

---

## MAPEAMENTO DIGITAL DA DINÂMICA DO PONTAL ARENOSO E DO CAMPO DE DUNAS DE ATAFONA, SÃO JOÃO DA BARRA (RJ)

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO  
CLAUDIO QUARESMA PEREIRA  
ANDRÉ ESCOVINO DA SILVA

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Faculdade de Engenharia - FEN  
Departamento de Engenharia Cartográfica, Rio de Janeiro - RJ  
{ claudioqpereira, gilberto.pessanha, andescovino }@gmail.com

---

**RESUMO** – Serão apresentados resultados obtidos a partir do mapeamento digital executado no pontal arenoso e no campo de dunas localizados na praia de Atafona, São João da Barra (RJ), a partir de levantamentos geodésicos com GPS, nos modos relativo e cinemático, com uso de rastreadores GTR-A/TechGeo. Diante do problema ambiental instalado nessa zona litorânea, próximo ao canal meridional da foz do rio Paraíba do Sul, caracterizado pelo constante soterramento de casas e de infra-estrutura urbana pública por sedimentos provenientes do pontal arenoso, foi executado em 2006 mapeamentos de parte do campo de dunas com GPS com o propósito de quantificar a sua dinâmica, e também investigar sobre a origem dos sedimentos que têm sido depositados nas dunas a sotavento. A taxa de acumulação de sedimentos medida com GPS nas dunas localizadas na área de mais alto risco à erosão marinha nesta praia foi determinada na ordem de 40 mil m<sup>3</sup>, quando comparados volumes relativos à configuração espacial das dunas para os meses de fevereiro de 2006 (verão, clima úmido) e de agosto do mesmo ano (clima seco). Será discutida a validação da metodologia empregada para determinação precisa dos desníveis, através dos levantamentos GPS, entre pontos que compuseram a malha amostral sobre o campo de dunas, os volumes e os erros cometidos com uso do sistema posicional, nesse tipo de mapeamento. Interpretações geológicas e geomorfológicas puderam ser feitas com base nos mapas produzidos no ambiente dos sistemas SURFER8 e SPRING4.3, de forma que hoje há como avaliar aspectos sobre a dinâmica da planície de deflação, de transporte e de deposição de sedimentos que têm provocado tensões sociais na zona da av. Atlântica em Atafona. O trabalho contribuiu para balizar tecnicamente as ações freqüentes de intervenção e manejo por parte da Secretaria de Meio Ambiente da prefeitura de São João da Barra sobre o campo de dunas, que está contido em Área de Preservação Permanente (APP).

**ABSTRACT** - They will be presented resulted gotten from the executed digital mapping in the arenaceous pontal and in the dune field located in the beach of Atafona, São João da Barra (RJ), from geodesic surveys with GPS, in the ways relative and kinematic, with use of GTR-A/TechGeo dredges. Ahead of the ambient problem installed in this littoral zone, next to the southern canal to the estuary of Paraíba do Sul river, characterized for the constant burial of houses and public urban infrastructure for sediments proceeding from the arenaceous pontal, it was executed in 2006 mappings of part of the dune field with GPS with the intention to quantify its dynamics, and also to investigate on the origin of the sediments that have been deposited in dunes the lee-side. The tax of accumulation of sediments measured with GPS in dunes located in the area of higher risk to the sea erosion in this beach was determined in the order of 40,000 m<sup>3</sup>, when compared relative volumes with the space configuration of dunes for the months of February of 2006 (summer, humid climate) and of August of the same year (dry climate). The validation of the methodology used for necessary determination of the unevennesses will be argued, through GPS surveys, between points that had composed the amostral mesh on the dune field, the volumes and the errors committed with use of the positional system, in this type of mapping. Geologic and geomorphological interpretations could on the basis of have been made the maps produced in the environment of SURFER8 and SPRING4.3 systems, form that today has as to evaluate aspects on the dynamics of the deflation plain, of transport and of deposition of sediments that have provoked social tensions in the zone of Atlantic av. in Atafona. The work contributed to technical mark out with buoys the frequent actions of intervention and handling on the part of the São João da Barra city's Environment Secretary on the dune field, that is contained in Permanent Preservation Area (PPA).

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho consiste na execução de mapeamentos do pontal arenoso e de parte do campo de dunas tendo como finalidade interpretações geomorfológicas, na zona litorânea em Atafona, localizada no município de São João da Barra (RJ).

O mapeamento consistiu no uso de rastreadores do Sistema de Posicionamento Global (GPS). O estudo de caso adotado tem relação com a necessidade do mapeamento da área urbana de alto risco em relação ao processo erosivo em curso no balneário de Atafona, como parte integrante do projeto "Dinâmica do delta do rio Paraíba do Sul a partir de mapeamentos recentes e investigações sobre paleoambientes holocênicos", coordenado pelo professor Gilberto Pessanha Ribeiro no âmbito da Universidade Federal Fluminense (UFF), em parceria da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

A área escolhida para execução dos levantamentos de campo integra a área urbana do balneário de Atafona, localizada no flanco sul da foz do rio Paraíba do Sul, litoral norte do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). O rio Paraíba do Sul possui grande influência na dinâmica costeira, pois transporta e deposita sedimentos de vários tipos, desde a sua nascente na Serra da Bocaina (SP) até a foz localizada em Atafona (RJ).

Desde 1950 o pontal de Atafona vem sofrendo um processo erosivo agressivo pela ação marinha, com variações posicionais expressivas na linha de costa (Ribeiro, 2005). Esta zona que possui uma dinâmica muito grande nas formas dos objetos costeiros, tornando-a de interesse multidisciplinar (Cartografia, Geologia, Geografia, Oceanografia, etc...), onde diversas áreas dão suporte umas as outras nas interpretações das mudanças de formas ao longo do tempo, com implicações em estudos de interferências de agentes oceanográficos, meteorológicos e astronômicos (Pereira, 2007).

A descrição das feições geomorfológicas e o conhecimento de sua dinâmica contribuem para o entendimento de como vários fatores naturais influem na modificação do relevo. Estudar a dinâmica do pontal arenoso em determinadas épocas e do campo de dunas a partir de um recorte espacial amostral indicará em que medida as dunas têm contribuído para o déficit de sedimento no pontal de Atafona.

## 2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A pesquisa foi desenvolvida na parte meridional da foz do rio Paraíba do Sul, numa parcela do campo de dunas localizado na praia de Atafona.

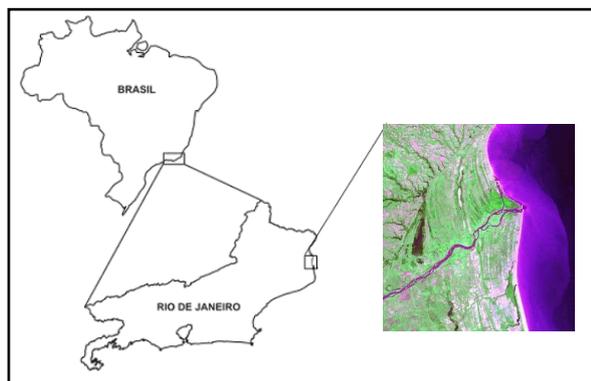


Figura 1: Mapa de localização.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o levantamento de parte do campo de dunas foi escolhida uma área ("transect") que possuía ponto de apoio próximo, sem obstrução de sinal GPS e a de maior risco erosivo, que se localiza próxima à caixa d'água. O levantamento foi executado com rastreadores GTR-A da TechGeo no modo relativo cinemático, também, com taxa de coleta de 2<sup>s</sup> e ângulo de elevação de 10°, com capacidade de armazenamento a partir de, no mínimo, 4 satélites. Este método serviu para acompanhamento da movimentação das dunas com sua orientação, e foram executadas 4 campanhas para monitoramento e geração de modelos digitais do terreno.

Como dito anteriormente, a zona costeira onde foi executado o levantamento de parte do campo de dunas é a de maior risco erosivo, e possui, aproximadamente 240 metros de extensão, por 75 metros de largura, sendo que as seções executadas foram transversais à linha d'água distanciadas em aproximadamente 2 metros. O método consistiu em percorrer com o rastreador a feição em estudo visando à obtenção de uma malha de pontos bem distribuída e bem densificada, de forma a permitir uma representação mais próxima da realidade.

O desempenho operacional durante o processo de execução dos levantamentos de campo com os rastreadores GPS no modo relativo permitiu alcançar resultados satisfatórios na obtenção das coordenadas geodésicas das estações incógnitas. Nos levantamentos executados no pontal foram utilizados os sistemas computacionais "Ashtech Processor" e "Ashtech Solutions" para o pós-processamento dos dados e geração dos relatórios finais (ASHTECH, 1997).

Enquanto que para executar o pós-processamento dos dados obtidos nos levantamentos executados em parte do campo de dunas, com rastreadores GTR-A, foram utilizados softwares fornecidos com o equipamento. São eles:

**Util:** que permite a comunicação do rastreador com o computador, sendo feita a descarga dos dados do rastreador para um arquivo no formato <.gtr>;

**EZSurv/PostProcessor:** responsável pelo pós-processamento, onde são identificados arquivos que contém os dados que foram obtidos pelo rastreador base e pelo rover. É possível alterar o sistema de referência geodésico, altura da antena, etc. Nele é gerado um arquivo no formato <.spr>, e se desejado pode-se visualizar a plotagem dos pontos levantados.

**EZSurv/Graphics:** permite abrir o arquivo gerado no pós-processamento e exportar para diversos formatos utilizados em outros softwares, dentre eles <.dxf>.

A princípio, as coordenadas de todos os pontos obtidos com sistema GPS estão referidas ao sistema geodésico WGS 84, sendo que as coordenadas foram referidas ao sistema SAD-69, onde os parâmetros de transformação do primeiro para o segundo são:  $\Delta x = 66,87$  m;  $\Delta y = -4,37$  m;  $\Delta z = 38,52$  m (IBGE, 1989).

## 5 RESULTADOS

São apresentadas a seguir fotografias panorâmicas do pontal arenoso e do campo de dunas (figura 2 e 3).



Figura 2: Visão panorâmica do pontal de Atafona e área urbana afetada pela erosão marinha (crédito da foto: Gilberto Pessanha Ribeiro. Adquirida em: 02/05/2004).



Figura 3: Campo de dunas localizado próximo à caixa d'água (crédito da foto: Emanuel de Jesus. Adquirida em novembro/2006).

O procedimento de campo para execução dos levantamentos GPS considerou como limites para o campo de dunas a linha d'água a leste, e o muro das residências a oeste. Praticamente todas estas construções estão hoje abandonadas devido ao processo erosivo que está em curso. A plotagem desses pontos, tendo como pano de fundo fotografia aérea, pode ser vista a seguir na figura 4.



Figura 4: Plotagem do levantamento GPS de campo executado em parte do campo de dunas.

TABELA 1 – Precisões médias alcançadas em levantamentos gps executados no caminhamento de parte do campo de dunas.

Data	Valores médios			
	PDOP	$\sigma E$ (m)	$\sigma N$ (m)	$\sigma alt$ (m)
22/01/2006	2,571	0,010	0,0108	0,034
18/02/2006	2,484	0,114	0,116	0,304
01/06/2006	2,968	0,201	0,210	0,429
27/08/2006	2,133	1,025	0,770	1,339

Esses dados serviram para construção de grades utilizando o método interpolador *Kriging*, possibilitando a análise das características desejadas: movimentação das dunas, relação entre superfícies de levantamentos de diferentes épocas para cálculo do volume de sedimento transportado. Sendo que a escolha do interpolador foi feita de acordo com a melhor qualidade do produto final, ou seja, o que representasse com maior fidelidade a realidade encontrada em campo. Por estar trabalhando com uma boa frequência no campo, o melhor interpolador foi escolhido através de análise visual.

Por serem utilizados valores absolutos na coordenada altitude, foram calculados desníveis existentes entre os vários pontos coletados. A partir daí, foi adotada uma altitude de referência para o ponto de partida e adicionada aos valores seguintes, onde o esse valor

adotado foi de 10 m. A utilização da cota arbitrada foi feita para todos os meses dos levantamentos, de modo que a referência fosse a mesma. Esse valor é importante porque no cálculo de diferença de volumes para épocas distintas existe a comparação entre superfícies.

A seguir serão apresentadas as plotagens de parte do campo de dunas para os meses de fevereiro e agosto (Figuras 5 e 6).

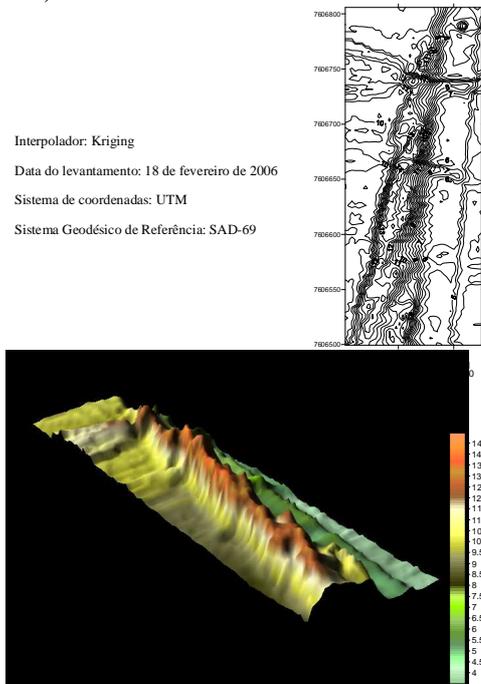


Figura 5: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno, gerados com o método de interpolação *Kriging*, para o levantamento executado no dia 18 de fevereiro de 2006.

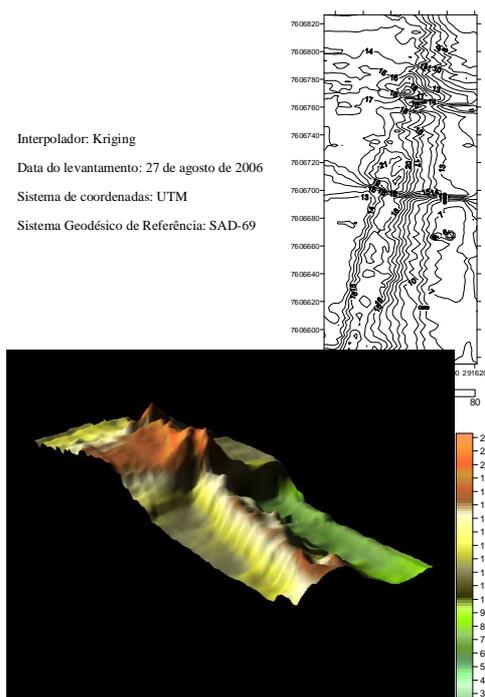


Figura 6: Mapa de isolinhas e modelo numérico do terreno, gerados com o método de interpolação *Kriging*, para o levantamento executado no dia 27 de agosto de 2006.

A produção de mapas temáticos tem contribuído para a retratação de cenários em escalas regional e local. A partir da experiência no uso do sistema SPRING, com apoio do sistema GPS, observou-se alta produção de documentos cartográficos diversos, indiscutivelmente importantes para as interpretações geomorfológicas dos processos costeiros em curso na zona litorânea. Mesmo diante do quadro de mapas produzidos, há parâmetros físico-ambientais ainda desconhecidos. Uma vez vencida a etapa de produção dos mapas, surge a necessidade paralela de analisar esses dados ainda ausentes ou incompletos e associá-los aos aspectos de localização, distribuição e extensão dos fenômenos dinâmicos em questão. A possibilidade das interpretações complexas está diretamente dependente desses dados mais expressivos.

A escolha para levantamento com GPS, nos modos relativo e cinemático, na parte do campo de dunas dentro da área de maior risco erosivo, ocorreu por este garantir boa qualidade aos requisitos desta aplicação, para a retratação de sua dinâmica. Observou-se a inviabilidade de colocar piquetes nas estações ocupadas no campo de dunas. A malha de pontos, mesmo não sendo exatamente a mesma para as épocas da execução dos levantamentos, possibilitou a geração do modelo 3D. O fato dos levantamentos serem realizados com bases curtas contribuiu para validar o método utilizado, de forma que foi possível obter precisão refinada com o sistema GPS.

A diferença de volume de parte do campo de dunas entre os meses de fevereiro e agosto de 2006 foi igual a 34.058,519 m<sup>3</sup>, e a direção de deslocamento dos sedimentos ocorreu predominantemente de NE para SO. A precisão dos volumes calculados é diretamente vinculada aos desvios existentes no processamento.

De acordo com relatórios criados no SURFER®, durante o processo de geração de grades, foram retirados os valores de variação em x, y e o valor médio de z, utilizando-se as variâncias calculadas para cada coordenada. A propagação de variâncias foi utilizada para quantificar o erro existente no cálculo de volume de parte do campo de dunas, nos meses em que foram executados os levantamentos. A tabela 6 a seguir apresenta os resultados:

TABELA 2: PRECISÃO DOS VOLUMES DE PARTE DO CAMPO DE DUNAS

Mês	$\Delta E$ (m)	$\Delta N$ (m)	$H_{med}$ (m)	$\sigma_v$ (m <sup>3</sup> )	Percentual de erro cometido (%)
Janeiro	90,829	155,467	8,977	2753,703	2,31
Fevereiro	123,296	306,455	9,143	14590,340	4,53
Julho	100,428	247,524	8,581	9600,056	4,76
Agosto	109,517	251,251	12,995	19950,091	5,60

## 6 CONCLUSÕES

Fazer uso de tecnologias digitais de geoprocessamento que dêem conta do mapeamento da linha de costa e sua flutuação nos últimos anos consiste numa metodologia adequada, dentro das limitações das imagens sensoriais utilizadas e da precisão dos rastreadores GPS utilizados. No modo relativo obteve-se precisão centimétrica, o que permitiu na escala de 1/8.000 representar a configuração espacial das feições de imediato interesse. Fazer uso de modelagem numérica do terreno para retratação de parte do campo de dunas e monitorar o seu volume tornou-se importante para as investidas sobre pesquisa da dinâmica costeira associada ao vento. Analisar as variações altimétricas do terreno, especialmente na área urbana em Atafona, possibilitou associar a maior velocidade de erosão à baixa declividade.

O uso das técnicas de levantamento geodésico com os rastreadores GPS GTR-A nos modos relativo cinemático gerou resultados bastante satisfatórios para as interpretações na área de Geomorfologia, permitindo avaliar as mudanças posicionais planimétricas da franja da duna e também a variação de volume quando comparadas as configurações espaciais deste recorte nas dunas no verão e no inverno de 2006. No primeiro caso em clima úmido e no segundo em clima seco, observando neste caso um transporte eólico de sedimentos com muito mais vigor.

O presente trabalho contribui, sobretudo para orientar as autoridades locais sobre as mudanças na configuração espacial das feições geográficas. Desta forma criam-se condições de apoio científico nas decisões preventivas relativas ao processo erosivo, dando sustentação técnica ao gerenciamento costeiro, como previsto e estabelecido pelo projeto Orla. A quantificação com suporte de técnicas cartográficas precisas é a solução para o monitoramento contínuo de alteração de formas de feições costeiras.

Os resultados e a metodologia do presente trabalho se apresentam como importantes contribuições para uma reestruturação do Plano Diretor Municipal de São João da Barra (RJ) diante da modelagem ambiental do campo de dunas que está contido em Unidade de Conservação (IBAMA).

## REFERÊNCIAS

ASHTECH, INC. **Reliance Workabout Manual de Operação de Campo**. 1997.

AZEVEDO, M. V. H. **Atafona, patrimônio mar adentro: formação, planejamento e destruição do balneário de Atafona – RJ**. Dissertação de mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes (RJ), 102p., 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Parâmetros para transformação de sistemas geodésicos**. Resolução PR nº 23, de 21 de fevereiro de 1989.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

PEREIRA, C. Q. **Modelagem numérica do terreno a partir de dados de estação total e GPS em aplicações geomorfológicas**. Monografia de final de curso Engenharia Cartográfica UERJ, 2006.

RIBEIRO, G. P., FIGUEIREDO JR., A. G., SILVA, C. G., ROSAS, R. O. **Avaliação do processo de erosão costeira em Atafona, São João da Barra (RJ) através de uso de tecnologias digitais de geoprocessamento**. Revista Brasileira de Cartografia, Presidente Prudente (SP), v. 1, n. 56, p. 129-138, 2004.

RIBEIRO, G. P. **Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à análise espaço-temporal em ambiente costeiro**. Tese de doutorado Programa de Pós-Graduação em Geografia UFF, 215p., 2005.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha : com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol**. São Paulo. Biblioteca de ciências naturais; v.15, 1992.