



**Análise da Acurácia Altimétrica dos Modelos Digitais de Superfície  
SRTM, Aster e Topodata e Aplicação na Representação 3D do Pantanal da Nhecolândia**  
Analysis of the Altimetric Accuracy of SRTM and Aster Digital Surface  
Models and their Application to the 3D Representation of Nhecolândia Pantanal

Leandro Bonfietti Marini<sup>1</sup>, José Marcato Junior<sup>1</sup>, Ana Paula Marques Ramos<sup>2</sup>,  
Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>1</sup>, Waleria Menezes Barros<sup>1</sup> & Leandro Tsuneki Higa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia.  
Cidade Universitária – Universitário, CEP 79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade do Oeste Paulista. Faculdade de Engenharia Conselheiro Algacyr Munhoz Campus II,  
Rodovia Raposo Tavares, km 572, CEP 19067-175 - Presidente Prudente, SP, Brasil.

E-mails: leandrobolfietti@gmail.com; jose.marcato@ufms.br;

antonio.paranhos@pq.cnpq.br; waleriabarros@gmail.com; anaramos@unoeste.br; leandro.higa@gmail.com

Recebido em: 11/09/2017 Aprovado em: 09/10/2017

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2017\\_3\\_48\\_54](http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_48_54)

## Resumo

Os modelos digitais de superfície (MDS) do SRTM e ASTER são importantes para o mapeamento geomorfológico, sendo então duas ferramentas notórias para a distinção das diferentes unidades de relevo e setores da paisagem. Considerando a possibilidade de uso destas ferramentas, pretende-se demonstrar neste trabalho a importância do uso destes dados para a representação do relevo do Pantanal da Nhecolândia. Inicialmente, foi realizado um controle de qualidade dos dados de altimetria do SRTM (90 m e 30 m, Versão 4), ASTER( 30 m) e Topodata (30 m) com base no Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), usando como referência marcos geodésicos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Os dados dos MDS foram analisados e processados com o uso de softwares livres. A partir da análise de acurácia, verificou-se que o MDS SRTM (30 m) foi o único modelo que apresentou acurácia compatível com a escala 1:50.000, classe A. Os resultados mostram que a representação temática elaborada possibilita analisar, dentre outras, regiões de lagoas e vazantes na Nhecolândia que são os principais elementos da paisagem da região em estudo.

**Palavras-chave:** Modelos digitais de superfície; Padrão de Exatidão Cartográfica; Cartografia temática

## Abstract

SRTM and ASTER Digital surface models (DSM) are crucial for geomorphological mapping, then being two notable tools for distinguishing different relief units and landscape sectors. Considering the possibility of using these tools, we intend to demonstrate in this paper the importance of using this data to represent the relief of Nhecolândia Pantanal. Initially, it was performed a the quality control of the altimetry data from SRTM (90 m and 30 m), ASTER (30 m) and TOPODATA (30 m) based on the Cartographic Accuracy Standard for Digital Cartographic Products (PEC-PCD), using as reference the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) marks. DSM data were analyzed and processed using free software. After analyzing the quality of the DSM, it was applied the isarithmic method for the generation of thematic map of altimetry from Pantanal of Nhecolândia. Though the accuracy analysis, it was verified that DSM SRTM (30 m) was the unique model that presented accuracy compatible with the scale 1: 50,000, class A. The results show that the elaborated thematic representation makes it possible to analyze, among others, lagoon and ebb regions in Nhecolândia, which are the main landscape elements of the study region.

**Keywords:** Digital Surface Models; Cartographic Accuracy Standard; Thematic Cartography

## 1 Introdução

Os Modelos Digitais de Superfície (MDS) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission Reflection Radiometer*) são disponibilizados gratuitamente para todo o mundo. Para o território brasileiro, existe um MDS com resolução espacial de aproximadamente 30 metros (1 segundo de arco), chamando de Topodata (INPE, 2008; Valeriano, 2008); fruto do refinamento do SRTM de 90 metros (3 segundos de arco).

Os modelos digitais de superfície são de grande relevância para diversas aplicações. Por exemplo, Merino *et al.* (2015), apresentam técnicas de realce e de integração de dados provenientes da missão SRTM com imagens orbitais óticas para aplicação em estudos geomorfológicos em grandes planícies fluviais, tendo como exemplo as planícies do Pantanal. Tais autores demonstram que, mesmo em áreas extremamente planas como o Pantanal, os processamentos adicionais melhoram a identificação de características morfológicas captadas por dados altimétricos. Outro exemplo de aplicação é o de Valeriano & Abdon (2007), os quais analisaram os dados SRTM aplicados à caracterização de fitofisionomias presentes do Pantanal. O intuito era o de explorar a sensibilidade dos dados SRTM a efeito de dossel para diferenciação de classes de vegetação em função de suas alturas predominantes entre as diversas fitofisionomias observadas na região do Pantanal.

Os dados do modelo digital de superfície do SRTM de 30 m começaram a ser disponibilizados para o Brasil no final do ano de 2014; até então, só se tinha acesso a dados com resolução espacial de 90 m, exceto para os EUA. Tendo em vista a recente disponibilização desses dados de 30 m para o Brasil, ainda existem poucos estudos relacionados à análise de sua acurácia altimétrica. Diante da grande necessidade de se analisar a acurácia dos Modelos Digitais de Superfície (MDS), para que se possa confiar nas informações extraídas, Pinheiro (2006) realizou uma análise comparativa de dados altimétricos derivados do SRTM e de cartas topográficas na escala de 1:50.000 da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) utilizando, para tanto, pontos de controle adquiridos com GPS (*Global Positioning System*). Pinheiro (2006) concluiu que,

após as devidas correções aos dados SRTM, as quais consistiram na interpolação por superfície de tendência para preenchimento das falhas existentes nos dados e conversão para valores inteiros, o SRTM apresenta resultados mais acurados se comparados ao Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado pelas cartas topográficas. Moura *et al.* (2014), também desenvolveram um trabalho nesse sentido, porém, realizaram a análise de acurácia de MDS, de abrangência global ou nacional, disponíveis gratuitamente na web: ASTER-GDEM (30 m), SRTM 4 (90 m), TOPODATA (30 m), HydroSHEDS (90 m) usando como referência um modelo oriundo de interpolação de mapeamento na escala 1:10.000. A análise de acurácia foi realizada seguindo o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD. A avaliação foi realizada nas bacias hidrográficas do Rio Paranoá e do Rio São Bartolomeu no Distrito Federal, com área correspondente a 1004,7 km<sup>2</sup> e 1579,2 km<sup>2</sup>, respectivamente.

A abordagem de se avaliar a acurácia de MDS usando pontos de controle (GCP) é bastante comum. Todavia, exige-se a coleta desses pontos diretamente em campo, o que aumenta as dificuldades de se realizar o trabalho e, por isso, na grande maioria, limita as análises de acurácia dos MDS a áreas de pequenas bacias hidrográficas. Sendo assim, este trabalho objetiva avaliar a acurácia altimétrica dos MDS SRTM 90 m, SRTM 30 m (Versão 4), Topodata e Aster GDEM, para o Estado de Mato Grosso do Sul (MS), adotando por referência altimétrica os marcos geodésicos (SAT) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A principal contribuição desse trabalho é, a partir da modelagem em três dimensões (3D), por meio dos MDS para o Pantanal, em especial no Pantanal da Nhecolândia, proporcionar a representação da geomorfologia da região, que tem como característica principal suas lagoas. A Nhecolândia é uma sub-região do Pantanal e abrange cerca de 14% de toda região pantaneira. Composta por mais de 17 mil lagoas, pouco se sabe sobre a origem dessa paisagem (OLIVEIRA *et al.*, 2011), o que demonstra a necessidade de estudos acerca dessa área.

Outra importante contribuição do presente trabalho é a análise de qualidade dos MDS do Estado

de Mato Grosso do Sul baseada no PEC-PCD, utilizando os marcos da rede geodésica (IBGE) do Estado como pontos de apoio. Isso permite verificar até qual escala de mapeamento os dados SRTM, Topodata e Aster podem ser utilizados.

O trabalho se viabiliza por duas grandes razões: primeiro, por haver uma vasta malha de GCP coletados por todo Estado de MS, o que permite a avaliação da acurácia altimétrica dos MDS em grandes áreas. Segundo, porque se tem a possibilidade de processamento e representação dos dados espaciais obtidos através dos MDS usando softwares livres. Assim, pode-se desenvolver uma análise otimizada e de baixo custo do espaço geográfico do Pantanal da Nhecolândia apresentando as características da paisagem em modelos 3D.

## 2 Materiais e Métodos

Para atingir o objetivo desse trabalho foram utilizados os MDS disponibilizados gratuitamente do SRTM 30 m (59 cenas), SRTM 90 m (4 cenas), Aster GDEM (51 cenas) e Topodata (29 cenas) para o Estado do Mato Grosso do Sul. Os MDS do SRTM 30 m e Aster GDEM são disponibilizados no site da USGS (U.S. Geological Survey) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>); o MDS SRTM 90 m é disponibilizado pelo site da CGIAR-CSI (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) e o Topodata no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>).

Após a obtenção dos dados, o passo seguinte consistiu em realizar o controle de qualidade dos mesmos, isso tanto para os dados SRTM (30 m e 90 m) quanto Topodata e Aster. Esse controle de qualidade foi baseado no PEC-PCD (CONCAR, 2011), a partir dos dados de altitude ortométrica de 134 marcos da rede geodésica distribuídos ao longo do Estado de Mato Grosso do Sul, cobrindo toda a área de estudo (Figura 1). Foram utilizados dados das estações SAT – GPS, as quais são estações planimétricas levantadas a partir de GPS em modo estático, disponibilizados no site do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia>) no sistema de referência SIRGAS 2000 (época 2000,4) e sistema de projeção UTM (Universal Transverso de Mercator). As altitudes ortométricas, da rede geodésica, foram calculadas utilizando o software MAPGEO 2015 do IBGE (IBGE, 2015). Utilizou-se

a altitude ortométrica por esta ser a disponibilizada nos modelos.

As coordenadas planialtimétricas (E, N) dos marcos da rede geodésica foram utilizadas para extrair, de modo automático, os valores de altimetria da região de estudo representados em cada MDS considerado. Para tanto, utilizou-se o software livre QGIS 2.8 (QGIS Development Team, 2015), através do seu algoritmo *Point sampling tool*, que permite a obtenção da altimetria com os valores do DN (*Digital Number*) dos MDS, usando um arquivo vetorial com as coordenadas dos marcos. A partir disso, foram calculadas as estatísticas descritivas Média e Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE, do inglês *Root Mean Square Error*) das discrepâncias para cada MDS. Todos esses cálculos, conforme já apresentado, foram realizados seguindo o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD (CONCAR, 2011).

Em ASPRS (2015) são apresentados os padrões de acurácia posicional para os dados geoespaciais digitais. Com relação a análise de qualidade de dados altimétricos oriundos de modelos digitais, deve-se realizar separadamente o controle para terreno vegetado e não vegetado. No presente estudo foi realizado o controle apenas para terreno não vegetado, onde se encontram os marcos geodésicos, o qual deve ser realizado com base no RMSE.

Após a avaliação da acurácia dos MDS por meio da aplicação do PEC, a etapa seguinte consistiu na interpretação destes no relevo do Pantanal, mais precisamente da sub-região da Nhecolândia. Para tanto, primeiramente, fez-se uma análise visual do relevo da região por meio da elaboração de um mapa hipsométrico, o qual, segundo Dent *et al.* (2009), consiste na representação do terreno (relevo) através de cores, sendo cada cor amostrada correspondente a uma cota altimétrica do terreno. O mapa hipsométrico foi elaborado a partir dos dados do MDS do SRTM 30 m. Isso porque, conforme apresentado na próxima seção, foi o MDS de melhor acurácia.

## 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 apresentam-se a média e raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE, do inglês *Root Mean Square Error*) das discrepâncias para cada MDS.

Análise da Acurácia Altimétrica dos Modelos Digitais de Superfície SRTM, Aster e Topodata e Aplicação na Representação 3D do Pantanal da Nhecolândia

Leandro Bonfietti Marini, José Marcato Junior, Ana Paula Marques Ramos, Antonio Conceição Paranhos Filho, Waleria Menezes Barros & Leandro Tsuneki Higa

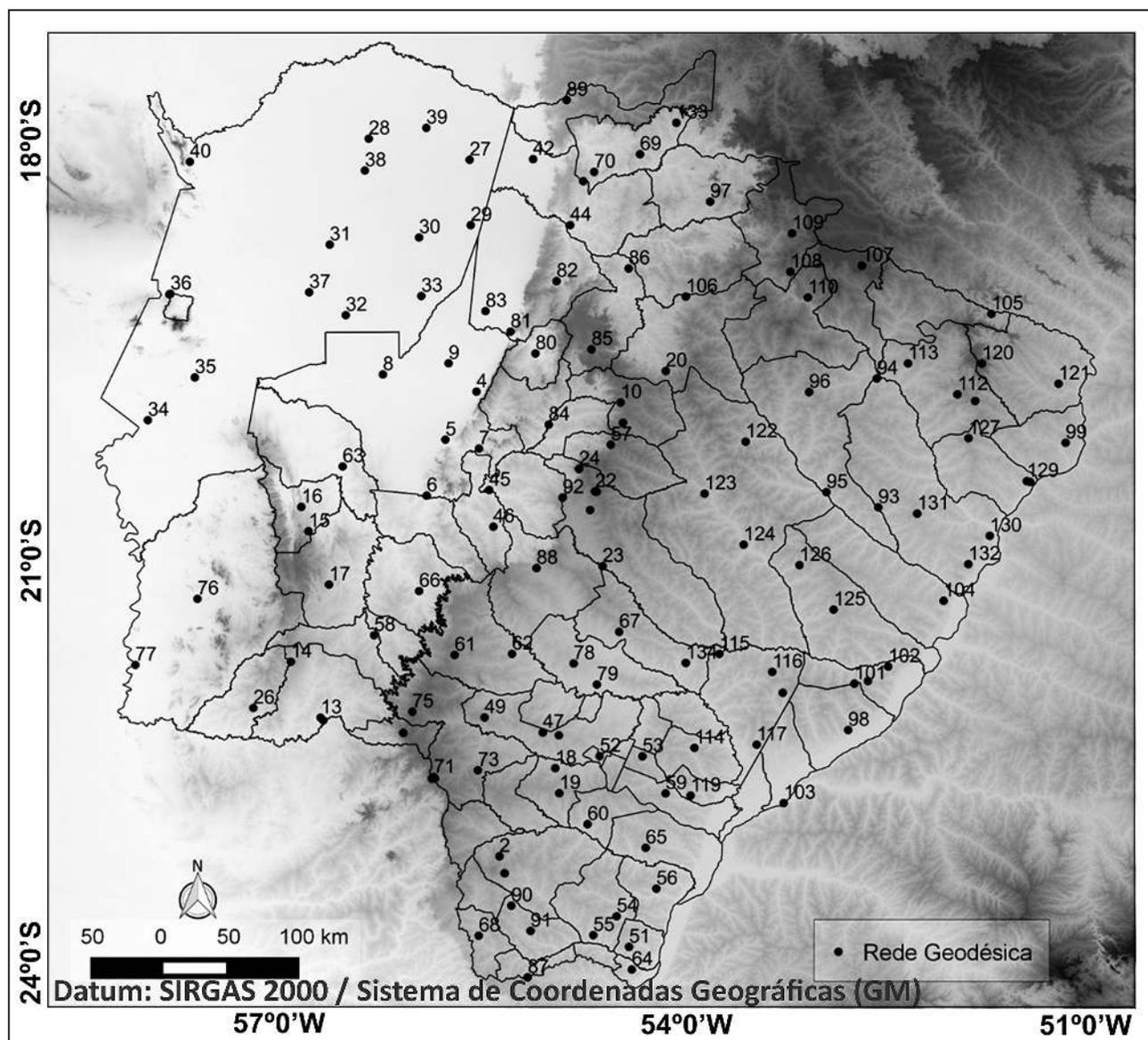


Figura 1 Marcos da rede geodésica do Estado de MS sobre o modelo SRTM 90m em tons de cinza.

Observa-se (Tabela 1) que a média das discrepâncias de todos os MDS tende ao valor zero. Verifica-se, também, por meio do RMSE, que os MDS SRTM (30 m e 90 m) e Topodata (30 m) apresentam maior acurácia altimétrica se comparados ao Aster GDEM (30 m). Vale lembrar que o MDS SRTM 90 m é fruto do SRTM 30 m e o Topodata é um refinamento do SRTM 90 m, sendo assim ambos apresentam a mesma base de dados brutos.

Nos casos de estudo, o MDS de maior acurácia altimétrica, conforme a Tabela 1, é o obtido pelo SRTM 30 m. Isso pode ser justificado pelo fato deste MDS não sofrer nenhum tipo de refinamento

	SRTM (30 m)	Topodata (30 m)	Aster GDEM (30 m)	SRTM (90 m)
Média	-0,45	-0,54	0,55	-0,35
RMSE	3,21	3,64	6,04	3,41

Tabela 1 Acurácia altimétrica dos MDS.

ou reamostragem, como é o caso do SRTM 90 m ou do Topodata.

O ASTER, mesmo com resolução espacial semelhante ao SRTM 30 m e Topodata, foi o modelo que apresentou a menor acurácia altimétrica,

apresentando o maior RMSE de discrepâncias altimétricas. Nesse contexto, Carmo *et al.* (2015) verificaram que, apesar de toda riqueza de dados, o ASTER GDEM não apresentou resultados satisfatórios em todas as escalas trabalhadas. O método de analisar a acurácia altimétrica do MDS utilizado os marcos da rede geodésica do IBGE (Estações SAT-GPS) otimiza o trabalho de campo e proporciona dados confiáveis em grande escala, neste caso o Estado de Mato Grosso do Sul. Vale ressaltar que os marcos da rede geodésica estão em áreas de céu aberto, sem a presença de árvores ou construções, o que faz com que as áreas dos marcos, teoricamente, não sofram influência do efeito dossel dos MDS, assim, diminuindo os erros.

Para finalizar a análise da acurácia dos MDS, aplicou-se o PEC-PCD para modelos digitais de elevação, no qual estabelece que 90% dos pontos (121 pontos) devem apresentar discrepâncias altimétricas iguais ou inferiores ao PEC-PCD (coluna 3 da Tabela 2), e que o RMSE (Tabela 1) deve ser menor que o Erro Padrão (coluna 2 da Tabela 2). Nesse trabalho, considerou-se apenas a classe A do PEC-PCD que exige uma maior acurácia.

Analisando a Tabela 2, verifica-se que ao considerar a escala 1:50.000 apenas o MDS SRTM (30 m) atende ao PEC-PCD classe A. O SRTM (90 m) e o Topodata apresentam discrepâncias inferiores ao PEC-PCD em mais de 90% dos pontos, respectivamente, para o PEC-PCD classe A para a mesma escala (1:50.000), entretanto, o RMSE de ambos MDS são superiores ao Erro-padrão desta escala, não atendendo assim os requisitos do PEC-PCD classe A. O Aster GDEM é o MDS que apresenta o menor percentual de pontos com discrepâncias inferiores ao PEC-PCD classe A, não atingindo os valores aceitáveis para a escala 1:50.000.

Escala	Erro-padrão (m)	PEC-PCD (m)	Porcentagem (%) de Pontos que Apresentam Discrepâncias Inferiores ao PEC-PCD			
			SRTM (30 m)	Topodata (30 m)	Aster GDEM (30 m)	SRTM (90 m)
1:25.000	1,670	2,700	73,13	74,62	42,53	70,14
1:50.000	3,330	5,500	94,03	91,04	71,64	93,28
1:100.000	8,330	13,700	99,25	98,50	97,01	99,25

Tabela 2 Análise da acurácia altimétrica dos MDS com base no PEC-PCD (Classe A).

Verifica-se também por meio da Tabela 2 que nenhum MDS é compatível com a escala 1:25.000 e que ao se considerar a escala 1:100.000, todos os MDS atingem o PEC-PCD classe A.

Após a análise da acurácia dos MDS, realizou-se a representação temática do Pantanal, com ênfase no Pantanal da Nhecolândia. No percurso analisado através do perfil longitudinal, tem-se que a variação de altitude é de aproximadamente 100 m em um trecho de pouco mais de 220 km. A declividade do terreno nesse percurso do perfil é de aproximadamente 0,04%, indicando que a região tem relevo suave. O mapa hipsométrico (Figura 3) mostra altitudes mais elevadas na direção leste da região, pois a borda leste do Pantanal é delimitada por uma escarpa no sentido Norte-Sul. Quando o Rio Taquari corta a escarpa no sentido Leste-Oeste e adentra na planície pantaneira, forma-se o leque aluvial do Rio Taquari (Assine, 2003), que tem com uma de suas regiões a Nhecolândia, ao sul se encontra o Rio Negro.

Com a hipsometria da Nhecolândia (Figura 2) se percebe que há pouca variação de altitude do relevo mesmo em percursos longos. Como a altimetria da região tem pouca amplitude, qualquer alteração de altitude, mesmo que pequena, é destacada nos MDS. O relevo sombreado foi capaz de detectar as lagoas (baías e salinas), bem como a vegetação e a vazante do Castelo (Figura 3).

As lagoas e vazante vetorizadas na imagem RapidEye coincidiram com as mesmas representadas no relevo sombreado, porém, a detecção das feições geomorfológicas da Nhecolândia foi facilitada por conta do efeito dossel gerado pela vegetação da região. Assim, as lagoas só foram amostradas no relevo sombreado quando em seu entorno possuía algum tipo de vegetação arbórea. Isso também ocorreu com a vazante do Castelo, que apresenta em ambos os lados vegetação mais densa como nas lagoas detectadas pelo sombreado.

Algumas lagoas de menor dimensão não foram detectadas pelo sombreado, o que pode ocorrer por conta da resolução espacial do SRTM (30 m). Ressalta-se que a imagem RapidEye possui resolução espacial de 5m e foi adquirida em 2013, enquanto o SRTM 30 m (utilizado para o sombreado) foi adquirido em 2000.

Figura 2 Mapa Hipsométrico da Nhecolândia feito a partir do MDS SRTM 30 m e o traçado do perfil longitudinal utilizado para identificar a amplitude do relevo na região. Limite da Nhecolândia estabelecido por Mito et al. (2012).

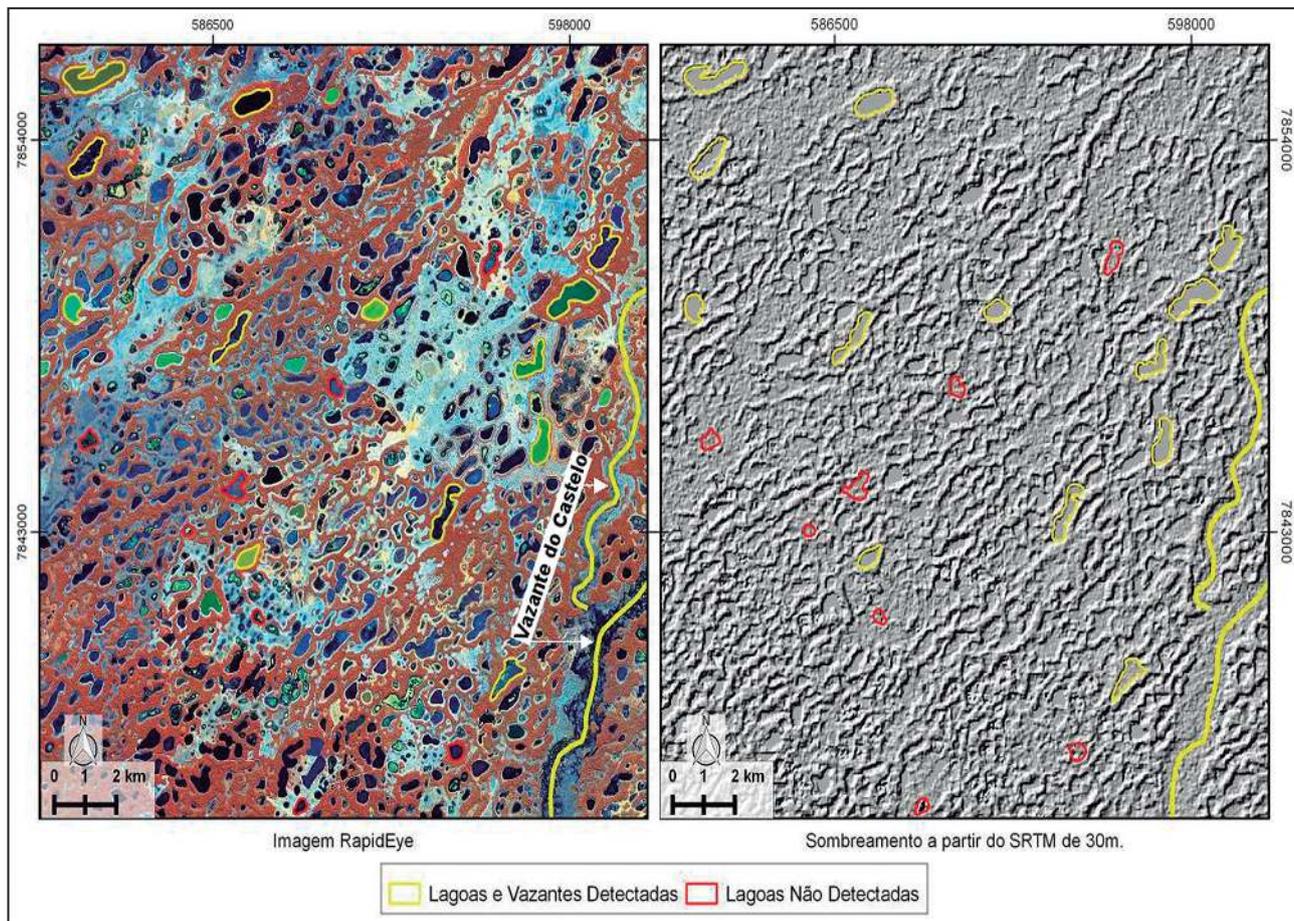
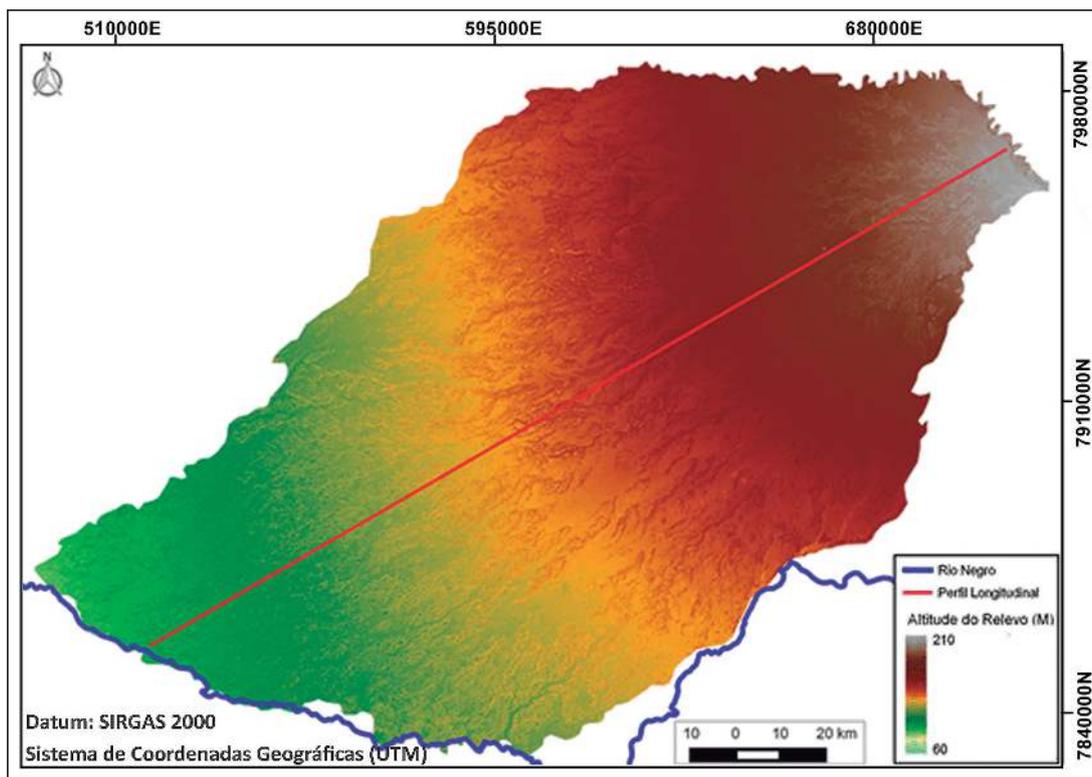


Figura 3 Análise comparativa da imagem RapidEye (de 2013) com o relevo sombreado do SRTM de 30 m de resolução espacial.

#### 4 Conclusões

Os MDS são de grande importância para inúmeras aplicações. Considerando o uso e a proporção de informações que estes dados oferecem, é indispensável à análise da sua acurácia altimétrica, principalmente para determinar qual modelo melhor se adequa a determinado uso e escala de trabalho. Os dados dos MDS são ainda de grande utilidade para análises do relevo, proporcionando uma vasta cobertura de informações altimétrica para todo território brasileiro, auxiliando em uma enorme quantidade de trabalhos nas mais variadas escalas.

A utilização dos marcos da rede geodésica do IBGE no Estado de Mato Grosso do Sul como pontos de controle altimétricos, possibilitou avaliar os MDS em uma área de aproximadamente 360.000 km<sup>2</sup> (área do Estado), sem qualquer tipo de trabalho de campo, proporcionando analisar os mais variados modelos em grandes escalas de trabalho.

Constatou-se que a média das discrepâncias dos MDS tendeu ao valor zero. Com a aplicação do PEC-PCD se determinou que o único modelo adequado para trabalhos em escalas de 1: 50.000 é o SRTM de 30 m, enquanto o SRTM 90 m, Topodata e ASTER não atingiram resultados satisfatórios ao considerar a classe A dessa escala. É importante ter conhecimento da acurácia altimétrica dos dados, para a determinação correta de qual MDS se adequa na escala de trabalho.

A representação do relevo da Nhecolândia a partir do uso de MDS possibilitou identificar pequenas variações de altitude do relevo, permitindo analisar regiões de lagoas e vazantes na Nhecolândia, que são os principais elementos da paisagem da região em estudo. Ressalta-se que muitas dessas feições só foram detectadas por conta do efeito dossel dos MDS, que utilizou a vegetação arbórea no entorno das lagoas e vazantes como uma elevação do relevo, assim evidenciando as mesmas.

A partir da análise comparativa entre o MDS (relevo sombreado) e a imagem RapidEye, verificou-se que ainda há muito o que se explorar com a união de ambos os dados.

#### 5 Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas PIBIC de Marini, AT/NS de Barros (p. 376635/2015-0), PQ de Paranhos Filho (p. 304122/2015-7) e pelo financiamento do projeto (P. 456149/2014-7). À FUNDECT pelo apoio à Higa e pelo financiamento do projeto (p. 59/300.066/2015).

#### 6 Referências

- ASPRS - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2015. ASPRS Positional Accuracy standards for Digital Geospatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. v.81, n. 3. p. A1-A26.
- Assine, M. L. 2003. *Sedimentação na bacia do pantanal mato-grossense, centro oeste do Brasil*. Rio Claro, SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Tese de Livre Docência, Rio Claro, 105p.
- Carmo, A. M.; Souto, M. V. S.; Duarte, C. R., 2015. Análise qualitativa e comparativa das variáveis morfométricas da região serrana da porção sul do maciço central do Ceará geradas através dos MDE: SRTM, ASTER GDEM E TOPODATA. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 2, n. 67/3.
- Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, 2011. *Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geospaciais Vetoriais (ET-ADGV) Versão 2.5*. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Brasil. 2.ed.
- Dent, B. D.; Torguson, J.; Hodler, T., 2009. *Cartography: Thematic Map Design*. 6nd ed. Boston: McGraw Hill Higher Education.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015. *Mapgeo 2015. Versão 1.1*. <[http://ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)>.
- Merino, E.R.; Pupim, F. N.; Macedo, H. A.; Assine, M. L., 2015. Realce e Integração de Imagens Orbitais Óticas com Dados SRTM para Mapeamento e Estudo de Grandes Planícies Fluviais: Exemplos no Pantanal. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, p. 49-62.
- Mioto, C. L.; Paranhos Filho, A. C.; Albrez, E. do A., 2012. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. *Revista Entre-Lugar (UFGD. Impresso)*, v. 3, p. 165-180.
- Miranda, E. E. de; (Coord.), 2005. *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download>>. Acesso em: 24 Abr. 2015.
- Moura, L. Z. ; de Souza Bias, E. ; Brites, R. S., 2014. Avaliação da acurácia vertical de modelos digitais de elevação (MDSs) nas bacias do Paranoá e São Bartolomeu. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n. 66/.
- National Aeronautics and Space Administration – NASA, 2013. *JPL (Jet Propulsion Laboratory)*. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em 24 Abr. 2013
- Pinheiro, E. S., 2006. Comparação entre dados altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, cartas topográficas e GPS: Numa área com relevo escarpado. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n. 58.
- QGIS Development Team, 2015. *QGIS Geographic Information System*. Versão 2.8 Wien. Open Source Geospatial Foundation Project. <<http://qgis.osgeo.org>>.
- Valeriano, M. M., 2008. *Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais*. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 72 p.
- Valeriano, M. M.; Abdon, M. M., 2007. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 59, n. 1.
- United States Geological Survey – USGS, 2015. *Global data explorer*. Disponível em: <<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>>. Acesso em 26 Abr. 2015.