

Estudo morfodinâmico sazonal de curto período do segmento costeiro praia Porto das Dunas – Praia do Futuro, Ceará, Brasil

The seasonal morphodynamic of short period of the coastal segment Porto das Dunas beach – Praia do Futuro beach, Ceara, Brazil

M. T. R. Donato Marino^{1*}, G. S. Sá Freire², D. Fernandes¹

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar a morfodinâmica costeira entre as praias Porto das Dunas e Praia do Futuro – Ceará, Brasil. Foram realizados perfis topográficos transversais acompanhados de medições oceanográficas e coletas de sedimentos durante vinte e cinco campanhas sazonais em condições de baixa-mar de sizígia em cinco praias. As mesmas se diferenciaram pelo clima de ondas, pelas suas características sedimentológicas e pelo estado modal. Os estágios morfodinâmicos foram obtidos por meio do Parâmetro de Dean (Ω). Os dados foram coletados entre agosto/2010 e fevereiro/2011. A altura média da onda na arrebentação foi de 1,1 m, do tipo deslizante. Os períodos seguem um padrão sazonal, ondas menores na estação seca e as maiores na época das chuvas. Os três setores apresentaram características de estágio morfodinâmico variando entre dissipativo e intermediário, com face de praia pouco inclinada. Nas praias Porto das Dunas e Praia do Futuro o litoral está desprotegido e recebe diretamente as ondas incidentes da plataforma interna adjacente e as demais praias são protegidas por beachrocks. No setor 2 foi observado o estágio morfodinâmico próximo ao reflexivo na Praia da COFECO. No Setor 3, os perfis de praia mostraram maiores extensões, ao contrário da tendência dos outros setores. O balanço sedimentar confirma um sistema que não está em um estado estacionário, variando entre estágios deposicional e erosional, com tendência erosional para os Setores 1 e 2, e deposicional para o Setor 3, corroborando com os volumes dos sedimentos. A morfodinâmica costeira está associada à sazonalidade meteorológica, perfis de inverno no período seco e de verão no período chuvoso. O processo de urbanização está bastante acelerado e ocorre de forma desorganizada, sem levar em consideração as características e fragilidades dos ecossistemas. Recomenda-se uma fiscalização mais rigorosa e implantação de programas de monitoramento e ordenamento territorial nessa área, importantes ao equilíbrio dinâmico costeiro.

Palavras-chave: Erosão costeira, Urbanização litorânea, Gestão da zona costeira.

Abstract: The aim of this work is to analyze the coastal morphodynamic in the coastal segment between the Porto das Dunas Beach and Praia do Futuro Beach, East coast of Ceará state. Twenty five measurements of beach and surf zone profiles associated to measurements of wave height and period, as well as swash climate were made during low spring tide, in five beaches. The beaches were classified by their modal morphodynamic state, a differentiation due to different wave climate and sediment characteristics. The Morphodynamic States were obtained using Dean's parameter (Ω). Data were collected between August - 2010 and February - 2011. The average wave breaker height was 1.1 m and predominant wave breaker type was sliding. The periods follow a seasonal pattern, with smaller

waves in the dry season and larger ones in rainy season. The three sectors ranges from dissipative to intermediary morphodynamic stage characteristics, beach face with little inclination. In two beaches - Porto das Dunas and Futuro Beach - the coastline is unprotected and receives directly the incident waves on the inner adjacent shelf and in too beaches are of protected by beachrocks. In the sector 2 was observed morphodynamic stage near reflective in the COFECO Beach. In the Sector 3, the beach profiles showed largest extensions during the study period, unlike the trend of others sectors. The sedimentary balance confirms a state between depositional and erosional processes, however with erosional trend for Sectors 1 and 2, and depositional trend for Sector 3. This corroborates with the sediment volumes and with the coastline variation. The coastal morphodynamic is associated with weather seasonality, winter profiles during periods of drought. Moreover, summer profiles are observed in the rainy season. The irregular urbanization on the backshore and dune fields is causing changes in the landscape of the beach ecosystem. Stricter supervision is recommended, and implementation of a monitoring programme and a spatial planning programme in this area are essential for the coastal dynamic balance.

Keywords: Coastal erosion, Coastal urbanization, Coastal zone management.

¹Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Campus da UNIFOR, Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, CEP 60.811-905, Fortaleza, Ceará, Brasil / Universidade Federal do Ceará (UFC), Campos do Pici, Bloco 912, CEP 60455-760.

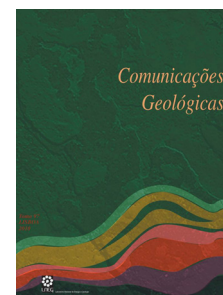
²Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha, Campos do Pici, Bloco 912, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil.

*Autor correspondente/Corresponding author: marino@unifor.br

1. Introdução

O comportamento morfodinâmico de uma praia permite o acompanhamento espaço-temporal de ciclos de erosão/deposição. A avaliação dos perfis é importante para a compreensão da variabilidade sazonal, assim como da resposta destes às diferentes condições oceanográficas às quais a faixa litorânea é exposta.

O regime das ondas é o maior responsável pelas variações temporais da zona de rebentação, enquanto que as variações espaciais são uma consequência da interação das ondas com a topografia e com o tipo de sedimento.



Artigo Curto
Short Article

Wright *et al.* (1979), Short & Hesp (1982) e Wright & Short (1984) caracterizaram a morfologia dos perfis praias como dissipativa e refletiva, com variações intermediárias, correspondendo a estágios morfodinâmicos representados por processos deposicionais e hidrodinâmicos associados.

Esta pesquisa diz respeito às praias oceânicas dominadas por mesomares, representadas por três setores (Fig. 1): 1 - Praia Porto das Dunas (Ponto 1) até a margem direita do rio Pacoti; 2 - Praia da Abreulândia – COFECO (Ponto 2) e a Praia da Sabiaguaba (Ponto 3), situadas entre as desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó; e 3 – Praia do Caça e Pesca (Ponto 4) e Praia do Futuro – Barraca Vira Verão (Ponto 5). Estes setores são definidos como células costeiras, unidades homogêneas de balanço sedimentar,

levando-se em consideração as fontes supridoras de sedimentos.

A pesquisa apresenta as variações morfológicas do ambiente praias em resposta às condições oceanográficas, por meio da realização de levantamentos topográficos transversais (Fig. 2) e longitudinais à face de praia, medições oceanográficas e coleta de sedimentos em baixamar de sizígia, em 3 períodos distintos: agosto/10 (transição), outubro/10 (estiagem), dezembro/10 e fevereiro/11 (chuvoso). Buscou-se conhecer o grau de influência das fontes de suprimentos de sedimentos para a praia e dos *beachrocks* sobre os processos hidrodinâmicos e a quantificação do balanço sedimentar.

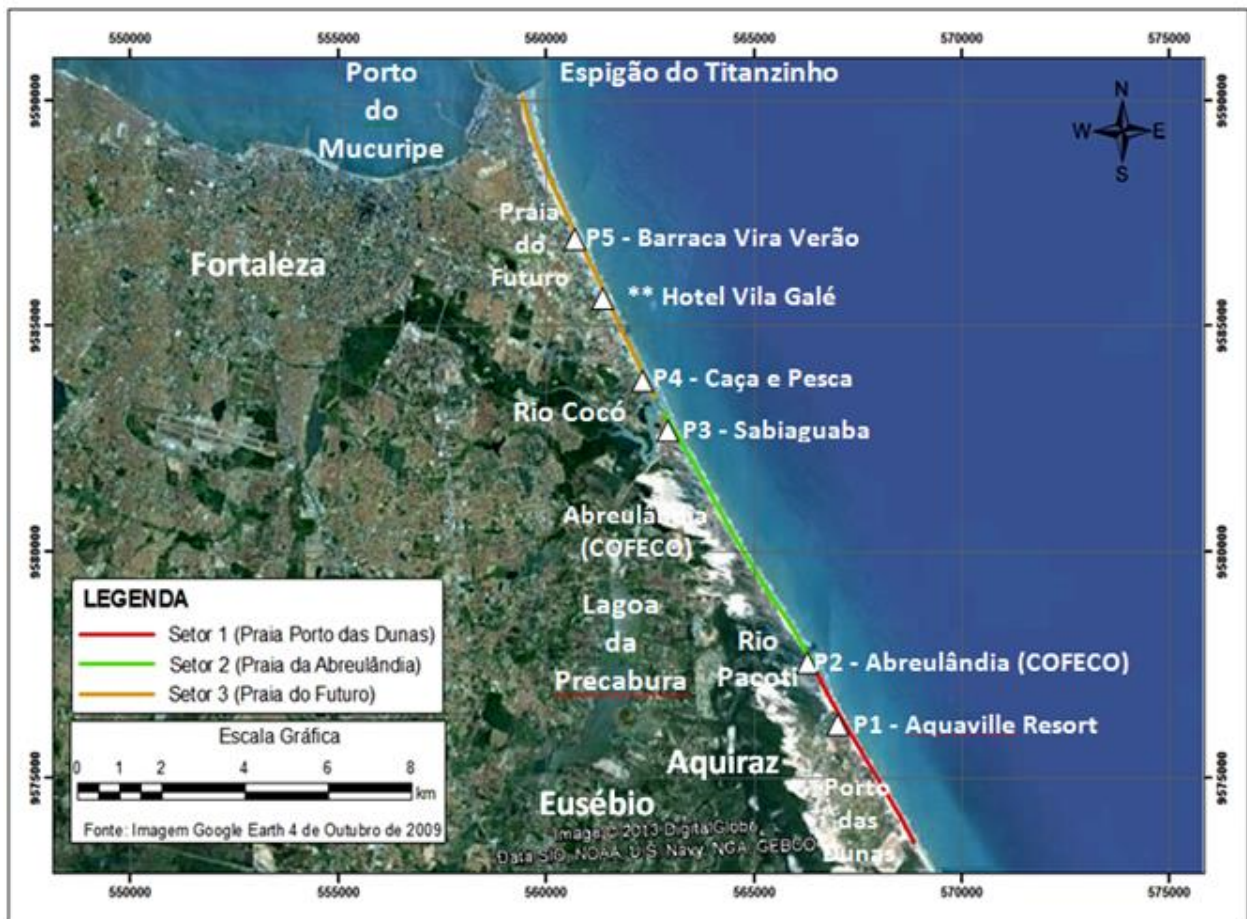


Fig. 1. Localização dos pontos e compartimentação setorial da faixa litorânea do trecho Praia Porto das Dunas – Praia do Futuro (Imagem Google Earth, 2009).

Fig. 1. Location of the points and sectorial subdivision of the coastal stretch of Porto das Dunas Beach - Praia do Futuro Beach (Image Google Earth, 2009).

2. Parâmetros hidrodinâmicos

Os processos hidrodinâmicos resultam da ação contínua dos ventos alísios, gerando *trends* de ondas divididos em dois grupos: ESE (106° - 108°), meses de agosto e outubro/2010; NNE (14° - 34°), dezembro/10 e fevereiro/11.

As ondas apresentaram altura média mínima de 0,9 m

no período chuvoso, quando se tem a menor velocidade dos ventos, e valor médio máximo de 1,2 m no período de estiagem e de maior velocidade dos ventos.

Os períodos médios de ondas se caracterizam em dois grupos: entre 6,1 e 9 s - tipo *sea*, período seco; e entre 9,2 e 15,9 s - tipo *swell*, período chuvoso.

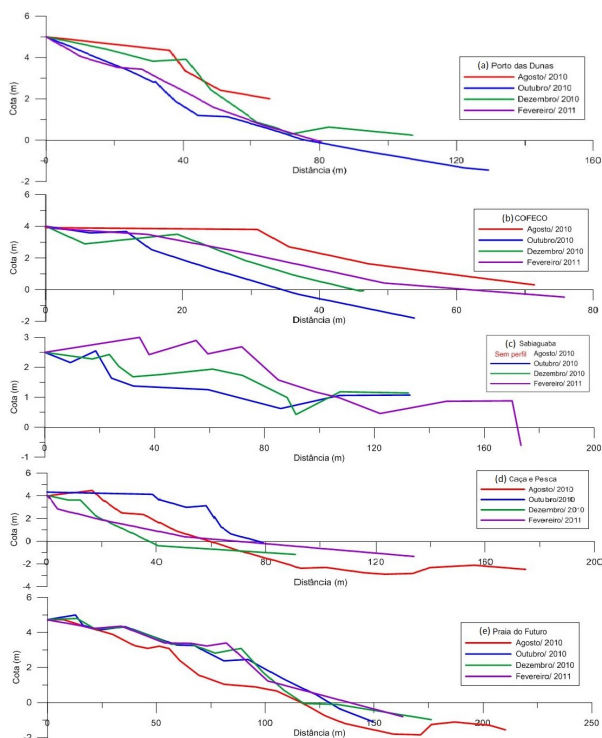


Fig. 2. Perfis de praia transversais: (a) Praia Porto das Dunas; (b) Praia da COFECO; (c) Praia da Sabiaguaba; (d) Praia do Caça e Pesca; e (e) Praia do Futuro - Barraca Vira Verão.

Fig. 2. Beach cross-profiles: (a) Porto das Dunas Beach; (b) COFECO Beach; (c) Sabiaguaba Beach; (d) Caça e Pesca Beach; e (e) Praia do Futuro Beach - Vira Verão Shack.

3. Caracterização do tipo de rebentação

O coeficiente de rebentação (β) registrado indica o predomínio do tipo deslizante ($\beta < 0,068$), corroborando com a baixa declividade da praia ($< 5^\circ$) que, segundo Galvin Jr. (1968), correspondem às praias planas.

4. Classificação dos estágios morfodinâmicos

4.1. Setor 1 – Praia Porto das Dunas

Ponto 1 – Praia Porto das Dunas *Aquaville Resort*

A praia Porto das Dunas possui uma instabilidade morfodinâmica acentuada, devido à urbanização desordenada e ocupação do pós-praia. O perfil apresentou extensão média de 95,6 m e declividade média de $4,8^\circ$. Foram classificados como dissipativos no período de transição e intermediários nos períodos de estiagem e chuvoso (Fig. 2a), regidos por um sistema de ondas deslizantes, por vezes, com apresentando barras e calhas longitudinais.

Os perfis transversais apresentaram diferenças sazonais, demonstrando um recuo significativo. O balanço sedimentar teve volume máximo de $791 \text{ m}^3/\text{m}$ e mínimo de $453 \text{ m}^3/\text{m}$. A curva de tendência revelou um comportamento erosional predominante.

4.2. Setor 2 – Praia da Abreulândia

Abrange a Praia da Abreulândia – COFECO (Ponto 2) e a

Praia da Sabiaguaba (Ponto 3), entre as desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó. Encontra-se bordejado por um campo de dunas e um cordão de *beachrocks* paralelo à linha de costa.

Ponto 2 – Praia da Abreulândia (COFECO)

Os perfis morfológicos apresentaram estágio intermediário, com exceção do mês de fevereiro/11, que mostrou-se refletivo (Fig. 2b).

As ondas são deslizantes, perfis com extensão média de 61,82 m e declividade média de $7,2^\circ$, caracterizados, entre agosto e dezembro/10, por processos erosivos, com ligeiro acréscimo em fevereiro/11, associada à presença dos *beachrocks* que dissipam a energia das ondas, reduzindo a erosão.

O volume sedimentar registrou máximo em agosto/10 e mínimo em outubro/10, com fase erosional para o período de estiagem, seguida de acreção no chuvoso, predominando um balanço sedimentar negativo.

Ponto 3 – Praia da Sabiaguaba

Os perfis do Ponto 3 retratam estágios intermediários em agosto e dezembro/10, fevereiro/11, e dissipativo em outubro/10 (Fig. 2c). As maiores variações foram registradas entre 132,93 m e 173,34 m, média de 146,21 m e declividade de $1,6^\circ$. O maior volume ocorreu no período chuvoso $1.797 \text{ m}^3/\text{m}$. A curva de tendência apresentou feição erosional entre agosto e dezembro/10, seguida de uma fase acrescional em fevereiro/11.

4.3. Setor 3 – Praia do Futuro

Representado pela Praia do Caça e Pesca (Ponto 4) e Praia do Futuro – Barraca Vira Verão (Ponto 5).

Ponto 4 – Praia do Caça e Pesca

O Ponto 4 apresentou extensão máxima de 174,50 m, mínima de 79,02 m e média de 119,52 m, com declividade média de 3° (Fig. 2d). *Beachrocks* estão presentes na zona de espriamento inferior e porção inicial da zona de surfe.

Enquadra-se no estágio intermediário, com tendência ao estágio dissipativo em outubro/10.

A variação máxima de volume no período de agosto/10 a outubro/10, principalmente na região do estirâncio. Nesse período a ação dos ventos ocorre de forma mais intensa, as frações de sedimentos de menor diâmetro são transportadas facilmente pela ação eólica, alimentando as dunas frontais. A ação das ondas no perfil é maior, principalmente devido à influência das maiores alturas. Apresenta curva de tendência acrescional significativa. O tipo de arrebatção foi deslizante.

Ponto 5 – Praia da Futuro (Barraca Vira Verão)

As principais variações do pacote de perfis (Fig. 2e) são registradas para os períodos de transição e estiagem, e mínima no chuvoso, com inclinação média de $3,4^\circ$. Os bancos e canais são formados e removidos com grande frequência nessa área.

Enquadrou-se no tipo dissipativo no mês de outubro/10 e nos outros apresentou variações intermediárias. O tipo de arrebatção registrada foi a deslizante.

Apresentou as maiores extensões e volumes dos perfis transversais significativos em toda a extensão do estirâncio e grandes acumulações de sedimentos no pós-praia. Os menores volumes foram registrados entre agosto e outubro, e os maiores entre dezembro e fevereiro, registrando tendência acrescional.

5. Análise volumétrica longitudinal

Os perfis variam em volume de forma diferenciada, levando-se em consideração os valores calculados para energia, celeridade das ondas e média do volume sedimentar transportado longitudinalmente.

A energia da onda apresenta-se maior no período seco, em torno de 1371 j/m^2 e 1780 j/m^2 , e menor no período chuvoso, de 1045 j/m^2 e 1606 j/m^2 , responsável pela diferença dos perfis de inverno e verão.

A celeridade apresentou média de 4,6 m/s, com valores maiores em agosto e outubro/10, pico máximo atingindo 4,9 m/s. Nos meses chuvosos ocorreu uma redução, valor mínimo de 4,2 m/s.

Os maiores volumes foram transportados entre agosto e outubro/2010, devido à maior capacidade de transporte da corrente longitudinal e maior contribuição dos depósitos eólicos, com maiores velocidades de vento e altura de ondas. Os menores valores ocorreram em dezembro/2010 e fevereiro/2011. Verificou-se a existência de cavas e bancos de areia na zona de antepraia, estruturas que aprisionam o material transportado e criam convergências na corrente.

6. Discussão

A morfologia da praia é uma resposta às condições do clima de ondas, ao regime de marés e à ação eólica, em momentos diferenciados.

Os dados de ondas revelaram o predomínio do tipo deslizante, característica de praias com relevos suaves, corroborando com as variações das declividades na face praiar, média de $3,5^\circ$.

A altura das ondas registrada apresentou valor médio de 1,1 m para todos os períodos monitorados, máxima de 1,2 m e mínima de 0,9 m, demonstrando que a variação da velocidade dos ventos nos períodos de alta pluviosidade e de estiagem exerce uma sutil influência.

Os períodos de ondas assumiram padrão sazonal, entre 6,1 s e 8,0 s na estação seca, ondas tipos *sea*, e na estação chuvosa entre 9,2 s e 15,7 s, ondas do tipo *swell*, demonstrando também uma relação de dependência com a sazonalidade do regime eólico.

Quanto à morfodinâmica: Setor 1 - estágio dissipativo a intermediário, instabilidade significativa em razão do processo de urbanização acentuada e desordenada do pós-praia; Setor 2 - dissipativos a intermediários e, por vezes, refletivo; e Setor 3 - intermediários a dissipativos, foram registradas as maiores extensões dos perfis.

As desembocaduras exercem influência sazonal na morfologia dos perfis, funcionam como fontes supridoras de sedimentos para o equilíbrio da dinâmica costeira. Os

beachrocks são importantes barreiras na redução do processo erosivo das ondas.

Os volumes dos sedimentos revelaram valores maiores para os pontos situados à sotamar das desembocaduras, Setor 3. Essa variação está associada à carga sedimentar transportada pelos rios em direção à costa, oriunda dos sedimentos da Formação Barreiras, dos campos de dunas que bordejam a linha de costa e assoreiam o estuário dos rios Pacoti e Cocó, e da erosão dos *beachrocks*, fontes supridoras que contribuem para o equilíbrio da dinâmica costeira, por meio do transporte e distribuição desse material pelas correntes de deriva litorânea na direção SE-NW. A presença do espigão do Titanzinho funciona como uma armadilha de sedimentos, favorecendo a engordada dos perfis praias no Setor 3.

7. Considerações finais

Considerando-se a sazonalidade climática predominante no estado do Ceará, precipitações maiores, velocidades dos ventos amenas e ondas mais baixas no primeiro semestre, ocorrendo uma inversão desses parâmetros no segundo semestre, registrou-se: maior erosão - perfis de inverno, no período seco e, predominância de processos acrescionais no período chuvoso - perfis de verão, com maior e menor transporte longitudinal de sedimentos, respectivamente.

A interpretação do balanço sedimentar, com pequenas perdas e ganhos de volume, confirma para os setores um sistema que não se encontra em um estado estacionário, com tendência erosional para os Setores 1 e 2, e deposicional para o Setor 3.

Faz-se necessária a elaboração de planos diretores de uso e ocupação do solo para as praias monitoradas, observando suas características geoambientais, climáticas, processos morfo e hidrodinâmicos e impactos ambientais, buscando-se preservar o equilíbrio da dinâmica costeira natural e de seus ecossistemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Fortaleza pelo apoio laboratorial.

Referências

- GALVIN JR., C. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, 73(12),3651-3659.
- SHORT A. D., HESP P. A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48 (3-4), 259-284.
- WRIGHT, L. D., THOM, B.G., CHAPPELL, J. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems, Southeastern Australia. *Marine Geology*, 32, 105- 140 1979.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56 (1-4), 93-118.