

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO DELTA DO RIO SÃO FRANCISCO - INTEGRAÇÃO DE DADOS DE ALTIMETRIA DE RADAR DO ÔNIBUS ESPACIAL COM IMAGENS LANDSAT TM

José Carlos Sícoli Seoane¹.

1, Ph.D. em Geociências, Prof. do Departamento de Geologia, IGEO-CCMN
Universidade Federal do Rio de Janeiro. Av. Brigadeiro Trompowski, s/n,
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, CEP.: 21940-940
e-mail: cainho@geologia.ufrj.br

RESUMO

A visualização em três dimensões (3-D) é de grande valia para a compreensão da morfologia das feições quaternárias que compõe o ambiente deltáico. Este trabalho em geral é dificultado pela escassez e desatualização de dados altimétricos. O programa *Shuttle Radar Topography Mission* disponibilizou recentemente dados de altimetria de toda a América do Sul com resolução espacial degradada para 90m. Integrados à imagens do sensor Landsat-TM, disponibilizadas publicamente pela Embrapa, estes dados constituem uma nova ferramenta para a análise de feições do Quaternário. Várias destas feições são exibidas e interpretadas para o delta do rio São Francisco, como a morfologia dos depósitos (cordões arenosos, frentes de dunas) e a paleodrenagem (meandros abandonados e antiga desembocadura do rio), além de áreas alagadas e alagáveis. O ajuste da altimetria a partir de um nível de base local, a cota zero para a linha de costa da banda 5 da imagem TM, permite o estudo em escala de maior detalhe, uma vez que os dados de altimetria tem consistência interna. Uma nova era se anuncia no estudo dos MDTs, com o acesso à topografia de áreas pouco conhecidas, desatualizadas ou onde o emprego de levantamentos topográficos tradicionais teria grande custo para ser viabilizado.

ABSTRACT

3-D data visualization enhances the understanding of quaternary features that comprise delta environments, but are usually hampered by the scarcity and/or obsolescence of altimetry data. The *Shuttle Radar Topography Mission* has recently made available altimetric data for the whole South American continent, with a 90m pixel size. Integrated to publicly available Landsat-TM datasets, they constitute a new tool for Quaternary feature analysis. Several such features are interpreted for the Sao Francisco river delta, such as deposit morphology (sand bars, dune fronts), paleodrainage (abandoned meandering channels, old river outlet), flooded and floodable areas. Adjusting the altimetry to a local base level, such as the coastline as revealed by band 5 on the TM imagery, allows for detailed studies, as the topographic dataset has great internal consistency. A new era of DEM studies, with readily available data from remote regions and areas where traditional topographical surveys would be too costly to be implemented.

Palavras-Chave: modelo digital do terreno (MDT), imagens landsat, altimetria

1. INTRODUÇÃO

O delta do Rio São Francisco, na divisa dos Estados de Sergipe e Alagoas, é o mais importante delta do Nordeste do Brasil e um dos principais do país. Na região são desenvolvidas diversas atividades econômicas e de lazer, tais como a construção naval, pesca e transportes; além do uso recreativo de suas praias, navegação de lazer e turismo (Figura 1).

A compreensão da morfologia das feições quaternárias que compõe o ambiente deltáico tem papel fundamental no planejamento e gestão da ocupação deste imenso patrimônio. Neste sentido, a visualização em três dimensões (3-D) destas feições é de grande valia. A principal dificuldade em gerar tais visualizações é a construção de um Modelo Digital do Terreno (MDT) a partir dos dados altimétricos. Estes são em geral escassos, contém pouco detalhe, ou são desatualizados, impedindo a integração com dados de levantamentos ou imagens mais atuais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de altimetria utilizados foram adquiridos no período de 11 a 22 de Fevereiro de 2000, pelo programa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM, 2000) um consórcio de agências liderado pela NASA. Este ambicioso programa adquiriu dados de altimetria por interferometria de radar de praticamente todo o planeta com resolu-

ção espacial de 30 metros, utilizando os instrumentos *Shuttle Imaging Radar-C* (SIR-C, da NASA) e *X-Band Synthetic Aperture Radar* (X-SAR, das Agências Espaciais da Alemanha e Itália). Os dados da América do Sul foram processados pelo *Jet Propulsion Laboratory* (JPL, 2002) disponibilizados pelo Serviço Geológico Americano para o público em 19 de Junho de 2003, com resolução espacial degradada para 90m, no formato *ESRI ArcGrid* (USGS, 2003). Os principais parâmetros utilizados para georreferenciar os dados são Sistema de Projeção Geográfico (Lat-Long), Elipsóide WGS84 e datum D-WGS-84.

Além da excelente resolução espacial de 90 m, compatível com a produção de cartas topográficas de escala aproximada de 1:350.000, os dados possuem acurácia circular horizontal menor ou igual a 20 m, acurácia absoluta vertical menor ou igual a 16 m, e acurácia vertical relativa menor ou igual a 10 m. As acurácias são citadas com um nível de confiança de 90%, consistente com os padrões norte-americanos (*National Map Accuracy Standards*). O resultado deste processo são dados com consistência para mapear a altimetria do terreno com detalhe decamétrico, ou mesmo de mais detalhe para pequenas regiões (Figura 2).

As imagens do sensor TM do satélite Landsat foram adquiridas do site do projeto *Brasil Visto do Espaço*, da Embrapa (Miranda *et al.*, 2002). São combinações em

falsa-cor das bandas 5, 4 e 3 (nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente) do sensor, disponíveis em formato JPEG. Provenientes de uma única cena, a 214/67, foram subdivididas em mosaicos que recobrem as áreas das cartas 1:25.000 do IBGE. Estes mosaicos são georreferenciados segundo esta divisão, resultando em cenas que recobrem cada estado do Brasil. A seguir é necessário fundir as imagens dos dois estados. Os principais parâmetros utilizados para georreferenciar os dados são Sistema de Projeção Geográfico (Lat-Long), Elipsóide *South American 1969* e datum SAD-69.

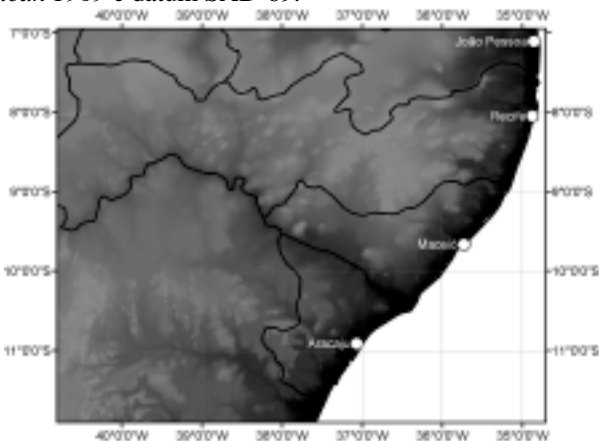


Figura 1 – Localização do delta do Rio São Francisco, entre os Estados de Alagoas e Sergipe.

Todos os dados foram adquiridos num período relativamente curto de 2 meses, sendo a altimetria de radar entre 11 e 22/02/2002, e cena Landsat TM em 27/04/2002, assegurando boa correlação espaço-temporal entre estes.

À altimetria foram subtraídos 2,5 metros, utilizando a linha de costa da banda 5 da imagem TM como correspondendo ao nível do mar. A seguir foi classificada segundo uma escala vertical compatível para realçar as feições costeiras, segundo os intervalos: abaixo do nível 0; 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 25; 50; 75; 100; 200 e 300m. Foi gerada a visualização do MDT em ambiente 3-D, permitindo alterar os azimutes, ângulos de visada e o exagero vertical para a cena, bem como a alternância dos planos de informação exibidos.

3. DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra a região do delta do Rio São Francisco a partir de uma visada de Leste mirando para Oeste. Os parâmetros da iluminação artificial utilizados foram azimute em 120° e ângulo de incidência de 35°. A classificação altimétrica é apresentada com exagero vertical de 2x, enquanto que a imagem TM do detalhe do delta é apresentada com exagero vertical de 3x. Em ambas pode ser percebida claramente a morfologia dos depósitos quaternários, como cordões arenosos, frentes de dunas e áreas alagadas e alagáveis. Também se observam outras feições da paleodrenagem, como meandros abandonados e uma antiga desembocadura do rio.

Estas mesmas feições podem ser visualizadas na Figura 3, agora a partir de uma visada de Sul mirando para Norte. Foram mantidos os parâmetros de iluminação artificial, bem como os exageros verticais. A frente de dunas destaca-se na paisagem. Nas dunas atuais observa-

se que a frente destas, voltada para o oceano não tem recobrimento por vegetação, enquanto que sua porção anterior pode apresentar vegetação, sendo provavelmente mais estável. Quanto ao substrato, a norte do delta, em Alagoas, a paisagem é caracterizada por um relevo de tabuleiros, enquanto que a sul, em Sergipe, as cotas são mais altas e o relevo é mais movimentado.

A Figura 4 destaca o limite sul do delta no Estado de Sergipe, sendo observado o truncamento dos antigos cordões pela frente de dunas.

4. CONCLUSÕES

O ajuste da altimetria a partir de um nível de base local (cota zero para a linha de costa da imagem TM) auxilia o estudo em escala de maior detalhe. Assim, ainda que os dados de altimetria tenham precisão vertical nominal de cerca de 10-15 m, podemos concluir que estes tem consistência interna, e quando nivelados corretamente, permitem a visualização de feições de escala métrica como cordões e dunas atuais.

Uma nova era se anuncia no estudo dos MDTs, com uma fonte de dados que permite o acesso à topografia de áreas pouco conhecidas, desatualizadas ou onde o emprego de levantamentos topográficos tradicionais teria grande custo para ser viabilizado. Adicionalmente, novas fontes de dados de imagens remotas do país vem a tornar este quadro ainda mais otimista. Estas fontes propiciam ao pesquisador novas ferramentas para a compreensão dos fenômenos do Quaternário.

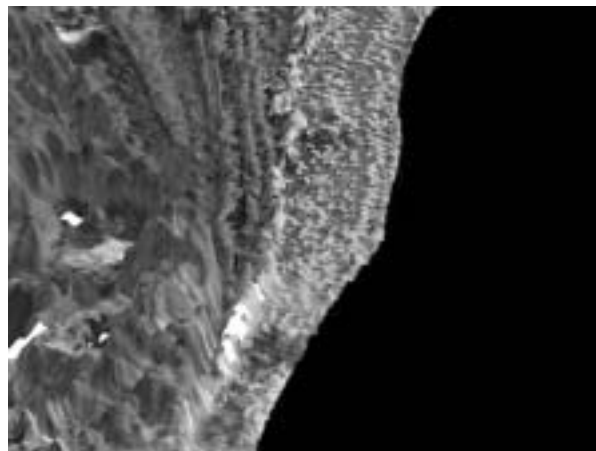


Figura 4 – Detalhe da morfologia dos cordões arenosos na parte sul do delta do Rio São Francisco, Estado de Sergipe. Exagero vertical de 5x realça também a região costeira e as dunas. Ver localização na Figura 3.

AGRADECIMENTOS

Àos pesquisadores e instituições que disponibilizam seus dados para acesso público na World Wide Web, permitindo o desenvolvimento da pesquisa que resultou neste trabalho e a divulgação do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JET PROPULSION LABORATORY – JPL (2002). <ftp://edcsgs9.cr.usgs.gov/pub/srtm>
MIRANDA, E. E. et al. (2002). Brasil Visto do Espaço. Embrapa. <http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br/>.
SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION. (2000). <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>.
U.S. GEOLOGICAL SURVEY EROS DATA CENTER. (2003). <http://seamless.usgs.gov>.

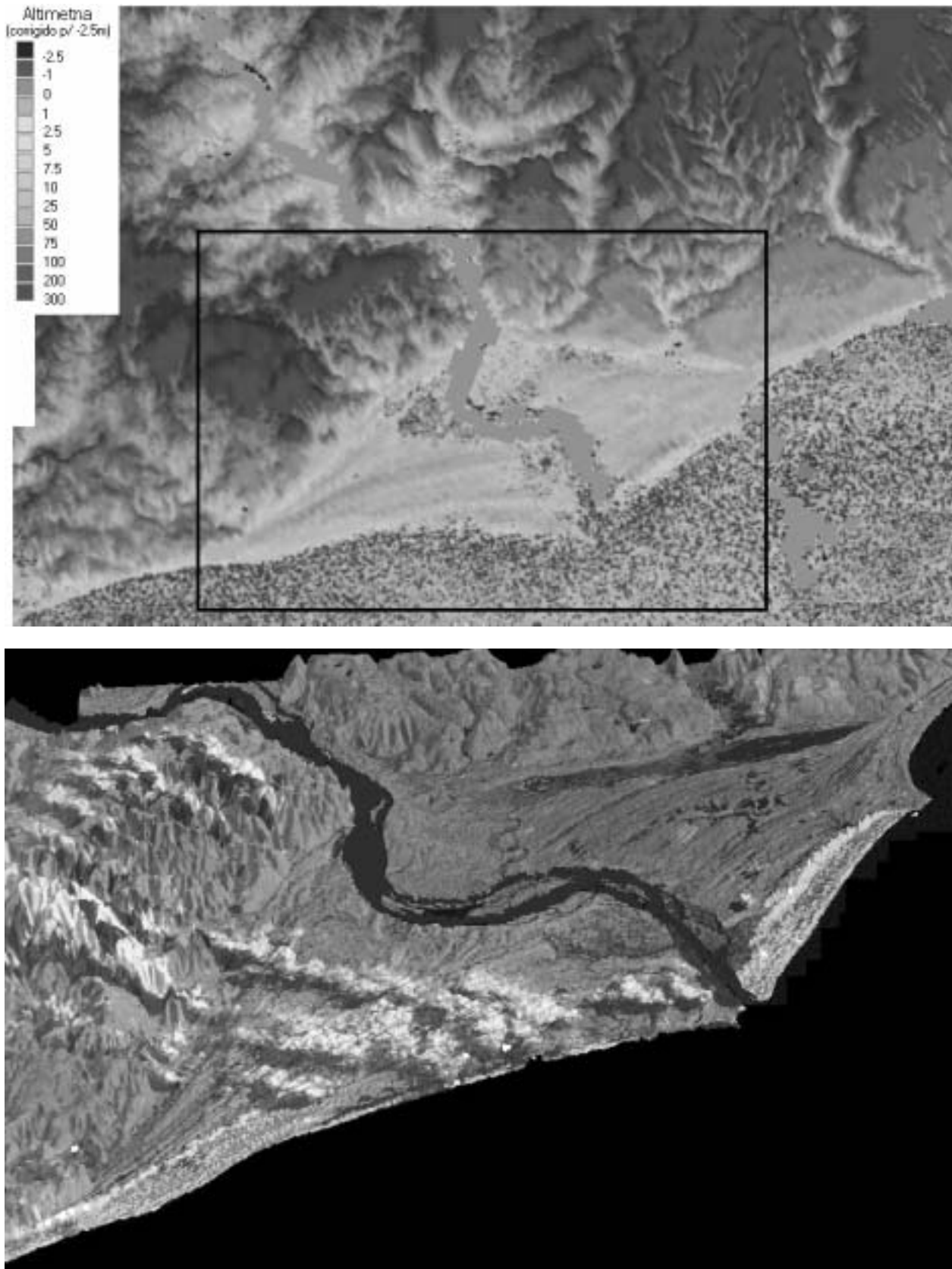


Figura 2 – Região do delta do Rio São Francisco a partir de uma visada de Leste mirando para Oeste. Iluminação artificial: azimute em 120° e ângulo de incidência de 35° . No alto: classificação altimétrica apresentada com exagero vertical de 2x. Abaixo: detalhe da região indicada, com imagem TM do delta. Exagero vertical de 3x. Ver discussões no texto.

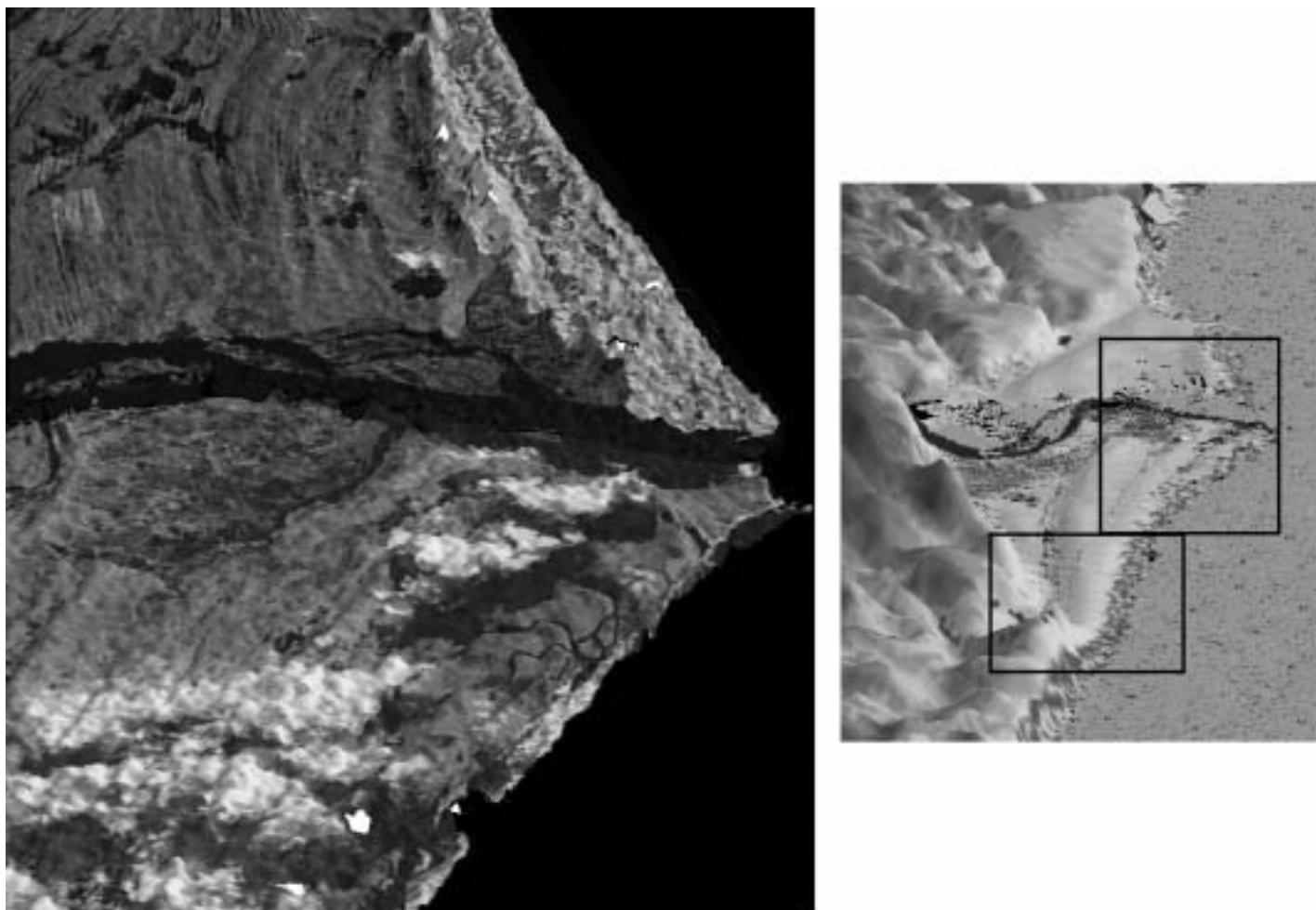


Figura 3 – Região do delta do Rio São Francisco a partir de uma visada de Sul mirando para Norte. Iluminação artificial, legenda da altimetria e exagero vertical mantidos como na Figura 2.
Esquerda: classificação altimétrica. Caixas respectivamente marcam: superior: detalhe da extrema esquerda. Inferior: localização da Figura 3.
Extrema esquerda: detalhe da região indicada pela caixa superior, com imagem TM do delta.
Ver discussões no texto.