

Análise comparativa de Modelos Digitais de Elevação

Gilberlan de Freitas Ferreira¹
Adaauto Pereira Ramos Costa¹
Ana Lúcia Bezerra Candeias¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Caixa Postal 7800 - 50711-970 - Recife - PE, Brasil
gilberlanfreitas@hotmail.com
{adauto.costa, analucia}@ufpe.br

Abstract. Information on the topography is of great importance for the planning and execution of engineering works. The Digital Elevation Models represent an important source of data on the physiographic features of the terrain (natural or human-induced), and its applications cover various types of studies and knowledge areas. Moreover, the DEM's are also fundamental in models of geometric correction and orthorectification of images of Remote Sensing. The representations of relief from the altimetry data are conventionally obtained through topographic or directly by aerophotogrammetric restitution. In most cases requires the arduous task of digitizing the contour lines and elevation points for the generation of DEM's in mapping physiographic relief. The opportunity to easily get the DEM significantly reduces the burden of building these mappings. Given the above, the objective is to compare the potential of DEM's obtained from different sensors in the characterization of the relief Macaparana County, located in the Zona da Mata Norte de Pernambuco.

Palavras-chave: image processing, MDE, SRTM, ASTER GDEM, processamento de imagens.

1. Introdução

Informações a respeito do relevo são de grande importância para o planejamento e a execução de obras de engenharia. Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) representam uma importante fonte de dados sobre as características fisiográficas do terreno (naturais ou induzidas pelo homem), e suas aplicações abrangem diversos tipos de estudos e áreas do conhecimento. Por outro lado, os MDE's são fundamentais também em modelos de correção geométrica e ortorectificação de imagens de Sensoriamento Remoto (CAMARGO et al., 2009b).

Um MDE é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Dados de relevo, informações geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informações meteorológicas e dados geofísicos, e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MDE. Dessa forma, a geração de um MDE pode ser dividida em duas etapas: a aquisição das amostras ou amostragem e a interpolação (SOUSA, 2010).

As representações do relevo são provenientes dos dados altimétricos obtidos convencionalmente através das cartas topográficas ou diretamente por restituição aerofotogramétrica. Na grande maioria das vezes é necessária a árdua tarefa de digitalização das curvas de nível e pontos cotados para a geração dos MDE's na elaboração dos mapas fisiográficos do relevo. A oportunidade de se obter facilmente o MDE reduz significativamente o trabalho de construção destes mapeamentos (RIBEIRO FILHO et al, 2007). Atualmente, a obtenção de MDE tem sido facilitada pela disponibilidade de novos métodos e tecnologias (estereoscopia de imagens orbitais, interferometria SAR e perfilamento a laser).

Nesse presente cenário, a qualidade posicional de MDE's tem recebido importante destaque. Pesquisas têm sido recentemente direcionadas ao desenvolvimento de metodologias para a geração e validação de dados altimétricos de diferentes sensores. Trabalhos como os de Paiva et al (2009), Duarte (2007) e Ribeiro Filho et al (2007) acerca dos resultados obtidos do

uso de dados SRTM ou de Fuckner et al (2009), Gouvêa et al (2005), Camargo et al (2009a) e Melo (2008) sobre a qualidade altimétrica dos dados ASTER, entre outros, são alguns exemplos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é comparar as potencialidades dos MDE's obtidos a partir de diferentes sensores na caracterização do relevo do Município de Macaparana, localizado na Zona da Mata Norte de Pernambuco, escolhido pela sua heterogeneidade altimétrica.

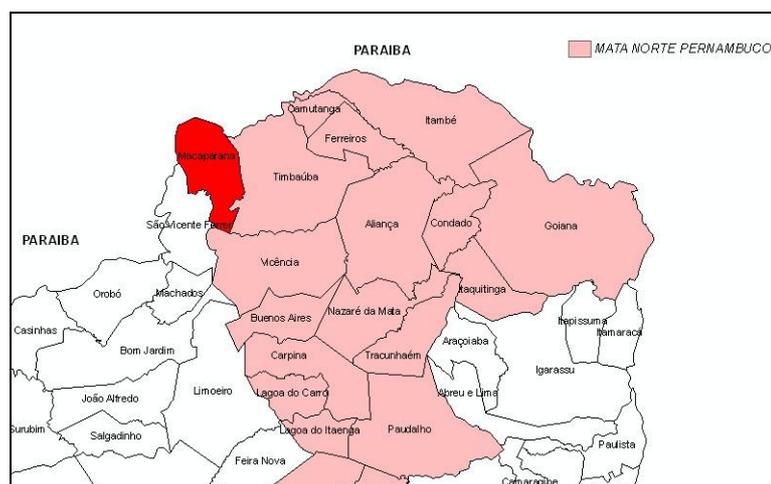


Figura 1: Localização da área de estudo.

1.1 Modelo Digital de Elevação

Um modelo digital de elevação é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado. Mesmo sendo mais comumente associados à altimetria, a partir da construção de um MDE também é possível calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamento nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (ANDRADE, 2008).

Um fator complicador na geração de produtos como um MDE, é a dificuldade de levantamento dos dados para construção do mesmo. Essa dificuldade é aumentada quando se trabalha em áreas de planícies por causa da pequena variação altimétrica existente. Tais variações não são facilmente identificáveis em alguns dos produtos disponíveis como, por exemplo, as cartas topográficas, e um levantamento preciso de pontos cotados consumiriam um tempo significativo da pesquisa, tornando a mesma inviável (ANDRADE, 2008).

O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto proporciona algumas alternativas para suprir a carência dos dados. A construção de um MDE pode ser realizada com a utilização das imagens de missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ou através das imagens do satélite ASTER, que através de suas bandas com visada lateral, permitem a montagem de um MDE.

2. Metodologia de Trabalho

Para manter o mesmo critério e poder realizar uma análise comparativa entre os modelos, foi adotado como referência a metodologia de geração de MDE's da plataforma SURFER 8, que esta associada a um GRID gerado por pontos XYZ e um interpolador definido pelo usuário. Nesse caso, foi adotado o interpolador Krigagem, pois, seguindo a indicação de

diversos autores, tal interpolador apresenta um melhor resultado para os MDE's gerados a partir dos pontos extraídos das imagens SRTM e ASTER GDEM.

2.1 MDE a partir de Carta Planialtimétrica

Para fins de comparação foi gerado o MDE a partir das curvas de nível extraídas da Carta da SUDENE LIMOEIRO, folha SB.25-Y-C-V, MI-1292, escala 1:100.000 geradas por restituição fotogramétrica.

A partir das cartas planialtimétricas vetorizadas, e usando a extensão 3D Analyst da plataforma ArcGis 9.3, foram extraídos pontos com coordenadas XYZ de cada curva de nível representada na carta. Na plataforma SURFER foi gerado um GRID com espaçamento de 30 metros para representar o modelo. Na geração do GRID foi usado o Krigeagem como interpolador.

Na plataforma Global Mapper 11 foram extraídos os pontos com coordenadas XYZ do GRID para a análise de variância.

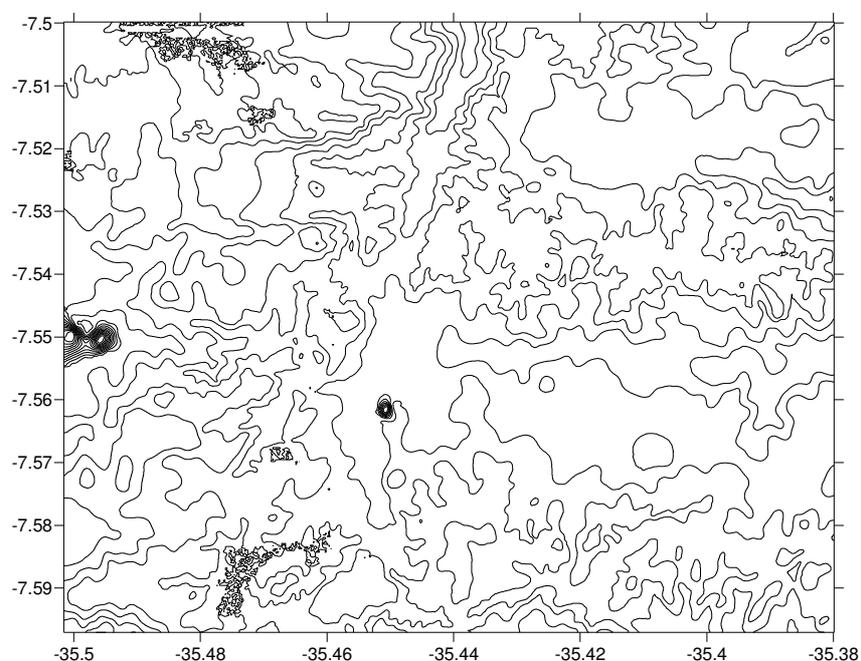


Figura 2: Curvas de Nível Carta Planialtimétrica, equidistância 50m

2.2 MDE a partir de Imagem SRTM

O *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) é uma missão da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), com parceria das agências espaciais da Alemanha DLR (*Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt*) e da Itália a ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*). Seus arquivos MDE (modelos digitais de elevação), gerados a partir de radar, estão gratuitos na Web com resolução 90x90 metros (RIBEIRO FILHO, 2007).

A partir de uma cena SRTM, foi escolhida a área de estudo e realizado o recorte na plataforma Spring.

Utilizando a extensão *Data Management Tools* da plataforma ArcGis 9.3, a área foi reamostrada para uma resolução de 30x30 metros.

Na Plataforma Global Mapper 11, foram extraídos os pontos da imagem reamostrada, e de forma análoga, a partir dos pontos, na plataforma SURFER foi gerado

um GRID com espaçamento de 30 metros para representar o modelo. Na geração do GRID foi usado o Krigeagem como interpolador.

Na plataforma Global Mapper 11 foram extraídos os pontos com coordenadas XYZ do GRID para a análise de variância.

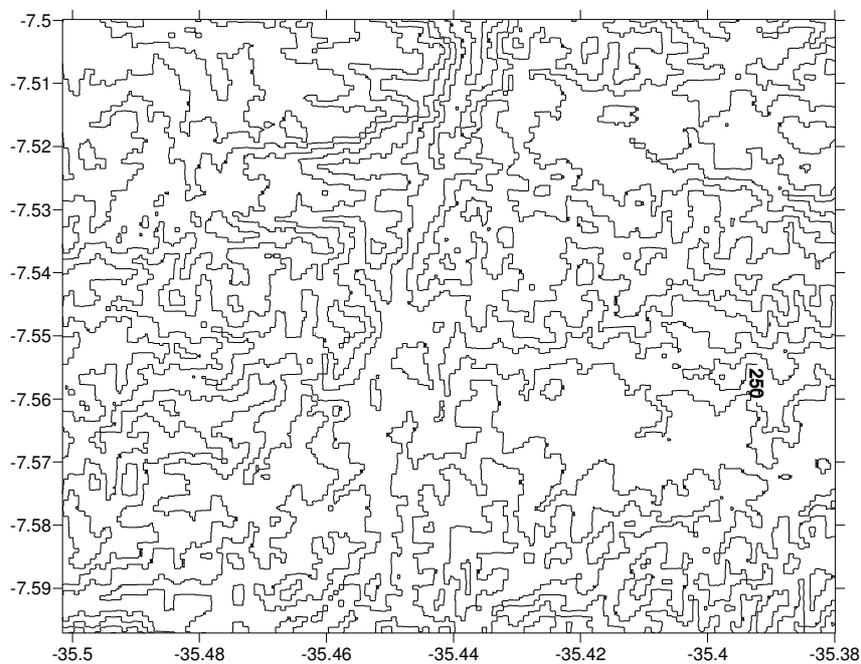


Figura 3: Curvas de Nível SRTM, equidistância 50m

2.3 MDE a partir de Imagem ASTER GDEM

O sistema sensor óptico ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), a bordo do satélite Terra, destaca-se pela qualidade geométrica dos seus MDE, por integrar dados altimétricos e multiespectrais e também por oferecer imagens de baixo custo. Os MDE são obtidos do par estereoscópico de imagens do infravermelho próximo, geradas no subsistema VNIR (CAMARGO et al., 2009b).

Desenvolvido pela NASA, o sistema ASTER consiste em três subsistemas de sensores: VNIR (*Visible and Near Infrared*), SWIR (*Shortwave Infrared*) e TIR (*Thermal Infrared*). As imagens ASTER cobrem uma região espectral larga com 14 bandas ou canais espectrais dando cobertura radiométrica desde o espectro visível até o espectro do infravermelho térmico, com alta resolução espacial, espectral e radiométrica, segundo o indicado na tabela 1 (PARMA, 2007).

Tabela 1. Características técnica Gerais do ASTER

Instrumento	Bandas Espectrais	Resolução Espacial (m)	Quantidades de bandas
VNIR	0,5-0,9 μm	15	3 verticais e 1 inclinada
SWIR	1,6-2,5 μm	30	6
TIR	8,0-12,0 μm	90	5

O sistema ASTER distribui diversos tipos de imagens (bandas espectrais), entre elas, imagens em stéreo que devem ser tratadas com ferramentas apropriadas para serem utilizadas na confecção das elevações de terreno.

O princípio básico da geração do Modelo Digital de Elevação é o efeito da paralaxe. Uma correlação de pixels entre as imagens do par estereoscópico determina esse

deslocamento que em troca é transformado em valores de elevação (ZOCOLOTTI, 2010).

Os arquivos GDEM (*Global Digital Elevation Model*), disponíveis em <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp>, já vem prontos no formato GeoTiff para uso direto na modelagem do terreno. Não é necessário nenhum outro tipo de pré-processamento neste caso.

A partir de uma cena ASTER GDEM, foi escolhida a área de estudo e realizado o recorte na plataforma Spring.

Na Plataforma Global Mapper 11, foram extraídos os pontos da imagem reamostrada, e de forma análoga, a partir dos pontos, na plataforma SURFER foi gerado um GRID com espaçamento de 30 metros para representar o modelo. Na geração do GRID foi usado o Krigeagem como interpolador.

Na plataforma Global Mapper 11 foram extraídos os pontos com coordenadas XYZ do GRID para a análise de variância.

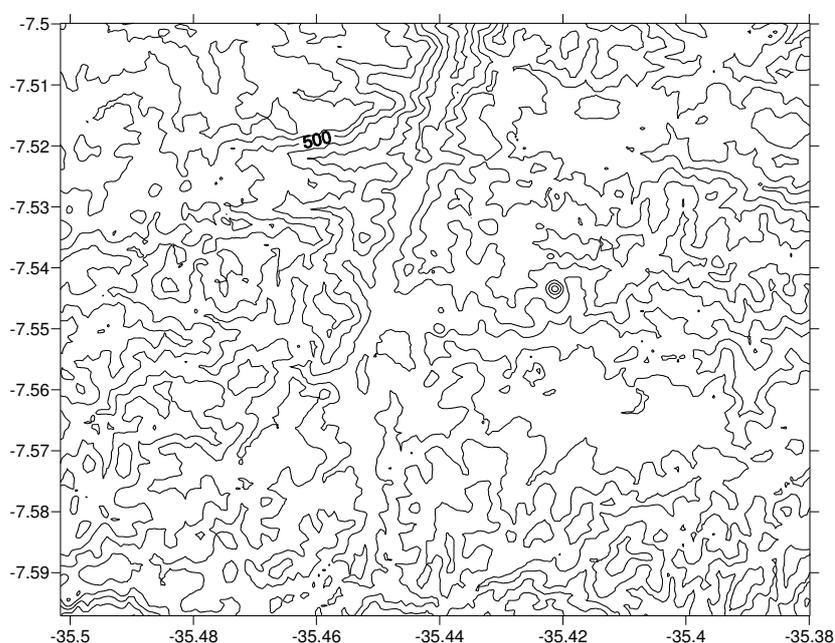


Figura 4: Curvas de Nível ASTER GDEM, equidistância 50m

2.4 Metodologia de comparação estatística dos MDE

Para análise dos MDE gerados foi utilizado o método de análise de variância das médias das alturas obtidas. O método se baseia na comparação entre dois conjuntos de alturas, dessa forma os dados foram analisados dois a dois (ASTER GDEM-SRTM, SRTM-PLANIALTIMÉTRICO e ASTER GDEM-PLANIALTIMÉTRICO). Para cada combinação de dados a aplicação do método seguiu os seguintes passos:

- 1 Cálculo das médias aritméticas das amostras

$$Xm_1 = \frac{\sum X_1}{N} \quad Xm_2 = \frac{\sum X_2}{N}$$

- 2 Cálculo do desvio padrão das amostras.

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum X_1^2}{N} - Xm_1^2} \quad s_2 = \sqrt{\frac{\sum X_2^2}{N} - Xm_2^2}$$

3 Cálculo do erro padrão das médias.

$$\sigma_{Xm_1} = \frac{s_1}{\sqrt{N-1}} \quad \sigma_{Xm_2} = \frac{s_2}{\sqrt{N-1}}$$

4 Cálculo do erro padrão da diferença entre as médias.

$$\sigma_{dif} = \sqrt{\sigma_{Xm_1}^2 + \sigma_{Xm_2}^2}$$

5 Diferença média amostral em unidades do erro padrão da diferença.

$$z = \frac{Xm_1 - Xm_2}{\sigma_{dif}}$$

6 Análise dos valores de z obtidos segundo a tabela da distribuição normal. A hipótese nula, de que não existe diferença entre as médias analisadas, deve ser aceita para valores de z menores que 2,76. Nos casos em que z é maior ou igual a 2,76 a hipótese nula deve ser rejeitada.

3. Resultados e Discussão

Para a compatibilidade dos MDE, foram gerados pontos por interpolação para a geração das curvas de nível da carta planialtimétrica e da imagem SRTM, esta última, reamostrada em 30x30 metros, para alcançar a resolução da imagem ASTER GDEM, pois colocando todos os três MDE's em uma só resolução é possível realizar a análise de variância das médias das alturas de pontos homólogos.

Visualmente, percebeu-se que nas curvas de nível da carta planialtimétrica (figura 2) foram gerados resíduos de feições provavelmente não existentes no terreno, algumas dessas feições foram decorrentes da não existência de atributos relacionados à altura de curvas de nível da carta original e outras criadas por interpolação. Também foi possível identificar que as curvas de nível geradas com os pontos SRTM reamostrados (figura 3) ficaram em forma de degraus, entrando em discordância com a realidade da área estudada.

Seguindo os passos descritos na metodologia, a análise estatística das altitudes extraídas dos grids se resume na interpretação dos valores de diferença média amostral em unidades de erro padrão da diferença. A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos para os três conjuntos de dados analisados (ASTER GDEM-SRTM, SRTM-PLANIALTIMÉTRICO e ASTER GDEM-PLANIALTIMÉTRICO).

Tabela 01: Resultados obtidos.

CONJUNTO DE DADOS ANALISADOS	ASTER GDEM - SRTM	SRTM - PLANIALTIMÉTRICO	ASTER GDEM - PLANIALTIMÉTRICO
z	3,68	13,39	17,11

4. Conclusão

Analisando os resultados obtidos nas análises de variância dos três conjuntos de dados é possível concluir que a hipótese nula, de que não existe diferença entre as médias, deve ser rejeitada em todos os casos analisados a um nível de significância de 0,05%.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, I.R.A. **O Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação de Formas na Região de Porto Rico, Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, MS/PR.** Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Maringá, 2008. MARINGÁ, PR. Disponível em: <<http://www.pge.uem.br/pdf/iraandrade.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

CAMARGO, F.F.; FLORENZANO, T.G.; ALMEIDA, C.M.; OLIVEIRA, C.G. **Abordagens cognitivas para a identificação de unidades geomorfológicas por meio de dados ASTER/Terra.** IN.: Revista Brasileira de Geociências, Flávio Fortes Camargo et al.39(2): 276-288, junho de 2009a. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/viewFile/13432/10610>>. Acesso em abril de 2010.

CAMARGO, F.F.; ALMEIDA, C.M.; FLORENZANO, T.G.; OLIVEIRA, C.G. **Acurácia Posicional de MDE ASTER/Terra em Área Montanhosa.** Revista Geomática, ISSN 1980-809, Vol. 4 - Nº 1 – 2009b, p. 12 - 24. UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Disponível em: <<http://plutao.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao%4080/2009/12.22.14.30.23/doc/02.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

DUARTE, G.G.F.; ASSAD, M.M.L. **Avaliação de MDE obtidos por meio de SRTM.** In.: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4849-4855. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.19/doc/4849-4855.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

FUCKNER, M.A.; FLORENZANO, T.G.; MORAES, E.C. **Avaliação altimétrica de modelos digitais de elevação extraídos de imagens ASTER em áreas com configuração topográfica distinta.** In.: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 683-690. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.49/doc/683-690.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

GOUVÊA, J.R.F.; VALLADARES, G.S.; OSHIRO, O.T.; MANGABEIRA, J.A.C. **Comparação dos modelos digitais de elevação gerados com dados SRTM e cartas IBGE na escala 1:250.000 na região da bacia do Camanduaia no Estado de São Paulo.** In.: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2191-2193. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.12.09/doc/2191.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

MELO, I.D.F. **Análise de Imagens ASTER como subsídio para mapeamentos na Interface Continente/Oceano.** Dissertação de Mestrado; UFPE; Recife; 2003.

PAIVA, R.G.; SANTOS, R.M.; GOMES, M.F.; GONÇALVES JUNIOR, F.A. **A Utilização de Dados SRTM para Análises Ambientais: Elaboração de Mapas de Relevo do Município de Maringá – Paraná – Brasil.** Disponível em: <http://egal2009.easyplanners.info/area04/4054_Garcia_Paiva_Raniere.pdf>. Acesso em abril de 2010.

PARMA, G.C.P. **Processamento de imagem ASTER para obtenção do MDE e da imagem ortorretificada do Município de Palhoça, SC, Brasil.** In.: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 6019-6026.

RIBEIRO FILHO, J.R.; CRUZ, C.B.M.; REIS, R.B. **Aplicação do Modelo Digital De Elevação do SRTM na geração de mapas fisiográficos do relevo.** In.: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3057-3064. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.20.01/doc/3057-3064.pdf>>. Acesso em abril de 2010.

SOUSA, C.J.S.; SILVA, M.M.; COSTA, K.S.P. **Análise do Modelo Numérico de Terreno do Radar SRTM na Área da Folha SA.23-Z-D-I, Urbano Santos – MA.** Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/020.pdf>. Acesso em abril de 2010.

ZOCOLOTTI FILHO, C.A.; CENTENO, J.A.S. **Análise da Qualidade de Informações Altimétricas Geradas pelo Sistema ASTER.** Disponibilizado pela Orientadora em Abril de 2010.