

## ESTABILIDADE DA LINHA DE PRAIA EM FUNÇÃO DA DERIVA LITORÂNEA NO LITORAL DE MOSTARDAS E DUNAS ALTAS, RS.

Elírio E. Toldo Jr<sup>1</sup>; Luiz E. S. B. Almeida<sup>2</sup>; João L. Nicolodi<sup>3</sup>; Sávio F. Lima<sup>4</sup>; Luciana S. Esteves<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, CECO-IG-UFRGS. CP.15001, 91509.900 Porto Alegre, RS. Brasil. [toldo@vortex.ufrgs.br](mailto:toldo@vortex.ufrgs.br)

<sup>2</sup>Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH-UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500, 91509.900 Porto Alegre, RS. Brasil. [luiz.almeida@ufrgs.br](mailto:luiz.almeida@ufrgs.br)

<sup>3</sup>Curso de Pós-Graduação em Geociências, CPGGEO-UFRGS. CP. 15001, 91509.900. Porto Alegre, RS. Brasil. [jl.nicolodi@zipmail.com.br](mailto:jl.nicolodi@zipmail.com.br), [lsestev@terra.com.br](mailto:lsestev@terra.com.br)

<sup>4</sup>Engenharia Oceânica, Área de Engenharia Costeira do Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, [lima@peno.coppe.ufrj.br](mailto:lima@peno.coppe.ufrj.br)

### RESUMO

Zonas de erosão e acreção e estimativas do potencial regional de deriva litorânea foram analisados ao longo de 265 km de praia do estado do Rio Grande do Sul (Brasil). As zonas de erosão foram definidas por comparação de linhas de praia mapeadas com DGPS e coleção de cartas do exército. O transporte de sedimentos estimado com base na fórmula do CERC, prediz uma substancial variação no fluxo de energia dentro da zona de surfe devido a pequenas mudanças na orientação da linha de praia. Áreas de progradação ou acreção foram observadas ao longo das praias de Mostardas e Dunas Altas, locais onde ocorre uma redução no fluxo de energia devido a mudanças no alinhamento da praia. Isto indica que parte do sedimento transportado de montante será depositado através do engarrafamento da deriva litorânea.

### ABSTRACT

Erosion and accretion zones and estimation of the regional longshore transport potential were analyzed along of 265-km long shore of the Rio Grande do Sul state (Brazil). The erosion zones were defined comparing shorelines mapped using DGPS and the army topographic chart collection. The sediment transport estimation, based on the CERC formula, predicts a substantial variation of the energy flux into the surf zone due to little changes in the shoreline orientation. Progradation or accretion areas were observed along of Mostardas and Dunas Altas beach where there is a reduction in the flux due to changes in the shoreline alignment. It means that part of the sediment arriving the upstream stretch must be deposited by a jam in the longshore transport.

Palavras-Chave: Praia de Mostardas, Praia de Dunas altas, progradação costeira, deriva litorânea

### 1. ÁREA DE ESTUDO

O estado do Rio Grande do Sul tem uma extensa costa com orientação uniforme NE-SW e uma pequena sinuosidade ao longo dos 630 km (Fig. 1), que consiste de depósitos Quaternários inconsolidados e que não recebem contribuições de areias modernas, pois toda carga de tração transportada pelos rios é retida nas lagunas e outros ambientes costeiros, como por exemplo a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim, que se estendem por uma área de 13.750 km<sup>2</sup>, aproximadamente um terço da Planície Costeira do estado (Tomazelli e Villwock, 1992, Toldo e Dillenburg, 2002). A Plataforma Continental é larga com 150 a 200 km de extensão, com profundidades máximas variando entre 100 e 140 m e suave declividade da ordem de 0,5 a 1,5m/km. A antepraia é extensa e rasa com limite externo entre as profundidades de 10 e 15 m, e constituída por depósitos arenosos.

Os sedimentos praias consistem principalmente de areias finas bem selecionadas (tamanho médio de 0.2 mm), (Nicolodi *et al.* 2002, Gruber 2002), exceto ao longo de 60 km no Litoral Sul onde ocorrem sedimentos bimodais devido à presença de cascalho biodetrítico (Calliari e Klein 1993). Incidem sobre a costa ondulações geradas no Oceano Atlântico Sul e vagas geradas pelos fortes ventos locais de verão e primavera, provenientes de NE. Exceto pela passagem de frentes frias de S e SE, a agitação marítima é caracterizada por ondas de média a elevada energi-

a, com altura significativa média de 1,5 m e período entre 7 e 9 s. A maré astronômica é semidiurna, com amplitude média de 0,25 m, sendo que a maré meteorológica pode alcançar 1,20 m. A profundidade de fechamento é estimada em 7,5 m, calculada com base em dois conjuntos de dados coletados nos anos de 1963 e 1996 no Litoral Norte do estado (Almeida *et al.* 1999). Conseqüentemente, o transporte e a deposição dos sedimentos ao longo da costa são primariamente dominados pela ação da onda.

### 2. CORRENTE LITORÂNEA E ESTIMATIVA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Dados de direção da corrente litorânea são obtidos junto a Plataforma de Pesca de Tramandaí, município de Tramandaí, diariamente às 08:00, 12:00 e 16:00 horas, desde Janeiro de 1996. Os resultados indicam a existência de correntes litorâneas distribuídas de modo muito regular no Litoral Norte do estado, tanto para SW, como para NE, num padrão claramente bidirecional. Segundo Nicolodi *et al.* (2000), entre 1996 e 1997 ocorreu um pequeno domínio da corrente para SW com valores médios de 62,8 e 54,8 %, respectivamente, enquanto que entre 1998 e 1999 observou-se uma inversão, com a corrente para NE apresentando valores da ordem de 54 e 51,2 %.

Também, pode-se afirmar que essa bidirecionalidade tem uma componente sazonal, governada pelas variações dos parâmetros climáticos. Nos meses de Outubro à Mar-

ço é marcante o predomínio de correntes para SW. Entre os meses de maio e agosto o domínio é das correntes para NE (Nicolodi *et al.*, 2000). Entretanto, resultados da estimativa matemática do potencial de transporte litorâneo baseado na equação do CERC ( $H = K F l s$ , - U.S. Army 1984), mostram que as ondas incidentes de NE são responsáveis por menos que 2 % do transporte litorâneo, e que as ondas incidentes de S são responsáveis por mais que 30 % deste transporte (Lima *et al.*, 2001).

### 3. MAPEAMENTO DAS ZONAS DE EROSÃO E ACRESCÃO

O mapeamento das mudanças da linha de praia foi realizado ao longo de toda a costa gaúcha com base em coleções de fotografias aéreas e levantamentos da costa gaúcha com GPS. O trabalho de campo foi desenvolvido com o equipamento GPS instalado em um veículo que se deslocava aproximadamente a 20 m de distância do nível médio do mar a uma velocidade de 50 km/h, enquanto que outro equipamento GPS, no modo estático, foi posicionado em locais previamente estabelecidos na costa e separados 100 km um do outro, de modo a cobrir a área e incrementar a precisão dos dados. A taxa de aquisição para ambos equipamentos foi de 5 s, a qual permitiu a geração de arquivos que pós processados estabeleceram uma linha do litoral com precisão de 3 m (Toldo *et al.*, 1999).

A linha de praia estabelecida em 1997, foi comparada com a linha de praia reproduzida a partir da coleção de

cartas do exército de 1978, escala 1:50.000, as quais são uma restituição de um levantamento aerofotográfico realizado em 1975. A análise temporal entre estes dados foi desenvolvida através de técnica de geoprocessamento usando software IDRISI (Clark University), e o mapa final foi impresso na escala 1:1.300.000.

Os resultados da análise temporal de 22 anos (1975-1997), mostraram que 442 km da linha de praia caracteriza-se pela retração, 173 km pela progradação e 6 km não apresentam variações significativas. Os processos erosivos com taxas médias maiores que 80 m estendem-se através de 257 km, enquanto que as áreas acrescionais apresentam pequenos valores (Toldo *et al.* 1999; Esteves *et al.* 2002).

### 4. ESTABILIDADE DA LINHA DE PRAIA

Medidas de mudanças da linha de praia mostram extensiva retração de todo o Litoral Médio do Rio Grande do Sul, o qual apresenta um comprimento aproximado de 265 km entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e a praia - de Quintão (Fig. 1), a exceção dos segmentos de praia de Mostardas e Dunas Altas (Toldo *et al.*, 1999), com extensões de 29 e 35 km, respectivamente, onde ocorre deposição de sedimentos.

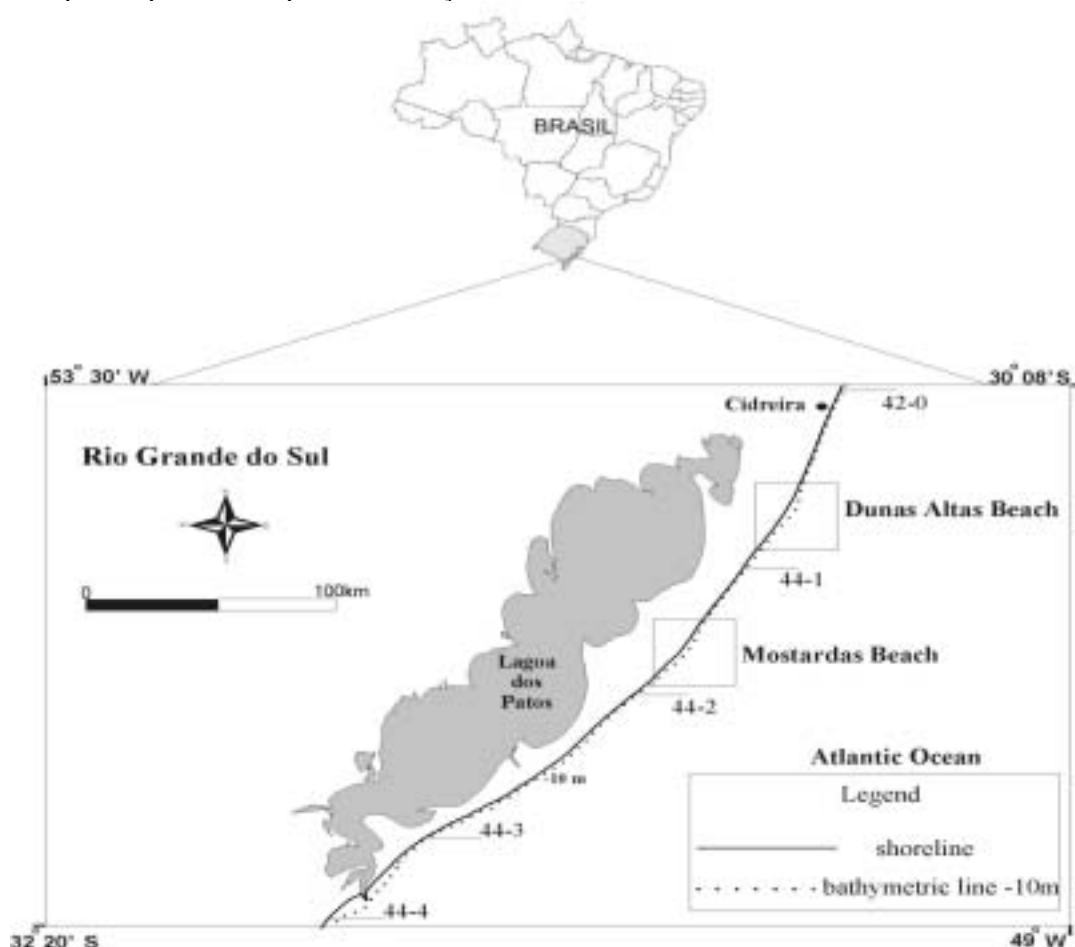


Figura 1. Mapa com a batimetria e localização das áreas de estudo nas praias de Mostardas e Dunas Altas.

Segundo Almeida *et al.* (2001) e Lima *et al.* (2001), existe um incremento do fluxo de energia litorâneo ao longo do Litoral Médio, quando comparado a outros trechos do litoral, sendo que este mecanismo pode estar induzindo o processo erosivo. Mesmo se tratando de área submetida à incidência ndulações com elevada energia de S e SE, observa-se um decréscimo do fluxo de energia de ondas de Sul para Norte. No trecho entre a desembocadura lagunar e a praia de Mostardas (Fig. 1), a taxa de deriva líquida anual para NE é de 2,9 milhões m<sup>3</sup>/ano, e deste trecho até a praia de Dunas Altas ocorre uma redução de volume de 0,6 milhões m<sup>3</sup>/ano. Para estes autores a redução na taxa de transporte ocorre por causa da mudança do alinhamento da linha de praia. Medidas da orientação da linha de praia mostram a existência de um ângulo aproximado de 10° entre estes dois trechos, na praia de Mostardas e outro ângulo de 11° entre a praia de Dunas Altas e o Litoral Norte do estado.

Detle (2001), estudando processos morfológicos ao longo de 40 km da costa báltica, revelou que uma redução no fluxo do transporte de sedimentos, devido a mudanças na orientação da linha de praia implicam em um engarrafamento na deriva litorânea. Assim, parte do sedimento proveniente de montante deverá ser depositado nestes locais onde ocorre mudança de alinhamento ou o sedimento será redirecionado para a antepraia.

Este processo foi observado no Litoral Médio, nas praias de Mostardas e Dunas Altas, locais onde ocorrem reduções da taxa estimada de deriva litorânea e também mudanças espaciais significativas da praia e antepraia. A deposição de sedimentos no perfil praiado e o aumento da largura da antepraia, bem como o mecanismo de transferência dos sedimentos através da formação e evolução de correntes costeiras do tipo "alongshelf jet" são propostos por Toldo *et al.* (2003), e discutidos em Nicolodi *et al.* (2003), que relaciona a ocorrência destas correntes com eventos climáticos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.L.; TOLDO JR., E.E.; GRUBER, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 8 p.
- ALMEIDA, L. E. S. B.; LIMA, S. F.; TOLDO JR., E. E. 2001. Estimativa da Capacidade de Transporte de Sedimentos a Partir dos Dados de Ondas para a Costa do Rio Grande do Sul. In: VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2001, Imbé, RS. Anais do VIII Congresso da ABEQUA. Porto Alegre, RS. 2001. v.1. p.59 – 60
- CALLIARI, L.J. e KLEIN, A.H.F., 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. Pesquisas 20(1), 48-56. UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- DETTE, H.H. 2001. Influence of shoreline alignment on offshore sediment transport. Proceedings of Coastal Dynamics'91, ASCE Press, 938-947.
- ESTEVEZ, L.S.; TOLDO JR., E.E.; DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J. 2002. Long and short-term coastal erosion in southern Brazil. *Journal of Coastal Research, Proceedings of ICS'02*, SI 36: 273-282.
- GRUBER, N.L.S. 2002. A antepraia na região de Tramandaí, RS. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS. 221 p.
- LIMA, S.F.; ALMEIDA, L.E.S.B. e TOLDO JR., E.E. 2001. Estimate of longshore sediments transport from waves data to the Rio Grande do Sul coast. *Pesquisas*, 28 (2): 99-107.
- NICOLODI, J. L.; TOLDO JR., E. E. e GRUBER, N. L. S. 2000. Análise da Direcionalidade das Correntes Litorâneas no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: XIII Semana Nacional de Oceanografia, 2000, Itajaí, SC. Anais do XIII SNO. Itajaí, SC: Universidade do Vale do Itajaí, V I, p:461-463
- NICOLODI, J.L.; SIEGLE, E.; RECHDEN FO., R. e CORRÊA, I.C.S. 2002. Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul. In: Martins, L.R., Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R (eds). Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais Porto Alegre.
- NICOLODI, J. L.; TOLDO JR., E. E. e ALMEIDA, L.E.S.B. 2003. Correntes costeiras induzidas por eventos de tempestades no litoral médio do Rio Grande do Sul. In: IX Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, Recife (a ser publicado).
- TOLDO JR, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.; BARROS, C. e MARTINS, L.R., 1999. Retreat of the Rio Grande do Sul coastal zone, Brazil. In: Martins, L.R. and Santana, C.I. (eds.). *Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin*. Porto Alegre, Brazil: Editora UFRGS: 62-68.
- TOLDO JR, E. E. e DILLENBURG, S. R. 2002. Swash bar migration at the inlet of the Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. *Journal of Coastal Research*. West Palm Beach, FL, USA. ICS. 489-492.
- TOLDO JR., E. E.; ALMEIDA, L. E. S. B.; ESTEVES, L. S. e NICOLODI, J.L. 2003. Shoreface width as a function of longshore transport. Proceedings of the 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Process. New York, NY: American Society of Civil Engineers, v.1, CD, 2003.
- TOMAZELLI, L. J. e 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: 3-12. UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER/CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. 4ed., Vol (1). Waterways Experiment Station, Corps of Engineers. USA. 208p.