/nordeste. Apresenta uma linha de arrebatção mais afastada da costa que no perfil 1. Quanto à aplicação do parâmetro adimensional ômega (W), no perfil 2 obteve-se um valor médio de 2,63. Isto associa a praia ao estado morfodinâmico Intermediário Bancos Transversais (BT) (Fig. 3).

O desenvolvimento de Bancos Transversais na área de estudo pode ser indício da fraca deriva litorânea na área se comparado a praias

mais expostas como Moçambique (Leal, 1999) ou Joaquina (Torronteguy, 2002), onde banco e cava longitudinais são mais presentes. Incidem basicamente ondulações de sul/sudeste, cuja característica das ondas é sua forma bastante alinhada e mergulhante. Predominam correntes de retorno, pois o banco submerso está soldado à praia e o retorno do varrido ocorre principalmente via correntes de retorno. Segundo Wright & Short (1984), o estágio Intermediário Bancos Transversais (BT) representa a máxima segregação do fluxo lateral. As correntes de retorno exercem um importante papel sobre a deriva litorânea de sedimentos, pois os canais por onde fluem atuam como uma espécie de obstáculo hidráulico, diminuindo o transporte longitudinal de sedimentos. Esta segregação do fluxo observada corrobora com o trabalho de Klein *et al.* (2003), que utilizaram o modelo parabólico desenvolvido por Silvester & Hsu (1993) para classificar a Praia do Pântano do Sul como em atual equilíbrio estático, ou pelo menos aproximá-la a este. Alguns autores, como Thornton & Guza (1983), afirmam que tais feições são geradas por *edge waves* (ondas de borda). A presença de um obstáculo (promontório), situado a norte da praia, pode favorecer a ocorrência de ondas de borda na área embora não se tenha feito nenhum tipo de medição para obter tal afirmação.

No perfil 3, setor sudoeste, a praia apresentou largura média (Yb) de 57,03 m, com coeficiente de variação da linha de costa (CV) em torno de 19,9 %. A declividade média ficou em torno de 4° na face praial. A variação média de volume (Vv) foi de 9,79 m³/m e o desvio padrão (σV_v) de 12,97 m³/m, mais significativa que nos outros dois perfis. A altura significativa de quebra de onda média observada (Hb) também foi maior, com altura média de 0,77 m e desvio padrão de 0,45 m. Neste setor há presença de correntes de retorno e correntes longitudinais próximos a este perfil. Este setor sudoeste da Praia do Pântano do Sul é mais exposto a energia das ondulações de sul/sudeste e vagas de leste/nordeste, tendo maior variabilidade sedimentar, podendo apresentar duas barras arenosas submersas. O parâmetro adimensional ômega (W) do perfil 3 demonstrou valor médio de 3,71. No setor sudoeste (P3) incidem tanto ondas provenientes de sul/sudeste quanto de leste. A incidência oblíqua de ondas neste trecho exposto gera a formação de correntes longitudinais. A morfologia varia de Bancos Transversais a Banco e Calha Longitudinal em alguns períodos, predominando

estágio intermediário Banco e Praia de Cúspides (BPC) (Fig. 3).

A morfologia observada durante as saídas de campo nos três setores da praia atesta a variabilidade morfodinâmica que ocorre na Enseada do Pântano do Sul. Na figura 3A (Perfil 1) observa-se pequenas calhas transversais à praia, expostas durante um período de maré baixa, com espaçamento de cerca de 10 m no momento da foto, chamadas *mini-rips*. A presença de um terraço exposto na maré baixa e das *mini-rips* possibilitaram a caracterização de um estágio

modal intermediário Terraço de Baixa Mar. Na figura 3B (Perfil 2) observa-se que estas feições ganham maior amplitude, gerando a formação de correntes de retorno e Bancos Transversais. Na figura 3C (Perfil 3) observa-se, além destas feições transversais, uma pequena cava longitudinal, ou paralela à linha de costa, ligando as correntes de retorno, caracterizado-a como Banco e Praia de Cúspide ou uma praia rítmica. Este padrão de morfologia para praias de enseada pode ser encontrado em outros trabalhos (Short, 1999b) (Fig. 4A).

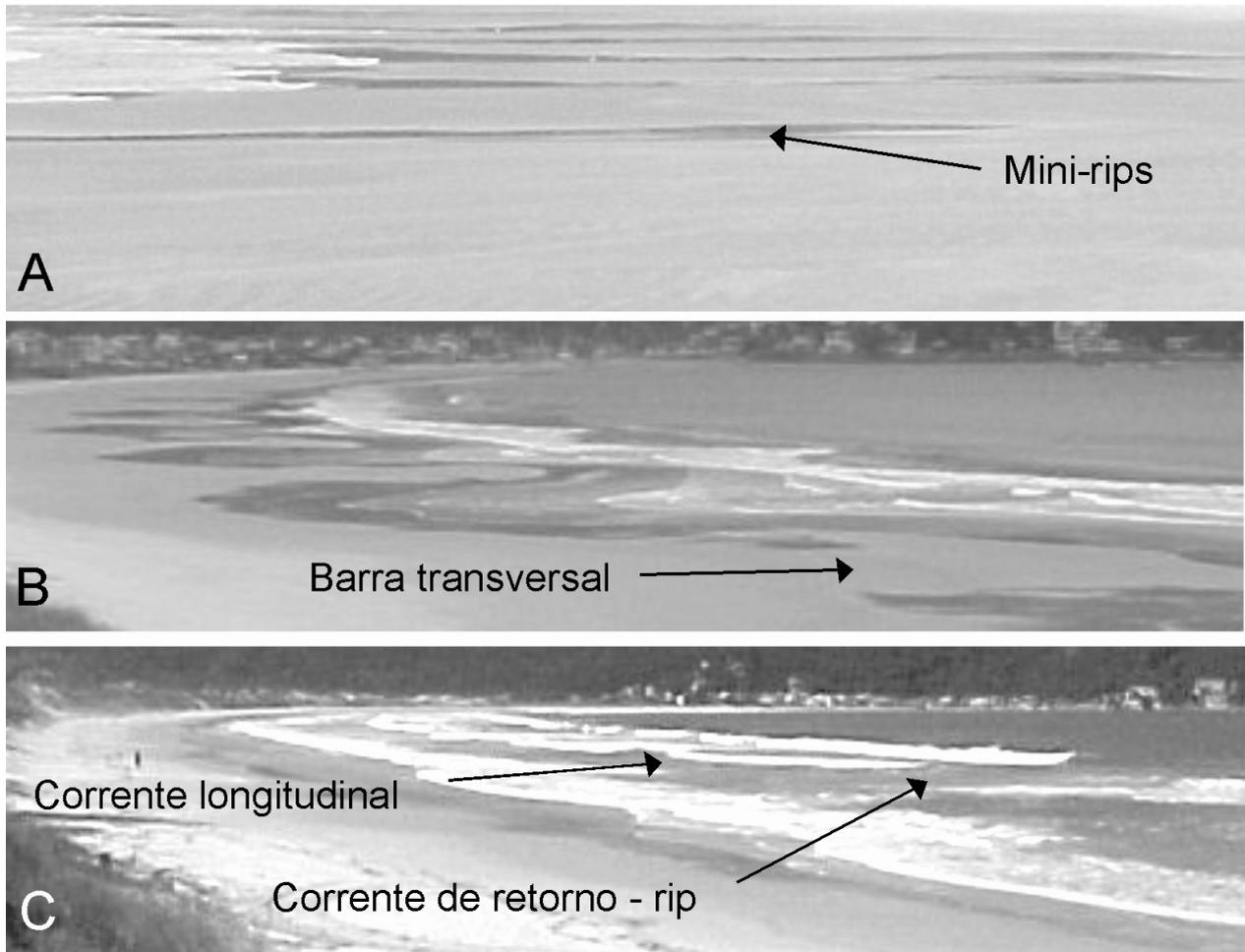


Figura 3. Fotografias dos setores nordeste (A), central (B) e sudoeste (C) da Praia do Pântano do Sul, demonstrando diferenças quanto à ação hidrodinâmica, morfologia para cada perfil, ou setor, monitorado e estágio morfodinâmico predominante P1 - Terraço de Baixa-Mar, P2 - Bancos Transversais e P3 - Banco e Praia de Cúspides.

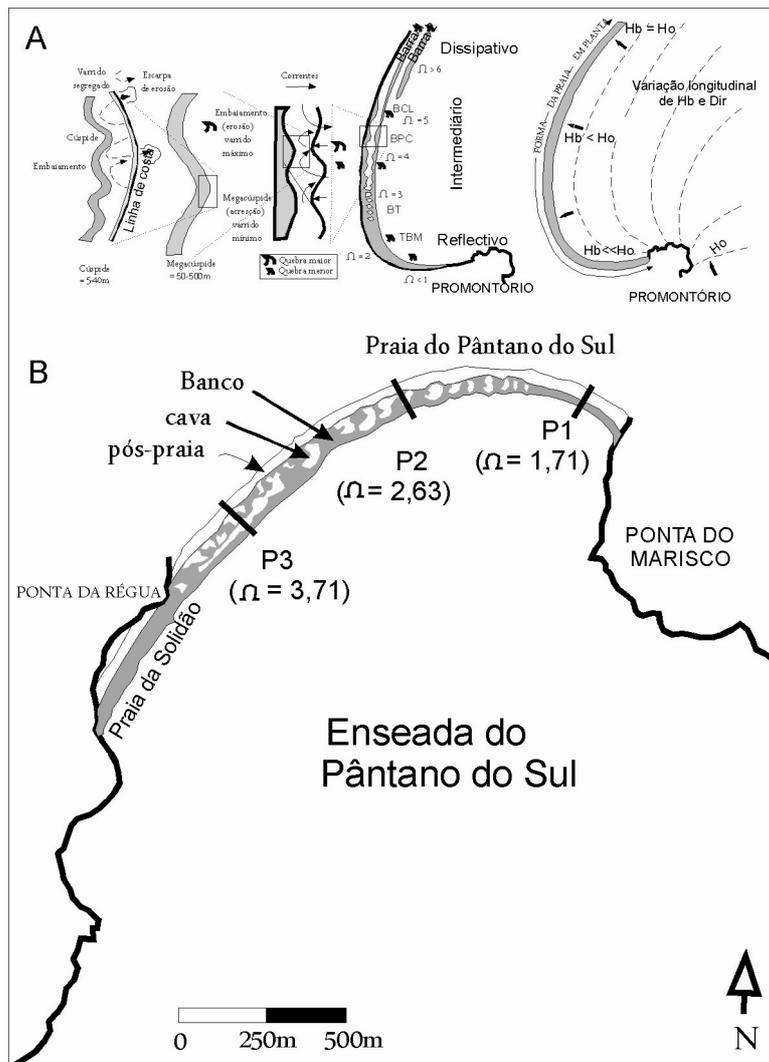


Figura 4. (A) Variação da morfologia longitudinal de uma praia de enseada (adaptado de Short, 1999); (B) morfologia longitudinal instantânea do banco ao longo da Praia do Pântano do Sul com valores de ômega referente aos perfis de praia.

Segundo Short (1999a) variações morfológicas ao longo de praias de enseada ocorrem após a refração e atenuação das ondas na antepraia, neste caso devido à presença de promontórios rochosos, produzindo variações longitudinais na altura e direção das ondas, gerando variação na forma de praia em planta e tipo de praia.

Observações das isóbatas da carta batimétrica Canal Sul de Florianópolis (DHN, 1977) indicam que a morfologia da antepraia da Enseada do Pântano do Sul também varia ao longo do arco praiial. Adjacente ao setor nordeste (zona de sombra) a antepraia é mais rasa que no restante da praia, provavelmente devido à presença de um banco submerso adjacente ao promontório rochoso (zona de difração). Sobre este banco não há quebra de onda, somente

atenuação destas. A quebra de onda ocorre somente próxima à face da praia, caracterizando a área como de baixa hidrodinâmica nas condições atuais. A presença de pequenas correntes de retorno (*mini-rips*) de erosão é um indicio de que, quando há alta energia de onda na área, predomina o transporte transversal à linha de costa.

A classificação morfodinâmica da Praia do Pântano do Sul indica estágios intermediários: Terraço de Baixa-Mar (TBM) no setor nordeste (P1), Bancos Transversais (BT) no setor central (P2) e Banco e Praia de Cúspides (RPC) no setor sudoeste (P3) (Figs. 3, 4B). No perfil 1 o estágio permaneceu praticamente inalterado, assim como a morfologia da praia (Fig. 5). No perfil 2 a variação tanto do estágio morfodinâmico quanto da morfologia do perfil (Fig. 5) foram um pouco

maior. Este setor da praia (perfil 2) oscilou entre Terraço de Baixa-Mar a Banco e Praia de Cúspide, predominando o estágio Barras Transversais. No perfil 3, mais exposto, como era de se esperar a variação foi maior, abrangendo praticamente todos os estágios intermediários. A morfologia do perfil 3 foi a que mais variou entre os perfis, principalmente a partir dos 20 m de distância a partir do marco topográfico (Fig. 5). Entretanto pode ser identificado um estágio morfodinâmico predominante: o Banco e Praia de Cúspide, o que caracteriza um sistema praiar cuja ação hidrodinâmica; seu estágio morfodinâmico e variabilidade aumentam progressivamente de nordeste para sudoeste (Figs. 4 e 5).

Até o momento foram comparados parâmetros morfométricos e hidrodinâmicos, encontrados na praia, e análise de imagens da área. Foi constatada boa relação entre estes parâmetros e destes com imagens obtidas (fotografias aéreas e convencionais). Por fim deixou-se a discussão sobre a utilização do parâmetro diâmetro médio do grão (Mz) como base de análise para classificação de praias de enseada dominadas primariamente por onda e/ou sujeitas a micro-maré.

Um dos parâmetros mais utilizados na classificação de praias arenosas é o tamanho médio do grão. Bascom (1951) pioneiramente concluiu que o tamanho do grão e a variabilidade

da praia aumentam conforme aumenta a energia de onda. Grãos mais finos tendem a gerar um perfil com pendente mais suave, enquanto grãos progressivamente mais grossos geram perfis gradualmente mais íngremes (Komar, 1976). Para Bascom (1951), em uma determinada praia de enseada composta de uma população sedimentar, o tamanho do grão é menor na área abrigada e maior na área exposta. Já para Wright & Short (1984), praias Dissipativas, de alta energia de onda tendem a conter areias finas enquanto que praias Reflectivas de baixa energia de onda areias grossas, depositadas em sua maior parte no pós-praia.

Ao longo da Praia do Pântano do Sul predominaram areias bem a muito bem selecionadas (Martins *et al.*, 1970; Miot da Silva, 2002; Oliveira, 2004; Oliveira *et al.*, 2005). Segundo Miot da Silva (2002) e Oliveira (2004) as características sedimentológicas das areias do Pântano do Sul são um indício de areias com elevada maturidade, provavelmente já misturada, e sua distribuição está associada a processos atuais de transporte e deposição de origem hidrodinâmica. Para Vilas Boas & Bittencourt (1992), características sedimentares podem ser fortemente influenciadas por variações de energia dentro de setores mais restritos, como praias de enseada, onde as características texturais da rocha fonte são relativamente homogêneas.

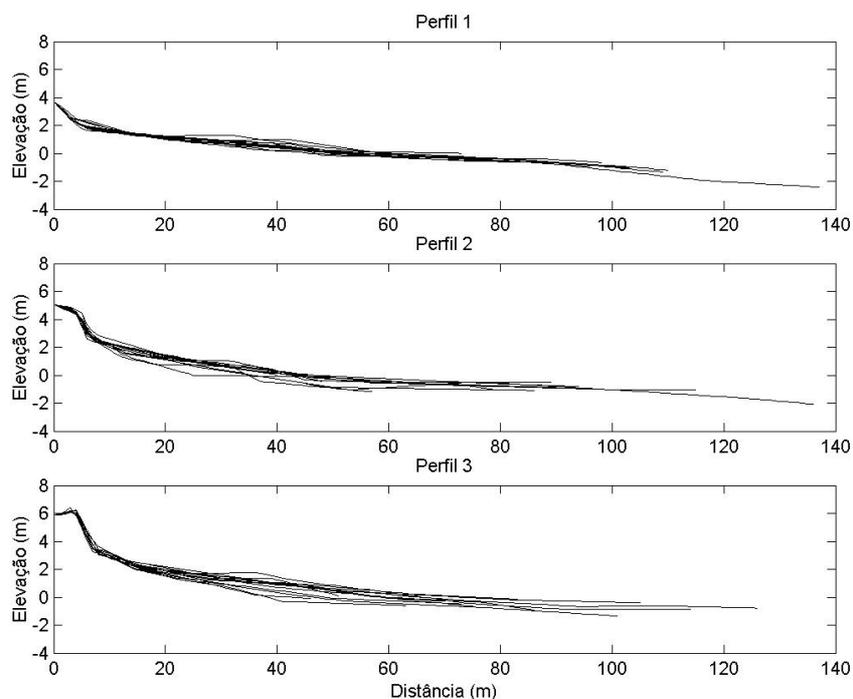


Figura 5. Morfologia dos três perfis de praia monitorados.

A figura 6 mostra a distribuição do parâmetro diâmetro médio do grão ao longo da Praia do Pântano do Sul (com espaçamento de 200m no pós-praia) e nos três perfis monitorados (base da duna frontal, pós-praia e face da praia).

Nas amostras 1 e 2 coletadas ao longo da praia e na média do perfil 1 para a face praial, pós-praia e base da duna frontal, os sedimentos apresentaram valores acima de $2,6 \phi$. Neste setor da praia há pouca energia hidrodinâmica (Terraço de Baixa-Mar) e os sedimentos apresentaram-se mais finos que no restante da praia (Fig. 6). O restante das amostras coletadas ao longo da praia, além das coletadas nos perfis 2 e 3, apresentou diâmetro médio do grão praticamente homogêneo, variando entre $2,2 \phi$ e $2,5 \phi$ (Fig. 6). Neste trecho da praia a energia hidrodinâmica é maior, atestada pela altura de onda e estágios morfodinâmicos encontrados. Para o perfil 1, o diâmetro médio não teve uma boa concordância com a aplicação da classificação de Wright & Short (1984). Isto pode ser evidenciado pelo valor de ω médio para este perfil (1,71), que o classifica como Terraço de Baixa Mar. Apesar do diâmetro médio do grão ser mais fino, a baixa energia de onda predominante faz com que o perfil apresente características morfodinâmicas próximas ao estágio Reflectivo. Short (1999b) reconheceu que praias Reflectivas podem ocorrer em praias de areia fina devido à baixa energia de onda.

Klein & Menezes (2001) classificaram todas as praias de areia fina e baixa declividade do setor centro-norte do Estado de Santa Catarina como Dissipativas. Estes autores, baseados na granulometria, declividade e grau de exposição das praias, sugeriram a distinção de três tipos de praia Dissipativa quanto ao grau de exposição: (i) Praias Dissipativas Expostas, bem desenvolvidas, com zona de surfe larga composta por duas ou mais barras e elevado estoque de sedimentos na porção subaquosa da praia, semelhantes às apresentadas por Wright & Short (1984); (ii) Praias Dissipativas semiprotégidas,

onde há ausência de bancos na zona de surf e perfil côncavo à linear, podendo desenvolver uma barra na posição de maré baixa durante a baixa energia; (iii) Praias Dissipativas Protegidas, cujas características são perfis côncavos e praia estreita, podendo ocorrer lama na antepraia.

De uma forma alternativa ao método empregado no presente trabalho, o perfil 1 (setor nordeste da praia) pode ser caracterizado como uma praia Dissipativa semiprotégida se considerado a presença de areias finas, a baixa declividade apresentada e a baixa energia de onda, conforme aponta a classificação de Klein & Menezes (2001). Porém, na utilização de parâmetros sugeridos por Short & Hesp (1982) e Wright & Short (1984), Short (1999b) como: largura da zona de surfe, número de barras, tipo de quebra de onda, morfologia do sistema praia-duna, exposição da praia, há uma maior similaridade com uma praia com estágio Intermediário Terraço Baixa-Mar (TBM) de Wright & Short (1984) para o perfil 1. Neste trecho predomina a baixa energia de onda e a quebra de onda é mergulhante, ocorrendo próximo à face praial. A morfologia da praia é marcada por um terraço na zona de surfe exposto durante a maré baixa. Durante períodos erosivos há presença de *mini-rips* (Fig. 3), um significativo indício do transporte transversal à costa (típico de praia Reflectiva) predominando. O setor nordeste da praia do Pântano do Sul é o tipo de praia Intermediária com menor nível de energia hidrodinâmico, apresentando-se durante muitos dias como uma praia de baixa energia e por poucos dias como uma praia de baixa-moderada energia de onda.

Quanto à variação no diâmetro médio ao longo de cada perfil pode-se observar na figura 6 que no perfil 1 houve maior variação entre as amostras coletadas na base da duna frontal, onde o diâmetro médio foi menor, e na face praial. Nos outros dois perfis a variação entre os setores do perfil foi menor. Em todos os perfis o diâmetro médio foi maior na face da praia. Tais diferenças serão objeto de próximas investigações.

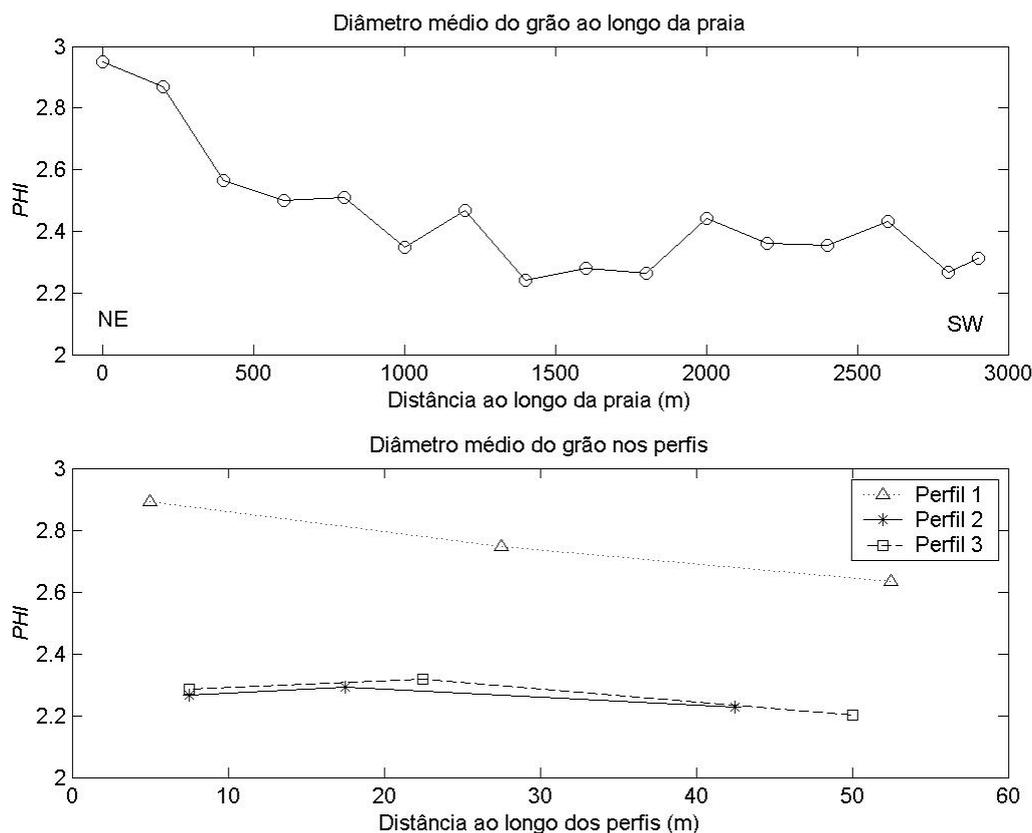


Figura 6. Diâmetro médio do grão ao longo da praia do Pântano do Sul, em escala PHI, referente as 16 amostras superficiais de sedimento coletadas no pós-praia com intervalo de 200 m, a partir do limite nordeste (NE), e diâmetro médio do grão nos três perfis monitorados, referentes aos setores base da duna frontal, pós-praia e face da praia.

5. Conclusões

A Praia do Pântano do Sul é uma praia de estado morfodinâmico Intermediário segundo a classificação proposta por Wright & Short (1984), com aumento da energia hidrodinâmica a partir do setor nordeste (abrigado) para o setor sudoeste (mais exposto). O setor nordeste (perfil 1) apresenta como característica predominante um Terraço de Baixa Mar, o setor central (perfil 2) Bancos Transversais e o setor sudoeste (perfil 3) Banco e Praia de Cúspides. Esta variabilidade está associada à própria orientação da linha de costa (NE-SW) extremidade sul de um tómbolo, caracterizando a importância dos promontórios na morfodinâmica de praias de enseada. Cada setor também apresentou variabilidade de estágios morfodinâmicos associada ao regime de ondas incidente.

A classificação utilizada produziu resultados satisfatórios no sentido de que, como há um aumento de energia de onda ao longo da praia, há de se esperar que os estágios morfodinâmicos (no

caso estágios predominantes) também oscilem ao longo da praia, principalmente em praias que estejam em maior equilíbrio com a ação hidrodinâmica atuante, chamadas de praias em equilíbrio estático. A aplicação do parâmetro ômega foi satisfatória no sentido de quantificar esta variabilidade ao longo do arco praial. Esta variação foi corroborada por outros parâmetros quantitativos e qualitativos.

Na porção nordeste da Praia do Pântano do Sul (perfil 1), mesmo com areia fina a muito fina e a praia apresentando baixa declividade, pode-se considerar como uma praia Intermediária Terraço de Baixa Mar, próxima ao estágio morfodinâmico Reflectivo. Considera-se mais apropriado tratar o setor nordeste do Pântano do Sul, uma praia de areias fina, de baixa declividade e plana, como uma praia com Terraço de Baixa-Mar (TBM), cujas principais características são a baixa energia de onda predominante e o banco (terraço) soldado a praia, que é exposto na maré baixa. A ausência de grãos mais grossos na área, no entanto, não permite a formação, na porção

subaérea desta praia, de uma área com maior declividade conforme consta na classificação de Wright & Short (1984).

Em praias de enseada sujeitas à ação de regime de micromaré, semiexpostas a energia das ondas, a associação direta do parâmetro diâmetro médio do grão para classificar a praia quanto ao seu estágio morfodinâmico predominante, ou estágio modal da praia, deve ser analisada com cautela para as chamadas “zonas de sombra”. Nestas praias o diâmetro médio do grão, e consequentemente a declividade da face da praia, podem aumentar conforme aumenta a energia hidrodinâmica do ambiente praiial. Nas zonas de sombra, praias de areia fina comumente apresentam estágios próximos do Refletivo devido basicamente ao predomínio da baixa energia de onda.

Agradecimentos - Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de estudo concedida, ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UFSC pelo apoio recebido, a Renato Lelis, Frederico Rudorff, Daniel Simó, Felipe Caron, Daniel Ribeiro e Jasiel Neves por terem auxiliado nas saídas de campo e nas atividades de laboratório, Alexandre Félix e a Daniela pela digitalização da figura 1 e a Lauro Calliari e Jarbas Bonetti Filho pelas críticas e sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Abreu de Castilhos, J. 1995. *Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da Praia da Armação, Ilha de Santa Catarina*. Florianópolis. 134p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Araújo, C.E.S., Franco, D., Melo Filho, E. & Pimenta, F. 2003. Wave regime characteristics of southern Brazilian coast. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, COPEDEC, 6., 2003, *Proceedings...* Colombo, Sri Lanka, Paper N°97, 1 CD-ROM
- Bascom, W.N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Transaction of the American Geophysical Union*, (SI), 32: 866-874.
- Birkmeier, W.A. 1981. Fast accurate two-person beach survey. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. Vickburg, Mississippi, *Coastal Engineering Research Center*, Vickburg, 22p.
- Birkmeier, W.A. 1985. A users guide to isrp: The Interactive Survey Reduction Program. Department of the Army. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC, 1985. *CERC Instruction report*. Washington, CERC-84-1.
- Bremner, J.M. 1983. Properties of logarithmic spiral beaches with particular reference to Algoa bay. In: MACLACHEN, A. & ERASMUS, T. (Eds.) *Sandy beaches as ecosystems*. The Hoque/Boston/Lancaster, Dr. W. Junk Publishers, p. 97-113.
- Calliari, L.J., Muehe, D., Hoefel, F.G. & Toldo Jr., E.E. 2003. Morfodinâmica praiial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 50: 63-78.
- Caruso Jr., F. 1993. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina - Escala 1:100. 000. Texto explicativo e mapa. *Notas Técnicas*, 6: 1-28.
- Davies, J.L. 1958. Wave refraction and the evolution of shorelines curves. *Geographical Studies*, 5: 1-14.
- Dean, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, 1973, *Proceedings...* Sydney, p. 208-214.
- DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 1977. *Carta costeira 1904: Canal Sul de Santa Catarina*. Escala 1:50. 000.
- Faraco, K. 2003. *Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da Praia dos Ingleses, Ilha de Santa Catarina - SC, durante o período de 1996 - 2001*. Florianópolis. 120p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-7.
- Guttler, F.N. 2006. *Estudo morfodinâmico e granulométrico da Praia do Rio das Pacas - Florianópolis (SC)*. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, Universidade do Estado de Santa Catarina. 101p.
- IPIUF. Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. 1994. *Fotografia aérea*. Escala 1:25. 000.
- Klein, A.H.F., Temme, B., Menezes, J.T., Diehl, F.L., Carvalho, J.L.B. & Jabor, P.M. 1997. Comportamento morfológico de uma praia semiprotégida: Praia central de Balneário Camboriú, Santa Catarina. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 6., 1997, Curitiba, *Anais...* Curitiba, v.1, p. 82-84.
- Klein, A. H. F. & Menezes, J. T. 2001. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *Journal of Coastal Research*, 17(4) : 812-835.
- Klein, A.H.F., Benedet Filho, L. & Hsu, J.R.C. 2003. Stability of headland bay beaches in Santa Catarina: A case study. *Journal of Coastal Research*, (35): 141-166.
- Komar, P.D. 1976. *Beach processes and sedimentation*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 429p.
- Leal, P.C. 1999. *Sistema praiial Moçambique - Barra da Lagoa, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: Aspectos morfológicos, morfodinâmicos, sedimentológicos e ambientais*. Florianópolis. 125p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Martins, L.R.S., Gamermann, N., Scheibe, L.F. & Teixeira, V.H. 1970. Sedimentologia da Ilha de Santa Catarina. I - Areias praiiais. *Publicação Especial da Escola de Geologia*, Porto Alegre, 18: 1-55.

- Melo Filho, E. 1991. *Projeto Sentinelas do Mar: instruções para efetuar as observações*. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 11p.
- Miot da Silva, G. 2002. *Efeito do estado de equilíbrio em planta na sedimentologia de praias desenvolvidas entre promontórios*. Porto Alegre. 119p. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Oliveira U.R. 2004. *Comportamento morfodinâmico e granulometria do arco praiial Pântano do Sul - Açores, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. Florianópolis. 102p. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Oliveira, U.R., Horn Filho, N.O. & Peixoto, J.R.V. 2005. Características granulométricas do arco praiial Pântano do Sul - Açores, Ilha de Santa Catarina, Brasil". In: CONGRESSO DA ABEQUA, 10.. 2005, Guarapari. *Anais...* Guarapari, 1 CD-ROM.
- O'Rourke, G.J. & LeBlond, P.H., 1972. Longshore currents in semicircular bay. *Journal of Geophysical Research*, 77: 444-452.
- Peixoto J.R.V. 2005. *Análise morfossedimentar da Praia do Santinho e sua relação com a estrutura e dinâmica da vegetação "pioneira" da duna frontal, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. Florianópolis. 77p. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Pugh, D.T. 1987. *Tides, surges and mean sea level*. John Wiley & Sons Ltda. Chichester, U.K. 472p.
- Short, A.D. 1999a. Beaches. In: Short, A.D. (Ed.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester. p. 1-20.
- Short, A.D. 1999b. Wave-Dominated beaches. In: Short, A.D. (Ed.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester. p. 173-203.
- Short, A.D. & Hesp, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48: 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. p. 230-249.
- Silvester, R. & Hsu, J.R.C. 1993. *Coastal stabilization: innovative concepts*. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 578p.
- Thornton, E.B. & Guza, R.T. 1983. Transformation of wave height distribution. *Journal of Geophysical Research*, 88(10): 5925-5938.
- Toldo Jr., E.E. & Medeiros R.K. 1986. Programa interpolar em linguagem basic para análise estatística e propriedades texturais de amostras sedimentares em computador. *Pesquisas*, 18: 91-100.
- Tomazzoli, E.R.; Oliveira, U.R. & Horn Filho, N.O. 2007. Proveniência dos minerais de Fe-Ti nas areias da Praia do Pântano do Sul, ilha de Santa Catarina (SC), sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25 (Supl. 1): 49-64.
- Torronteguy, M. de C. 2002. *Sistema praiial Joaquina - Morro das Pedras e praias adjacentes da costa leste da Ilha de Santa Catarina: Aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes*. Florianópolis. 158p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Villas Boas G.S. & Bittencourt A.C.S.P. 1992. Variação da energia e sua repercussão nas características composicionais e texturais em sedimentos praias atuais: exemplo da costa leste da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 311-320.
- Wentworth, C. R. 1922. A scale of grade and class terms of clastic sediments. *Journal of Geology*, 3: 377-392.
- Wright, L.D. & Short, A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones in Australia. In: Komar, P. D (Ed.). *Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press, Boca Raton, Flórida, p. 35-64.
- Wright, L.D., Short, A.D. & Green, M.O. 1985. Short term changes in the morphodynamic states of beach and surf zones. *Marine Geology*, 62: 339-364.