

## Dunas Frontais no estado do Rio de Janeiro: Ocorrência, Morfologia e Dinâmica.

Moulton, M.A.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE) ; Oliveira Filho, S.R. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE) ; Rocha, T.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO) ; Fernandez, G.B. (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE)

### RESUMO

As dunas frontais do RJ se encontram em estágios evolutivos distintos. Podemos destacá-las em quatro áreas onde se apresentam mais bem desenvolvidas; Praia de Atafona (São João da Barra), Praia do Perú e Praia do Forte (Cabo Frio), e Praia da Massambaba (Arraial do Cabo). Tendo estas dunas frontais como área de estudo, este trabalho visou, através de um mapeamento tridimensional detalhado com auxílio de DGPS, caracterizar as feições morfológicas que indicam os processos morfodinâmicos atuantes.

### PALAVRAS CHAVES

*dunas frontais; morfodinâmica; MDE*

### ABSTRACT

The foredunes of RJ can be found situated in different evolutionary stages. We can be highlighted as being areas where these deposits appear in a more developed stage; Atafona Beach (São João da Barra), Perú Beach and Forte beach (Cabo Frio), and Massambaba Beach (Arraial do Cabo). Having these foredunes as a study area, this study aimed, through a detailed three-dimensional mapping with the aid of DGPS, characterize the morphological features that indicate the active morphodynamic processes.

### KEYWORDS

*foredunes; morfodynamics; DEM*

### INTRODUÇÃO

Dunas frontais são formações de cristas dunares arenosas formadas adjacentes à praia. Essas feições, que variam muito em sua morfologia, são formadas pela retenção de sedimentos arenosos por meio da colonização de vegetação pioneira. Apesar de existir uma ampla discussão sobre a própria definição e a gênese (marinha ou eólica) das dunas frontais (e.g. Davies, 1957, 1977; Bird, 1965, 1976; Mackenzie, 1958; Thom, 1965; Hesp, 1989, 1991, 2002), essas feições possuem papel importante para a morfodinâmica praial. A ocorrência natural dessas feições é resultado da associação entre as características morfodinâmicas das praias, padrão de sedimentação na zona submarina adjacente, caracterização do regime de ventos, alinhamento da costa e papel da vegetação em criar condições de retenção de sedimentos na planície costeira. Campos de dunas só ocorrem no litoral fluminense entre a Marambaia e a foz do Rio Itabapoana, uma vez que nestes segmentos podem ser observadas características fundamentais para que dunas se desenvolvam (Fernandez et al., 2009). Dentro deste trecho do litoral fluminense destacam-se quatro áreas onde o desenvolvimento dos campos de dunas frontais se torna mais expressivo, mas em diferentes estágios evolutivos; são eles a Praia de Atafona (São João da Barra) no compartimento norte do litoral fluminense, a Praia do Perú e Praia do Forte (Cabo Frio), e a Praia da Massambaba (Arraial do Cabo), todas três na Região dos Lagos. O objetivo principal desta pesquisa foi, portanto, a caracterização das feições morfológicas dos campos de dunas frontais que indicam os processos morfodinâmicos atuantes, através de um mapeamento detalhado. Esta caracterização é vista como uma possível ferramenta de análise para prognósticos sobre a evolução da linha de costa, uma vez que esta dinâmica afeta diretamente o ordenamento territorial/ambiental da zona costeira.

### MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa da metodologia consistiu principalmente em uma pesquisa bibliográfica de trabalhos sobre a geomorfologia do litoral fluminense, principalmente os que tratam da ocorrência e evolução das dunas frontais. Em seguida, foi realizado o mapeamento das dunas frontais, a partir de mosaicos construídos com imagens de alta resolução (IKONOS) com resolução de 1 metro, e fotografias aéreas em escala de detalhe, para as áreas em que foram observadas feições eólicas representativas. Desta maneira, pode ser definida a área de estudo da pesquisa, priorizando as áreas onde as dunas frontais se encontram bem desenvolvidas e pouco alteradas pela ação antrópica. Na segunda etapa foram realizadas as aquisições dos dados topográficos necessários para o mapeamento detalhado da morfologia existente. Os levantamentos de campo foram realizados ao longo dos anos de 2010 e 2011, totalizando um levantamento para cada sistema de duna frontal, sendo quatro ao todo. Para mapeamento, visando uma maior acurácia, foi utilizado um receptor DGPS (Diferencial Global Positioning System), da marca TechGeo e modelo GTR-G2 em dupla frequência (L1/L2). Assim foi possível a caracterização morfológica dos quatro sistemas de dunas frontais, com um erro máximo de 10mm + 1ppm. Em campo foram seguidos parâmetros para garantir a representatividade da área mapeada e para fins de comparação dos modelos gerados. Os limites das áreas representativas foram padronizados como sendo de 300m de comprimento (longitudinal) para todos os casos, e variando a largura (transversal) de acordo com a distância do limite do reverso das dunas frontais até a face de praia ou limite de espraiamento das ondas. Terminada a coleta dos dados em campo, realizou-se a terceira etapa, onde o equipamento foi levado para o Laboratório de Geografia Física (LAGEF) da Universidade Federal Fluminense (UFF), para que fosse efetuado o descarregamento e correção dos dados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram gerados MDE do terreno, representativos das áreas de estudo; Praias de Atafona, Perú, Forte e Massambaba. A diferença morfológica encontrada entre os modelos se dá em função de fatores desde orientação da linha de costa até aspectos climato-meteorológicos, influenciando na gênese destas dunas. O mapa 1 mostra a diferença de orientação da costa na área de estudo, enquanto a figura 1 mostra no MDE as diferenças morfológicas existentes. Praia de Atafona (São João da Barra-RJ) As dunas frontais da praia de Atafona, localizadas a sul do delta do rio Paraíba do Sul, apresentam particularidades. À norte, nota-se um campo de dunas de largura reduzida e altura considerável, enquanto à sul ocorre um decréscimo de altura. Fernandez et al. (2008) propõe que o desenvolvimento vertical das dunas frontais na área ocorre por uma rápida progradação e, em seguida, uma erosão da face das dunas contribuindo para o espessamento vertical. No MDE é possível identificar estas características marcantes de elevação altimétrica e processos erosivos atuantes. As dunas frontais neste trecho apresentam cotas bem elevadas, onde a máxima registrada foi de 11m, a maior das áreas mapeadas. Identifica-se também no modelo cortes eólicos bem definidos e orientados na direção NE-SW, apresentando evidências da mobilidade das dunas por ação eólica. Praia do Perú e Praia do Forte (Cabo Búzios-RJ) A região entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios é a área de maior representatividade, onde os campos de dunas são mais desenvolvidos. As praias do Forte, Perú e Tucuns, são os arcos de maior expressividade em termos de feições eólicas. Estas praias apresentam características dissipativas, garantindo condições para a formação de dunas. Nessas praias Fernandez (2007), Pereira (2008) e Oliveira Filho (2011), sugerem que a formação das dunas frontais se ocorre a partir do retrabalhamento eólico preferencialmente de NE, soprando do mar-terra removendo areia da antepraia em direção ao interior. As dunas frontais do Perú são bem desenvolvidas, com cotas máximas de quase 6m e com presença de vegetação fixadora. Os cortes eólicos, como ilustrado no MDE (Figura 1), são bem definidos e sugerem uma migração de sedimentos para o interior da planície. A semelhança entre as duas praias e o processo de formação de seus campos de dunas frontais fica evidente no MDE. Além de terem características topográficas semelhantes, com tendências dissipativas, extensas planícies para o desenvolvimento de dunas e as dunas móveis interioranas, apresentam as mesmas formas eólicas marcantes. Em ambos os casos, o papel da vegetação no desenvolvimento das feições eólicas é notável. A vegetação de gramíneas e outras plantas reptantes (e.g. Ipomoea portulacoides), garantem o início da fixação das dunas. Praia da Massambaba (Arraial do Cabo-RJ) As dunas da Massambaba se estendem por 20 km ao longo do arco praias, localizado a oeste de Cabo Frio. As dunas frontais da Massambaba formam um campo de dunas anômalo, uma vez que esta área está submetida a

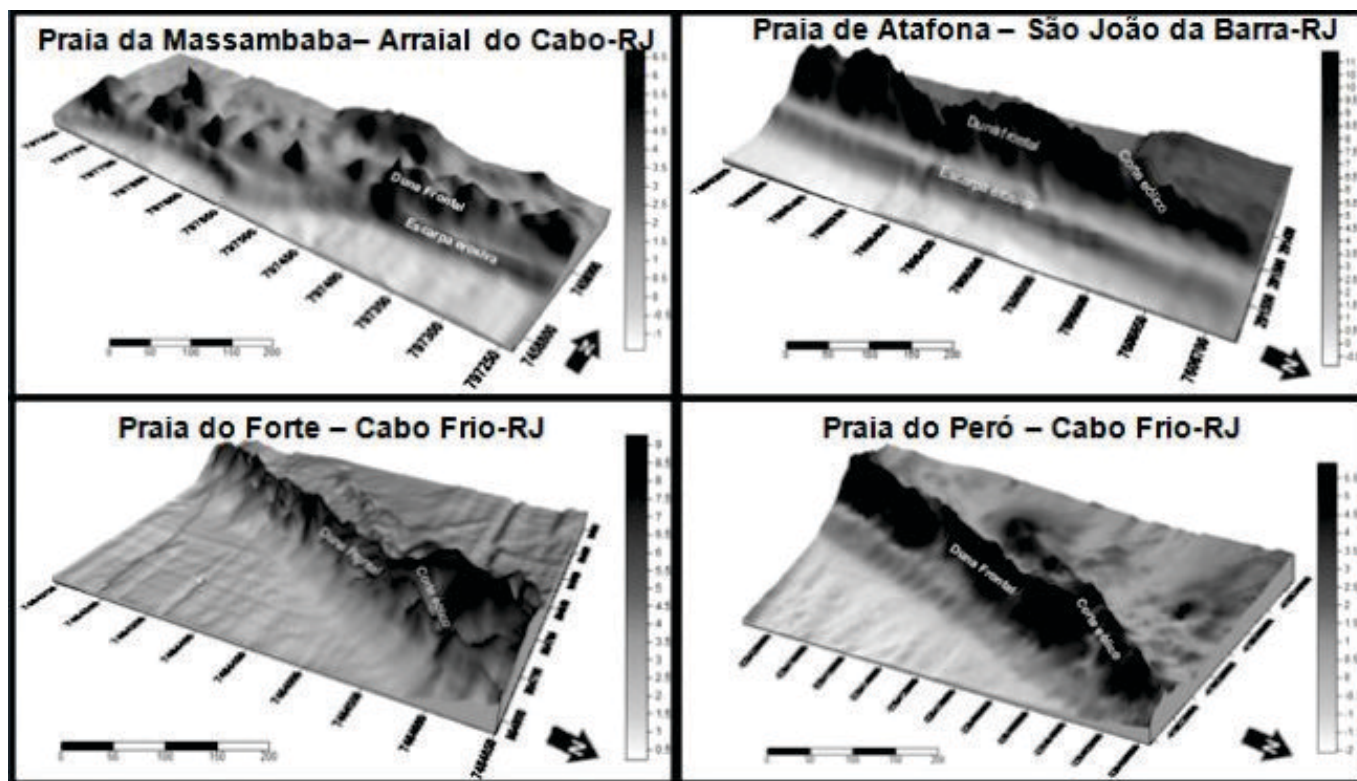
ventos terra-mar. A ocorrência de dunas na praia da Massambaba foi explicada por Fernandez et al. (2009), como sendo principalmente em função de eventos de tempestade, onde as ondas transportam sedimentos por eventos de transposição (overwash) removendo sedimentos da zona submarina até o reverso da barreira. A vegetação atua como uma armadilha desse material, provocando uma agradação vertical e lateral das dunas. A partir do MDE é possível notar que o padrão das dunas frontais da Massambaba é descontínuo, apresentando elevações isoladas uma das outras. Esta configuração das dunas se dá em virtude da ação cíclica das ondas de tempestade, que apesar de contribuir para a manutenção do estoque sedimentar, também são responsáveis pelo seu rearranjo espacial. As freqüentes tempestades também inibem o crescimento vertical das dunas, que apresentam a menor média de altura entre os quatro modelos gerados.

Mapa 1



Localização da área de estudo.

Figura 1



Modelos digitais de elevação (MDE) representativos dos quatro campos de dunas frontais estudados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada neste trabalho apresentou-se como excelente instrumento de mapeamento e de verificação científica de dados para a caracterização morfológica das feições costeiras, principalmente das dunas frontais. A partir dos modelos digitais de elevação (MDE) foi possível identificar os processos morfodinâmicos formadores e transformadores das dunas frontais, consagrando o método utilizado. Esta consagração se deu em virtude do confronto de dados obtidos em campo com os trabalhos de Fernandez (2003), Fernandez et al. (2006, 2007, 2008a e 2008b), Pereira (2008), Pereira et al. (2007, 2008a, 2008b e 2010), Rocha (2008), Oliveira Filho (2011), Correa (2008), verificando uma concordância entre os resultados obtidos em todos os trabalhos, que se remetem as áreas estudadas.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão de bolsas de estudo de Mestrado e Doutorado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVES A. R. 2006. Modelagem numérica aplicada ao estudo da origem e evolução morfológica dos esporões da lagoa de Araruama-RJ. 2006. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense.
- BAPTISTA, P.; BASTOS, L.; CUNHA, T.; BERNARDES, C.; DIAS, J.A. 2008. Aplicação de metodologias de monitorização GPS em litorais arenosos: Geração de modelos de elevação do terreno. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 8(1):9-23.
- BARBIERI, E.B, & COE-NETO, R. Spatial and temporal variation of rainfall of the East Fluminense Coast and Atlantic Serra do Mar, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: B. A. Knoppers, E. D. Bidone, & J. J. Abrão (Eds.), *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems*, Rio de Janeiro, Brazil, Vol. 6, p. 47-56. Niterói: UFF/FINEP.1999.
- BIRD, E.C.F. A geomorphological study of the Gippsland Lakes. Australian National University Press, 1965.

- BIRD, E.C.F. Coasts. Australian National University Press, 2a edição, 1976.
- CORRÊA, W.B. 2008. Geomorfologia e Gerenciamento Costeiro Integrado: arco de praia de Tucuns, Armação dos Búzios, RJ. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Geografia. Niterói: Universidade Federal Fluminense.
- CORRÊA, W. B.; FONTENELLE, T. H. 2008. Roteiro de Campo: Paisagem Geomorfológica Costeira entre Ponta Negra Maricá e o Cabo Búzios, litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. Niterói, Encontro Regional de Estudantes de Geografia do Sudeste (EREGEO).
- DAVIES, J.L. The importance of cut and fill in the development of sand beach ridges. Australian Journal of Science 20:105-111, 1957.
- DAVIES, J.L. Coasts. In JEANS, D.N. (Ed). Australia. A geography. Sidney University Press, 1977.
- FERNANDEZ, G.B. Morfologia e dinâmica do sistema praia, duna frontal e antepraia em ambiente de alta energia: Praia da Massambaba, litoral do Rio de Janeiro, Brasil.. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2003.
- FERNANDEZ, G.B. 2007. Modelo morfológico das barreiras arenosas costeiras do estado do Rio de Janeiro - Anais do XI Congresso da ABEQUA, Belém.
- FERNANDEZ, G.B. 2008. Indicadores Morfológicos para a Origem e Evolução das Barreiras Arenosas Costeiras no Litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Belo Horizonte.
- FERNANDEZ, G.B.; PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B. Dunas Costeiras no Estado do Rio de Janeiro: considerações sobre a ocorrência, morfologia e dinâmica. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e o I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008a.
- FERNANDEZ, G.B., PEREIRA, T.G. & ROCHA, T.B. 2008b. Modelo morfológico da origem e evolução das dunas na foz do rio Paraíba do Sul, RJ. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia/SINAGEO. Belo Horizonte, MG. Brasil.
- FERNANDEZ, G.B., PEREIRA, T.G. & ROCHA, T.B. 2009. Coastal Dunes along Rio de Janeiro Coast: Evolution and Managment. Journal of Coastal Research, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium), pg - pg. Lisbon, Portugal, ISBN.
- HESP, P.A. A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes. In: C.H. Gimingham, W. Ritchie, B.B. Willetts and A.J. Willis, Editors, Coastal Sand Dunes Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Edinburgh vol. 96B, Roy. Soc. Edinb., Edinburgh, 1989, p. 181-202.
- HESP, P.A. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. Journal of Arid Environments 21:165-191, 1991.
- HESP, P.A. A Gênese De Cristas De Praias e Dunas Frontais. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 02, 2002.
- IBGE. 2011. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. Relatório Técnico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro.
- LAMEGO, A.R. 1940. Restingas na costa do Brasil. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral do Ministério da Agricultura 96: 1-63.
- MCKENZIE, P. The development of beach sand ridges. Australian Journal of Science 20:213-214, 1958.
- MOULTON, M. A. B. 2011. Aplicação de DGPS para Mapeamento de Detalhe Morfológico Das Dunas Frontais no Litoral Fluminense. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal Fluminense. Bacharelado em Geografia. Niterói - RJ.
- MOULTON, M. A. B.; FERNANDEZ, G.B. 2011. Origem e caracterização morfológica das dunas frontais no estado do Rio de Janeiro. . XIV SBGFA, Dourados, Brasil.
- MUEHE, D. ; CORRÊA, C. H. T. 1989. Dinâmica de Praia e Transporte de Sedimentos ao Longo da Restinga da Massambaba. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 387-392.
- MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.F. & SAVI, D.C. 2001. Resposta morfodinâmica de um sistema praia-antepraia a oeste do cabo frio exposto às tempestades de maio de 2001. VIII Congresso da ABEQUA. Mariluz, Imbé, RS: 63-64.
- OLIVEIRA FILHO, S.R. 2011. Morfodinâmica Associada entre Duna, Praia e Zona Submarina como subsídio a adequada ocupação do espaço costeiro na praia do Peró-RJ. Dissertação de mestrado.

- Universidade Estadual do Ceará, Mestrado Acadêmico em Geografia, 2011.
- PEREIRA, T.G. 2008. Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira na Planície entre os Municípios de Cabo Frio e Arraial do Cabo, RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha.
- PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B.; SANTOS, R. A.; FERNANDEZ, G.B. Morfodinâmica entre a praia, duna e zona submarina adjacente nas proximidades do Cabo Frio, RJ. In: XI Congresso da Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário, 2007, Belém. ABEQUA, 2007.
- PEREIRA, T.G.; CORREA, W.B.; ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B. Considerações sobre a Morfodinâmica Costeira e da Morfologia Submarina no Arco de Praia do Perú, litoral do Rio de Janeiro. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e o I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008a.
- PEREIRA, T.G.; ROCHA, T.B.; FERNANDEZ, G.B. Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira da Planície entre Cabo Frio e Arraial do Cabo - RJ. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008b
- PEREIRA, T.G.; OLIVEIRA FILHO, S.R.; CORREA, W. B.; FERNANDEZ, G.B. Diversidade Dunar entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios RJ. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife - PE. Revista de Geografia. Recife, 2010. v. 2. p. 15-29.
- PYE, K. 1983. Coastal Dunes. Progress in Physical Geography. 7(4) 531-557.
- RIBEIRO, G.P. 2005. Avaliação da dinâmica do campo de dunas em Atafona, São João da Barra (RJ), como requisito para interpretação do processo de erosão costeira. Monografia (especialização): UFRJ/MN/DGP / Programa de Pós-Graduação em Geologia do Quaternário. 141 p.
- RIBEIRO, G.P.; PEREIRA, C.Q.; SILVA, A.E. e CASTRO, W.A. 2007. Análise da configuração espacial e dinâmica das dunas de Atafona, São João da Barra (RJ). Anais do XI Congresso Brasileiro da ABEQUA, Belém, PA. Brasil.
- ROCHA, T.B. 2008. Morfodinâmica de praia no litoral do município de São João da Barra, RJ: avaliação de curta escala temporal dos processos de erosão e progradação na planície deltáica do Rio Paraíba do Sul. Monografia (especialização): Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- SHORT, A.D. & HESP, P. 1982. Wave, beach and foredune interactions in southern Australia. Marine Geology, 48: 259-284.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Rev. Bras. Geoc., 15 (4), 1985, p.273-286.
- THOM, B.G. Late Quaternary coastal morphology of the Port Stephens-Myall Lakes area., N.S.W. Australia. Journal and Proceedings Royal Society N.S.W 23:23-36, 1965.