



**Análise da Acurácia Altimétrica do Modelo  
Digital de Superfície ALOS AW3D30 para o Mato Grosso do Sul**  
Analysis of the Altimetric Accuracy of  
ALOS AW3D30 Digital Surface Model for Mato Grosso do Sul

Mauricio de Souza<sup>1</sup>; Ana Paula Marques Ramos<sup>2</sup> & José Marcato Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias,  
Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Cidade Universitária – Universitário, 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, 19067-175 - Presidente Prudente, SP, Brasil

E-mails: mauriciomdseng@gmail.com; anaramos@unoeste.br; jose.marcato@ufms.br

Recebido em: 03/05/2019 Aprovado em: 19/07/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_3\\_333\\_338](http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_333_338)

## Resumo

O Mato Grosso do Sul apresenta riquezas ambientais a se destacar. O Pantanal, como exemplo, é a maior área alagável do planeta e é considerado patrimônio natural da humanidade pela Unesco. Os MDS (Modelos Digitais de Superfície) são utilizados para diversas aplicações, no que tange a representação do terreno. Existem diversos MDS que são disponibilizados gratuitamente. Os dados do ALOS AW3D30 foram disponibilizados gratuitamente em maio de 2015, e são escassos os estudos visando sua validação. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a acurácia altimétrica do MDS ALOS AW3D30, para o Estado do Mato Grosso do Sul. Utilizamos dados de 167 estações SAT-GPS do IBGE como pontos de referência altimétrica. Para fins comparativos, utilizou-se o SRTM (30 m) versão 3, pois consiste em um dos MDS mais conhecidos, o qual apresentou resultados mais acurados em estudo anterior. Para desenvolver a análise dos MDS, aplicou-se o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD. Verificou-se que o MDS ALOS AW3D30 apresenta RMSE (Root Mean Square Error) menor que o SRTM, indicando que para os dados avaliados apresenta maior acurácia. Para o estado do Mato Grosso do Sul, conclui-se que a acurácia altimétrica dos dados do ALOS AW3D30, assim como aqueles do SRTM, têm acurácia compatível com a escala 1:50.000, classe A, PEC-PCD.

**Palavras-chave:** MDS; Padrão de Exatidão Cartográfica; Pantanal

## Abstract

Mato Grosso do Sul presents environmental riches to stand out. The Pantanal, for example, is the largest wetland on the planet and is considered a natural patrimony of humanity by Unesco. The DSM (Digital Surface Models) are used for various applications, in terms of terrain representation. There are several MDS's that are available for free. ALOS AW3D30 data was available for free in May 2015, and there are few studies to validate it. In this sense, the objective of this work was to evaluate the altimetric accuracy of the DSM ALOS AW3D30 for the State of Mato Grosso do Sul. We used data from 167 SAT-GPS stations of IBGE as altimetric reference points. For comparative purposes, the SRTM (30 m) version 3 was used, since it consists of one of the most known DSM, which presented more accurate results in a previous study. To develop the DSM analysis, the Cartographic Accuracy Standard for Digital Cartographic Products (PEC-PCD) was applied. We verified that the DSM ALOS AW3D30 presents RMSE (Root Mean Square Error) smaller than the SRTM, indicating that for the data evaluated presents greater accuracy. For the state of Mato Grosso do Sul, it is concluded that the altimetric accuracy of the ALOS AW3D30 data, as well as those of the SRTM, have accuracy compatible with the scale 1: 50,000, class A, PEC-PCD.

**Keywords:** DSM; Cartographic Accuracy Standard; Pantanal

## 1 Introdução

O Mato Grosso do Sul apresenta riquezas ambientais significativas. O Pantanal, zona úmida, é considerado um dos maiores pântanos do planeta, tomado como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal (Brasil, 1988), estando localizado no centro da América do Sul, entre Brasil, Bolívia e Paraguai. A maior porção do Pantanal está no Brasil, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

As zonas úmidas são ecossistemas transacionais entre terra e água e promovem vários serviços essenciais, como controle de inundação, regulação do clima, estoque de carbono, abastece aquíferos, e gerencia a biodiversidade (Evans *et al.*, 2010). São filtro de água natural, melhoram a qualidade da água, possibilitando o habitat de um vasto número da fauna e flora (Keddy *et al.*, 2009).

Os Modelos Digitais de Superfície (MDS) são uma importante forma de representar variações altimétricas da superfície da Terra. Os MDS podem ser usados em diversas aplicações, como: mapeamento digital de solos (Chagas *et al.*, 2010), geomorfologia (Grohmann *et al.*, 2008), planejamento da colheita florestal (Ferreira *et al.*, 2017), mapeamento de área de preservação permanente (APP) de hidrografias e gestão de bacia hidrográfica (Teruya Junior *et al.*, 2016). Tem-se alguns MDS globais, de livre acesso, dentre eles o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m e o ASTER GDEM, com resolução espacial de 30 m. A partir de maio de 2015, passou, também, a serem disponibilizados gratuitamente os dados do MDS “ALOS World 3D-30 (AW3D30)”, que é extraído das cenas adquiridas pelo sensor estéreo pancromático PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*), cuja resolução espacial é de 30 m (JAXA, 2015).

Santillan *et al.* (2016) avaliaram o ALOS AW3D30 nas Filipinas, e verificou um RMSE (*Root Mean Square Error*) de aproximadamente 5,68 m. Tian *et al.* (2018) compararam o ALOS AW3D30 com o SRTM para duas regiões na China, uma montanhosa e outra baixo relevo, obtiveram RMSE de 9,535 e 2,252 m, sendo que o SRTM apresentou RMSE de 10,928 e 2,619 m, respectivamente.

Marini *et al.* (2017) avaliou a acurácia dos seguintes MDS: SRTM (30 m), Topodata (30 m), Aster GDEM (30 m) e SRTM (90 m), e verificou que apenas o SRTM (30 m) apresentou resultados compatíveis com a escala 1:50.000, PEC-PCD classe A. Todavia, até o momento, não se sabe de trabalhos que avaliaram os dados do MDS ALOS AW3D30 no Brasil. Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo avaliar a acurácia altimétrica do ALOS AW3D30, para o Estado do Mato Grosso do Sul, e comparar os resultados com aqueles obtidos por Marini *et al.* (2017) ao considerar o SRTM.

## 2 Materiais e Métodos

Para validar a acurácia altimétrica do MDS foram utilizados como referência dados do IBGE (seção 2.1). Os modelos digitais de superfície utilizados (ALOS AW3D30 e SRTM) no experimento são descritos na seção 2.2, e por fim, na seção 2.3, apresenta-se o procedimento adotado na validação do modelo.

### 2.1 Dados Altimétricos de Referência

Utilizamos dados planialtimétricos das estações SAT-GPS do IBGE, levantados em modo estático por GPS (Global Positioning System), que estão disponíveis na página <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia>. Para o Estado do Mato Grosso do Sul, encontramos 167 pontos SAT-GPS homogeneamente distribuídos (Figura 1).

### 2.2 Modelos Digitais de Superfície

Avaliamos a acurácia altimétrica do MDS ALOS AW3D30 e SRTM 30 m. O satélite ALOS dispõe do instrumento PRISM, que é um conjunto de sensores ópticos pancromáticos que coletam dados em três posições (Figura 2.A): *nadir* – (NDR), *forward* – (FWD) e *backward* – (BWD), com resolução espacial de 2,5 m na posição nadir, em uma faixa de 35 km no modo de observação triplo (OB1). Também permite obter imagens NDR e BWD no modo de observação estéreo (OB2), como mostra a Figura 2.B, destas imagens é extraído o MDS (EORC/JAXA, 2007). Durante os 5 anos de operação, de

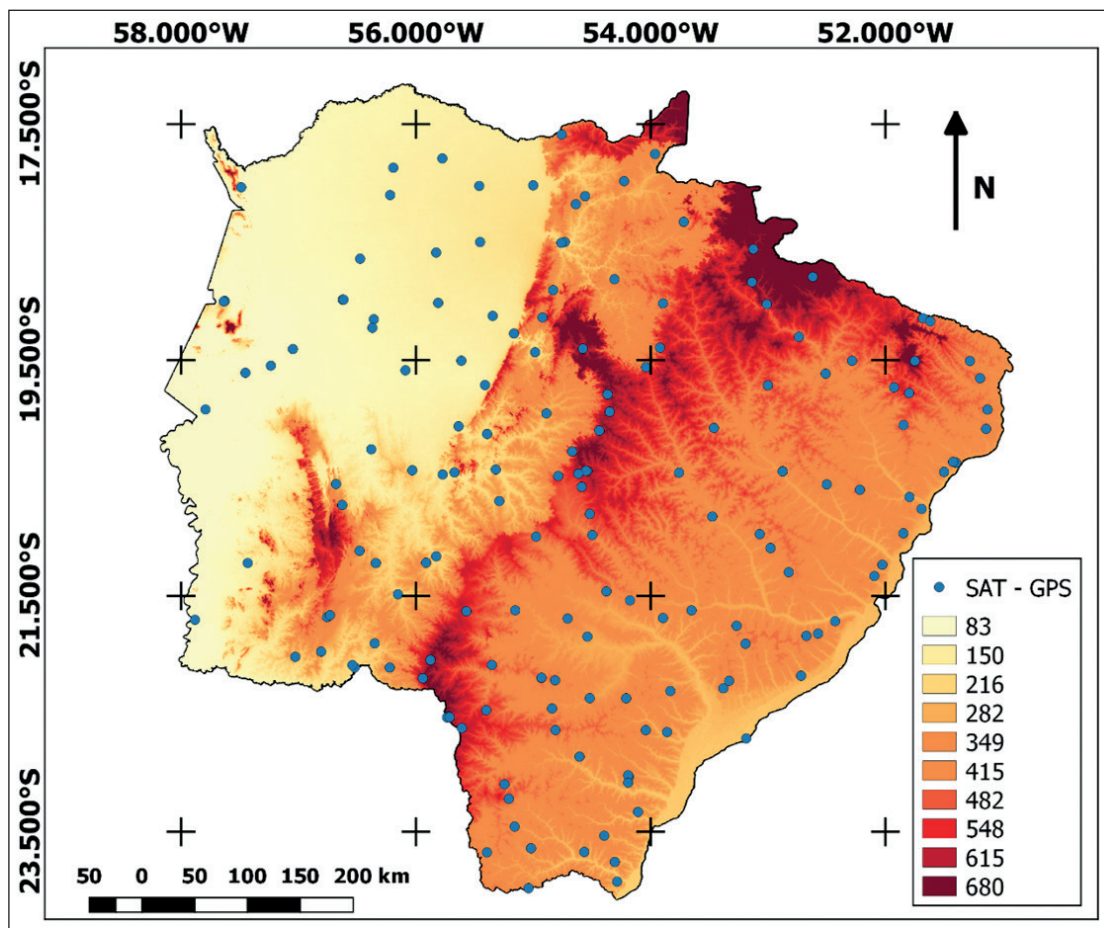


Figura 1 Área de Estudo: Mato Grosso do Sul. Mosaico das cenas do SRTM classificado pela altitude com a indicação das estações SAT-GPS.

2006 até 2011, foi possível obter um grande número de imagens, que através de um processamento semi-automático, gerou um MDS “AW3D” com resolu-

ção de 5 m, através de processos de reamostragem foi gerado o “AW3D30”, esse com resolução espacial de 30 m e RMSE inferior a 5 m (JAXA, 2015).

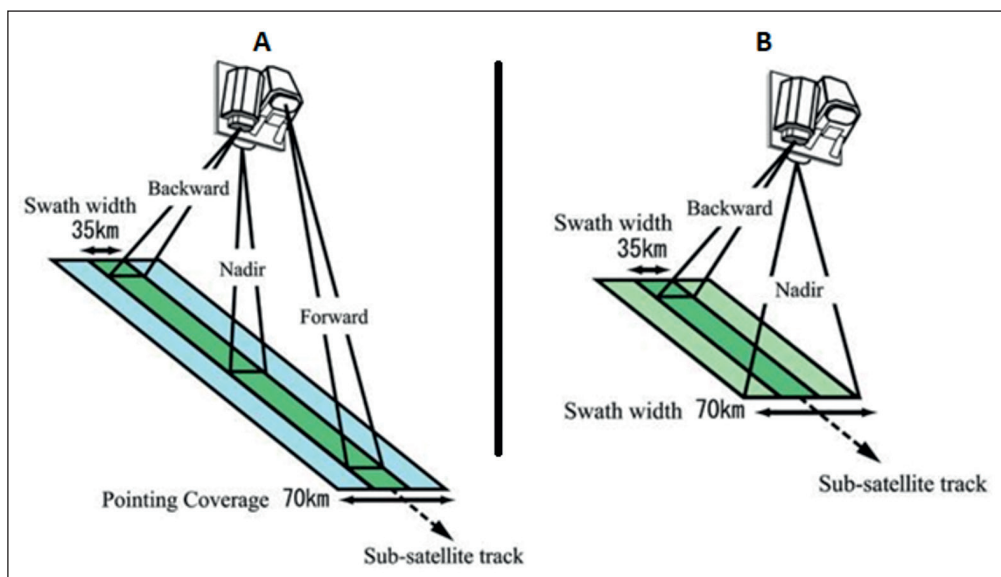


Figura 2 Observação das geometrias do PRISM: A, modo de observação triplo (OB1), e B, modo de observação estéreo (OB2). Fonte: EORC/JAXA, 2007.

O ALOS AW3D30 foi desenvolvido pela *Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA*, e sua referência altimétrica é o elipsóide (GRS80), sendo seus dados disponíveis pela *Earth Observation Research Center – EORC*, no link: <http://www.eorc.jaxa.jp/>.

As instituições *National Imagery and Mapping Agency (NIMA)* e a *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* foram responsáveis pela missão SRTM. Os dados de radar foram coletados durante 11 dias no ano de 2000, a bordo da nave espacial Endeavour (Purinton & Bookhagen, 2017). A terceira versão possui resolução espacial de 30 m, sua referência altimétrica é o geóide (EGM96) e está disponível no link: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

## 2.4 Validação dos Modelos Digitais de Superfície

Para avaliar o MDS SRTM foi necessário converter as altitudes das estações SAT-GPS para ortométrica (Geóide como referência), no software MAPGEO 2015 do IBGE (IBGE, 2015). Já o MDS ALOS AW3D30 e os dados do SAT-GPS estão com a mesma referência (elipsóide).

Avaliamos a discrepância dos MDS, utilizando como referência os dados do SAT - GPS (HMDS), em termos de RMSE (*Root Mean Square Error*), média e desvio padrão (Des. P.).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H MDS_i - H_i)^2} \quad (1)$$

$$Média = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H MDS_i - H_i) \quad (2)$$

$$Des. P. = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((H MDS_i - H_i) - Média)^2} \quad (3)$$

Em que,  $i$  varia de 1 até o número de pontos ( $n$ ).

Os MDS foram avaliados utilizando o Padrão de Exatidão Cartográfica brasileira para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD) (DSG, 2011), na qual se classifica os MDS em diferentes escalas (1: 100.000; 1: 50.000; 1: 25.000; etc) e classes A, B, C e D, conforme a Tabela 1.

PEC-PCD	1:25.000		1:50.000		1:100.000	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33
B	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66
C	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00
D	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00

Tabela 1 Padrão de exatidão cartográfica para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD) valores para as escalas 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000. Erro Padrão (EP) (DSG, 2011).

Para que o MDS seja classificado como classe A na escala 1: 50.000, por exemplo, deve possuir RMSE inferior ao Erro Padrão (EP) de 3,33 m e 90% dos erros (discrepância entre as altitudes de referência e as representadas no MDS) devem ser inferiores a 5,50 m.

## 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados para ambos os MDS que avaliamos. Nota-se que para todas as métricas de análise o ALOS AW3D30 apresentou resultados melhores, exceto no desvio-padrão. A média para o ALOS AW3D30 foi em torno de zero, já o SRTM teve média de 57 centímetros, o que indica que os dados ALOS AW3D30 não possuem erro sistemático. O desvio-padrão foi menor para o MDS do SRTM, indicando que as discrepâncias para esse modelo estão mais próximas da média das discrepâncias. No entanto, o desvio-padrão não consiste em uma métrica de acurácia, e sim de precisão. O RMSE (métrica de acurácia) para o ALOS AW3D30 foi de 2,59 m e para o SRTM 3,22 m, portanto, constatamos que o primeiro é mais acurado. Analisando os valores de discrepâncias mínima e máxima, o ALOS AW3D30 apresenta as menores discrepâncias (Tabela 2).

	ALOS AW3D30	SRTM
Máxima	12,10	18,66
Mínima	-5,42	-6,85
Média	-0,01	-0,57
Des. P.	2,60	2,07
RMSE	2,59	3,22

Tabela 2 Análise dos MDS: discrepâncias mínima, máxima, desvio padrão (Des. P.) e RMSE entre os MDS e os dados do IBGE.

A avaliação da PEC-PCD se dá em duas etapas. Na primeira, calculamos o RMSE para cada

MDS e o comparamos com o erro padrão em função da escala de interesse. Os RMSE dos modelos foram de 2,29 e 3,22 m, e o erro-padrão para a escala 1:50.000 é de 3,33m (Tabela 1). Constatamos por esse critério que ambos os MDS atendem a escala de 1:50.000, classe A.

A Tabela 3 apresenta a percentagem de observações, que apresentam discrepâncias menores que o limite da PEC-PCD, para cada MDS.

Escala	Erro-Padrão (m)	PEC-PCD (m)	Porcentagem (%) de pontos que apresentam discrepâncias inferiores ao PEC-PCD	
			ALOS AW3D30	SRTM
1:25.000	1,67	2,70	92,22	72,45
1:50.000	3,33	5,50	95,81	93,41
1:100.000	8,33	13,70	100,00	99,40

Tabela 3 Verificação da acurácia altimétrica dos MDS, com base na PEC-PCD Classe A.

Na segunda etapa, Tabela 3, verificamos se pelo menos 90% dos pontos analisados têm discrepâncias inferiores ao valor do PEC-PCD (Tabela 1) para a escala de interesse. Nesta etapa o ALOS AW3D30 atende a classificação 1:25.000, classe A. Já o SRTM se classifica na escala de 1:50.000, classe A. Os dois MDS, segundo o PEC-PCD/classe A, podem ser utilizados para escalas 1:50.000 e menores.

#### 4 Conclusões

Com o desenvolvimento deste trabalho conclui-se que a acurácia altimétrica do ALOS AW3D30, está alinhado com a afirmação da EORC/JAXA, que a acurácia altimétrica (RMSE) do modelo é superior a 5 m.

Para o Estado do Mato Grosso do Sul, pode-se notar que 90% das discrepâncias, entre os dados do IBGE e o ALOS AW3D30, estão abaixo de 2,7 m.

Ao comparar com o SRTM, verifica-se um RMSE menor, porém para ambos os MDS a adequação na PEC-PCD é na mesma escala, de 1: 50.000 classe A.

Para trabalhos futuros, pode-se aplicar este mesmo procedimento utilizando dados GNSS com a

finalidade de avaliar os MDS no contexto de bacias hidrográficas urbanas.

#### 5 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com financiamento de projeto de pesquisa pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior à Brasil (Capes), no âmbito do Programa Capes-PrInt. Assim como pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) (p. 456149/2014-7 e p. 433783/2018-4) e FUNDECT (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul) (p. 59/300.066/2015).

#### 6 Referências

- BRASIL, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, 5 de outubro.
- Chagas, C.S.; Fernandes Filho, E.I.; Rocha, M.F.; Carvalho Júnior, W. & Souza Neto, N.C. 2010. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 218-226.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. 2011. *Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais - ET-ADGV*. 2 ed. 254p. Disponível em <[http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET\\_ADGV\\_Vs\\_2\\_1\\_3.pdf](http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf)>. Acessado em: 18 jun. 2018.
- EORC/JAXA – Earth Observation Research Center/Japan Aerospace Exploration Agency. 2007. *About ALOS*. Disponível em: <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/prism.htm>>. Acessado em: 18 dez. 2018.
- Evans, T.L.; Costa, M.; Telmer, K. & Silva, T.S. 2010. Using ALOS/PALSAR and RADARSAT-2 to map land cover and seasonal inundation in the Brazilian Pantanal. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3(4): 560-575.
- Ferreira, F.A.C.; Leite, E.S.; Freitas, L.C. & Virgens, A.P. 2017. Potencial de krigagem em modelos digitais de elevação para o planejamento da colheita florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37: 579-586.
- Grohmann, C.H.; Riccomini, C. & Steiner, S.S. 2008. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2(2): 73-83.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. *Mapeo 2015*. Versão 1.1. <[http://ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. *Geodésia*. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>>. Acesso em 19 Mar. 2018.
- JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency. 2015. ALOS Global Digital Surface Model “ALOS World 3D - 30m (AW3D30)”. Disponível em: <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>>. Acesso em 15 Nov. 2017.
- Keddy, P.A.; Fraser, L.H.; Solomeshch, A.I.; Junk, W.J.; Campbell, D.R.; Arroyo, M.T. & Alho, C.J. 2009. Wet and

- wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities. *Bioscience*, 59(1): 39-51.
- Marini, L.B.; Marcato Junior, J.; Ramos, A.P.M.; Paranhos Filho, A.C.; Barros, W.M. & Higa, L.T. 2017. Análise da Acurácia Altimétrica dos Modelos Digitais de Superfície SRTM, Aster e Topodata e Aplicação na Representação 3D do Pantanal da Nhecolândia. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40: 48-54.
- Purinton, B., & Bookhagen, B. 2017. Validation of digital elevation models (DEMs) and comparison of geomorphic metrics on the southern Central Andean Plateau. *Earth Surface Dynamics*, 5(2): 211-237.
- Santillan, J.R.; Makinano-Santillan, M. & Makinano, R.M. 2016. Vertical accuracy assessment of ALOS World 3D-30M Digital Elevation Model over northeastern Mindanao, Philippines. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS). IEEE International. p. 5374-5377.
- Teruya Junior, H.; Lastoria, G.; Paranhos Filho, A.C.; Dalmas, F.B. & Correa, L.C. 2016. Mapeamento das APP's de hidrografia e declividade como subsídio a gestão da bacia hidrografia do Rio Formoso (Mato Grosso do Sul). *Revista Geociências*, 15(2): 128-140.
- Tian, Y.; Lei, S.; Bian, Z.; Lu, J.; Zhang, S. & Fang, J. 2018. Improving the Accuracy of Open Source Digital Elevation Models with Multi-Scale Fusion and a Slope Position-Based Linear Regression Method. *Remote Sensing*, 10(12): 1861.
- USGS - United States Geological Survey. 2018. *EarthExplorer*. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 26 Fev. 2018.