



**Obtenção de MDE Corrigido para Delimitação de
Bacia Hidrográfica com Auxílio de Geotecnologias Livres**

Obtaining of Corrected DEM to Watershed Delimitation With the aid of Free Geotechnologies

Nelson Ferreira Correa¹; Vinícius de Oliveira Ribeiro¹;
Camila Leonardo Miotto² & Antonio Conceição Paranhos Filho²

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,

Laboratório de Modelagem Computacional em Saneamento e Geotecnologias, Anexo Bloco B, Rodovia Dourados-Itahum Km 12,
Cidade Universitária, 79804-970 Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicação
Ambiental, Unidade 7A, Cidade Universitária, 78720-100, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mails: nelson_ferreira@hotmail.com;

viniciusoribeiro@yahoo.com.br; ea.miotto@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Recebido em: 16/12/2016 Aprovado em: 10/10/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_217_225

Resumo

No Brasil, a Política Nacional dos Recursos Hídricos estabelece que a unidade fundamental de gestão dos recursos hídricos é a Bacia Hidrográfica. Assim o trabalho inicial, antes das atividades de monitoramento de uso e ocupação do solo e outras afins, no âmbito da bacia, passa pela delimitação de seus limites fisiográficos. O emprego das geotecnologias permite a interpretação de um conjunto de dados para que seja possível a modelagem da delimitação da bacia hidrográfica utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) livres imagens de satélite gratuitas. Contudo, a presença de vegetação densa promove a geração de falsos picos, conduzindo a modelagem de falsos segmentos de fluxo, afetando diretamente a modelagem do limite da Bacia Hidrográfica. Este trabalho teve como objetivo a obtenção de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de Modelo Digital de Superfície (MDS) - SRTM visando à delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce (Dourados/MS) com auxílio do software QGIS (QGIS Development Team, 2015). Como resultado, observou-se que a correção altimétrica do MDS, com auxílio da interpretação de imagens orbitais (imagem Landsat 8 órbita/ponto 224/75 de 2015) e dados de levantamento de campo, promoveu a obtenção de um Modelo Digital de Elevação que representa com maior acurácia o relevo e os limites fisiográficos da área de estudo, podendo servir melhor para embasamento nas futuras análises que necessitem desta informação, como em morfometria e monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas; Modelo Digital de Elevação; Modelo Digital de Superfície; SIG

Abstract

In Brazil, the National Water Resources Policy establishes that the basic unit of water resources management is the watershed. So the initial work, before the monitoring of the land use activities and the correlated ones, considering the basin, passes through the delimitation of its physiographic limits. Geotechnologies allow the interpretation of a set of data being possible the watershed delimitation modeling using free Geographic Information Systems (GIS) and free satellite images. However, the presence of dense vegetation promotes the generation of false peaks, leading to false modeling of flow segments, affecting directly the boundary basin modeling. This study aimed to correct the altimetry of a Digital Elevation Model (DEM) from Digital Surface Model (DSM) in order to delimit the watershed of Laranja Doce stream (Dourados/MS) with the aid of free software Quantum Gis (QGIS Development Team, 2015). As a result, it was observed that the DSM altimetric correction with the aid of photo-interpretation (Landsat 8 image, path/row 224/75, 2015) and field survey data, promoted a DEM model that represents accurately the relief and physiographic boundaries of the study area and can be used for future analyzes that require this information, as in morphometry and environmental monitoring.

Keywords: Watershed; Digital Elevation Model (DEM); Digital Surface Model (DSM); GIS

1 Introdução

A questão hídrica vem gerando conflitos inter-regionais e internacionais por conta do desequilíbrio entre a disponibilidade e demanda oriunda dos usos múltiplos dos cursos d'água, além da degradação das águas superficiais e subterrâneas, demandando a necessidade de inovações com relação à gestão e práticas sobre este recurso natural limitado (Pereira *et al.*, 2002).

Tucci (1997) ressalta que a qualidade das águas superficiais e subterrâneas de uma bacia hidrográfica são uma função direta de seus usos e ocupação do solo. Por tal, são os usuários residentes nesta unidade fisiográfica os primeiros a influenciar e a sentir as alterações na qualidade e quantidade dos recursos hídricos onde residem.

Sob esta ótica, no Brasil, a unidade territorial fundamental para gestão dos recursos hídricos, estabelecido por meio da Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997) são as bacias hidrográficas.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento foi feita para atribuir maior base ambiental para o gerenciamento de forma que as unidades político-administrativas se obrigassem a executar ações coordenadas e integradas com base técnica para defenderem os interesses comuns (Silva, 2005).

Segundo Santana (2003) o tamanho e os limites da bacia são importantes para determinar parâmetros do recurso d'água como total anual e potencial de enchente, para avaliar como, quando e onde aplicar medidas de manejo para o controle da qualidade da água, a quantidade ou o regime. O tamanho de uma bacia é uma consideração essencial no comportamento hidrológico, sendo um dos parâmetros mais difíceis de modelar.

O maior problema na obtenção manual dos limites de bacia é o caráter subjetivo utilizado na sua obtenção. Isto tem feito com que diferentes operadores obtenham diferentes limites, sem, contudo haver necessariamente erro de algum deles (Torres, 2007).

Os Modelos digitais de terreno (MDT) ou Modelos Numéricos de Terreno (MNT), inicialmente utilizados no MIT (*Massachusetts*

Institute of Technology) por volta dos anos 1955, são uma forma de representação numérica/ matemática de uma característica ou fenômeno espacial ambiental e que na atualidade não traduz apenas a superfície altimétrica do terreno (Rocha, 2000). Segundo Paranhos Filho *et al.* (2016), o MDT que reflete especificamente a superfície topográfica do terreno é chamado de Modelo Digital de Elevação (MDE). Já os Modelos Digitais de Superfície (MDS) representam a superfície do terreno acrescida de quaisquer objetos existentes sobre ela e que influenciem no valor da reflectância do pixel (como dosséis de vegetação, construções, etc.).

Através da utilização das ferramentas de geotecnologias (cartografia, sensoriamento remoto, GPS e Sistemas de Informação Geográfica – SIG), permite-se delimitar e avaliar os divisores de bacias hidrográficas obtidas a partir de dados de elevação, dentre os mais utilizados os da missão *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM (Farr *et al.*, 2007). A utilização de técnicas automáticas permite a delimitação dos divisores de bacia de modo eficiente com mínima interferência do operador, salvo na análise dos semivariogramas (Torres, 2007).

Entretanto, Valeriano (2006) confirma que os dados originais do SRTM com resolução espacial de 90 metros apresentam capacidade limitada para modelar características de drenagem de locais muito planos, onde é necessária uma interpretação visual do mesmo. Além de que as condições de dosséis presentes na imagem devem ser contabilizadas para realização da modelagem (delimitação de bacia hidrográfica, por exemplo) em áreas florestadas.

Ponto importante a salientar sobre os dados SRTM, é que por terem sido gerados com interferometria de radar das bandas C e X, os valores de elevação só representam o terreno em espaços abertos. Em áreas com vegetação, as ondas de radar (nesses comprimentos de onda) não penetram no dossel das árvores, então a elevação do SRTM é a de uma superfície que passa perto do topo do dossel. Desse modo, não é correto dizer que o SRTM seja um MDE, mas sim um MDS (Grohmann, 2015).

Este trabalho tem como objetivo a obtenção de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de dados de elevação SRTM visando à delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce (Dourados/MS), utilizando software livre.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento da pesquisa refere-se à Bacia Hidrográfica (BH) do Córrego Laranja Doce, situada em Dourados/MS. O município, localizado no Centro Sul de Mato Grosso do Sul, possui uma população de aproximadamente 215 mil habitantes (2ª maior do estado) (IBGE, 2016). A bacia hidrográfica em questão apresenta alta ocupação antrópica em sua região de montante, localizada no perímetro urbano do município, além de receber efluentes de duas das estações de tratamento de esgoto. O córrego tem suas nascentes localizadas em Dourados e sua foz deságua no rio Brilhante, tendo sua área de localização conforme ilustrado na Figura 1.

2.2 Aquisição de Dados

Neste estudo, foram utilizadas uma imagem do satélite Landsat 8 TM (USGS, 2015) bandas 5-4-2, órbita-ponto 224/75, com data de passagem em 28 de fevereiro de 2014, dados de elevação *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM 4 (GLCF, 2015) e do banco de dados geomorfométricos do Brasil - TOPODATA (INPE, 2009) e a carta topográfica oficial Dourados, escala 1:100.000,

elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979). Todos convertidos para o Datum SIRGAS 2000, aferidos com pontos de controle de campo obtidos por GPS de navegação Garmin 76 CSx, com precisão esperada de ≤ 10 metros, no modo de obtenção de *waypoints*.

Os dados vetoriais (pontos, linhas e linhas fechadas), em formato *shapefile* (Esri, 1997), representativos das rodovias, limite político administrativo do Estado de Mato Grosso do Sul e do Município de Dourados foram obtidos no Sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). Estes dados serviram de base para delimitação do espaço a ser trabalhado em planta.

2.3 Delimitação de Bacia Hidrográfica com Uso dos Modelos SRTM e Topodata

Inicialmente, objetivou-se remoção de elevações espúrias e células sem valor dos dados altimétricos SRTM 4 e Topodata, através da aplicação do *plugin resample*, disponível no SIG livre QGIS 2.8.2 (QGIS Development Team, 2015), reamostrando-os para uma resolução espacial de 30 metros. Na sequência efetuou-se a delimitação automática da Bacia Hidrográfica-BH do córrego Laranja Doce, paralelamente, a partir dos SRTM 4 e Topodata já reamostrados.

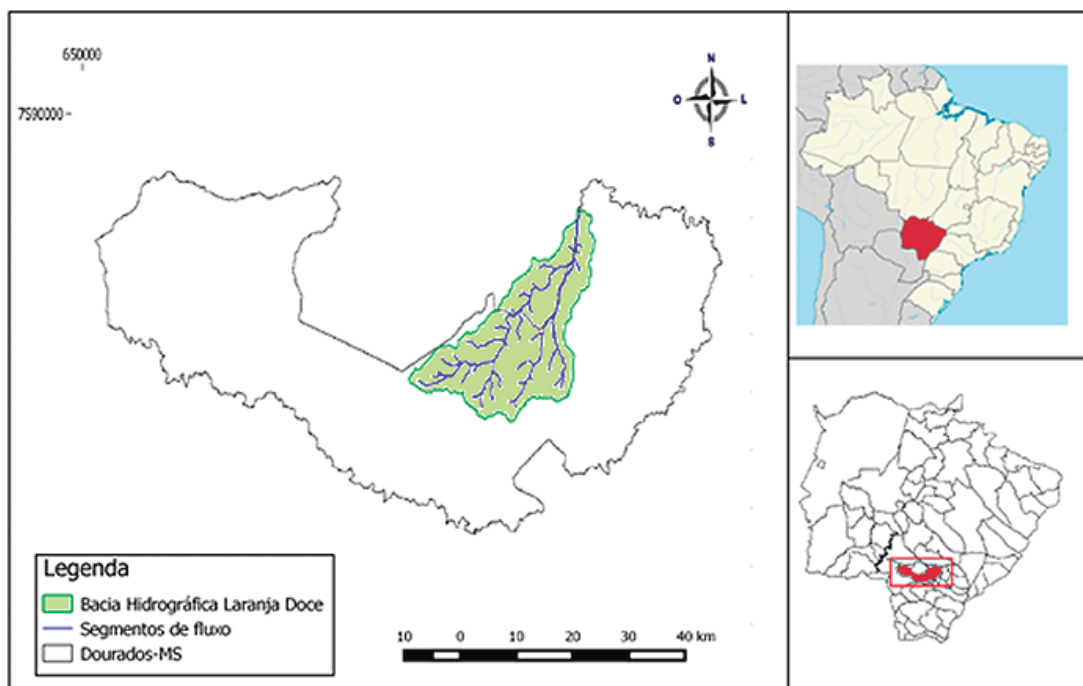


Figura 1 Área de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, em Dourados/MS.

O processo da delimitação automática, para os dois MDS, foi efetuado através do uso do pacote de algoritmos de modelamento hidrológico no pacote de algoritmos do GRASS, instalado no QGIS 2.8.2 (QGIS Development Team, 2015). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo, direções de drenagem e a respectiva área de influência da referida bacia, permitindo assim o cálculo de área e perímetro (Figura 2).

2.4 Obtenção de MDE a partir do MDS SRTM

De acordo com Valeriano (2012) os dados originais do SRTM podem apresentar limitações decorrentes a inconsistências no levantamento do sensor (presença de vegetação, interferência no sensor, etc.).

Assim efetuou-se a comparação das redes de drenagem geradas pelos MDS reamostrado, os cursos d'água extraídos da carta Dourados (DSG, 1979) e fotointerpretação da Imagem Landsat 8 (GLCF, 2015). Nas visitas *in loco* para avaliação da acurácia dos modelos gerados, buscou-se observar possíveis discrepâncias nos limites gerados para a área de estudo.

Complementarmente, a fim de se obter um MDE mais condizente com a realidade prática, buscou-se ainda efetuar um processo de correção do mesmo de maneira mais refinada que somente a reamostragem inicial.

Para a realização deste, inicialmente efetuou-se a fotointerpretação da imagem de satélite Landsat 8, conjuntamente com as curvas de nível geradas a partir do MDS SRTM 4 (espaçamento de 5 metros), e das curvas constantes na Carta Dourados, com a finalidade de identificação de pontos discrepantes nos quais a vegetação e ou relevo planos influenciaram nos dados altimétricos, implicando em equívocos no traçado do divisor, bem como no delineamento dos segmentos de fluxos gerados, de maneira análoga aos resultados elencados nos trabalhos de Valeriano (2006), Teske *et al.* (2014) e Grohmann (2015).

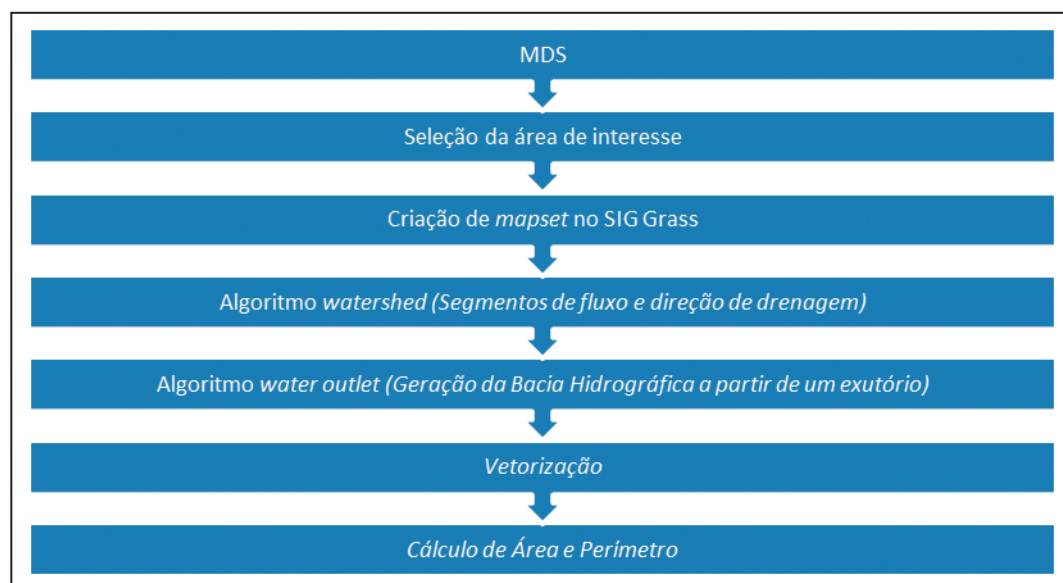
Posteriormente, novas visitas foram realizadas aos locais considerados críticos pela fotointerpretação a fim de se identificar a altimetria média dos maciços florestais (utilizando-se do hipsômetro). Efetuou-se também levantamento planialtimétrico na região da foz do córrego e em pontos de elevação do talude da rodovia BR/163 que cortam o limite da bacia, com GPS RTK no modo estático com a utilização de receptores de precisão geodésica, ou seja, receptores de dupla frequência.

Por fim, foi realizada a readequação das curvas de nível do MDS SRTM reamostrado, com base nos dados do levantamento de campo e demais planos de informação, em QGIS 2.8.2, para obtenção de um Modelo Digital de Elevação.

3 Resultados e Discussões

Com as três delimitações da Bacia Hidrográfica a partir do MDS SRTM, MDS TOPODATA, ambos

Figura 2 Fluxograma para delimitação de Bacia Hidrográfica pelo QGIS 2.8.2 (QGIS Development, 2015).



reamostrados e o MDE Corrigido, foi possível realizar análise comparativa entre os mesmos, abrangendo os parâmetros de área, perímetro, interferência altimétrica da vegetação na modelagem dos segmentos de fluxo e consequente delimitação.

Leckie & Ranson (1998) ressaltam que, dentre os diversos fatores intervenientes do sinal do radar para construção da imagem, a presença de maciços florestais densos (artefatos) levam a obtenção de altimetrias irreais, uma vez que há dificuldade de penetração do sinal do sensor. Tal fato é observado em diversos pontos da região de crista na área de estudo, influenciando a geração dos divisores, tanto tomando por base os MDS reamostrados seja SRTM ou Topodata (Figura 3).

Com auxílio da fotointerpretação utilizando a imagem Landsat 8 fusionada (com o uso da banda pancromática com resolução espacial de 15 metros), composição RGB 5-4-2 (vegetação em tons de vermelho) e dos cursos d'água extraídos do Mapeamento Topográfico Sistemático do município de Dourados, escala 1:100.000 (DSG, 1979), observou-se que os MDS utilizados para a delimitação da Bacia Hidrográfica não apresentavam exatidão condizente com a realidade. Os limites gerados a partir dos MDS SRTM e Topodata, mesmo após reamostragem em QGIS, continuaram

a apresentar artefatos, principalmente na região de foz do córrego e ao longo do divisor, influenciando diretamente nas deformações dos limites obtidos (Figura 4).

Na Figura 5, nota-se que a região noroeste da bacia do Córrego Laranja Doce apresenta-se muito plana e com vegetação densa, promovendo desvios dos segmentos de fluxo que não refletem a realidade. Somente após as visitas in loco foi possível determinar o real sentido de escoamento dos fluxos dos cursos d'água na área.

Teske *et al.* (2014) afirmam que em decorrência dos atributos ocorrem erros que resultam na geração de picos anômalos, pontos ausentes, entre outras falhas. Estes artefatos continuaram presentes mesmo após a reamostragem dos MDS Topodata e SRTM 4, gerando falsos talvegues que resultaram na geração de falsos canais de drenagem (Figura 6).

Os canais de drenagem gerados a partir do MDS SRTM apresentaram melhor modelagem ao serem comparados com os cursos d'água obtidos a partir da fotointerpretação e vetorização de carta topográfica oficial, principalmente em relação a localização do ponto de foz do córrego (Figura 7). Por tal, selecionou-se este MDS como base para elaboração do MDE Corrigido.

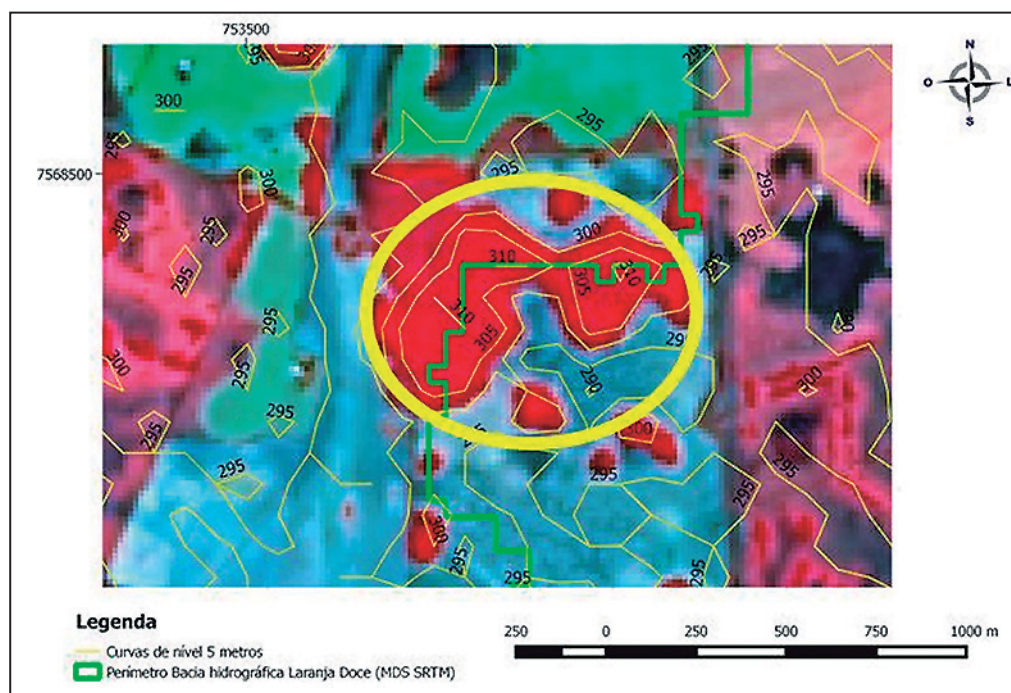


Figura 3 Falsa elevação gerada pela vegetação densa na modelagem de delimitação da bacia hidrográfica a partir do MDS SRTM (interior do círculo amarelo). Imagem de fundo Landsat 8, órbita 224 ponto 75 (Earth Explorer, 2015). Composição RGB 542, data de passagem 28/02/2014.

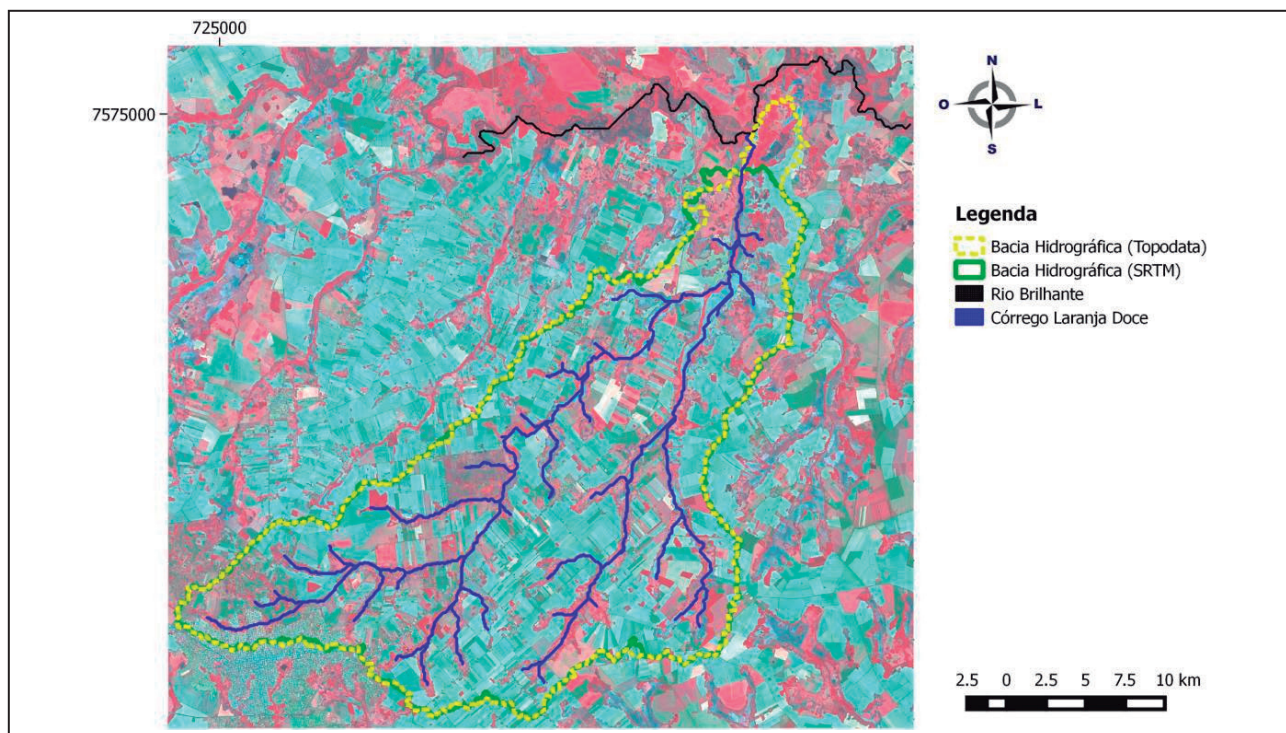


Figura 4 Delimitações sobrepostas (SRTM e TOPODATA) e cursos d'água extraídos da DSG (1979), apresentando as deformações na delimitação na região de foz. Imagem Landsat 8, órbita 224 ponto 75. Composição RGB 542 Data de passagem: 28/02/2014.

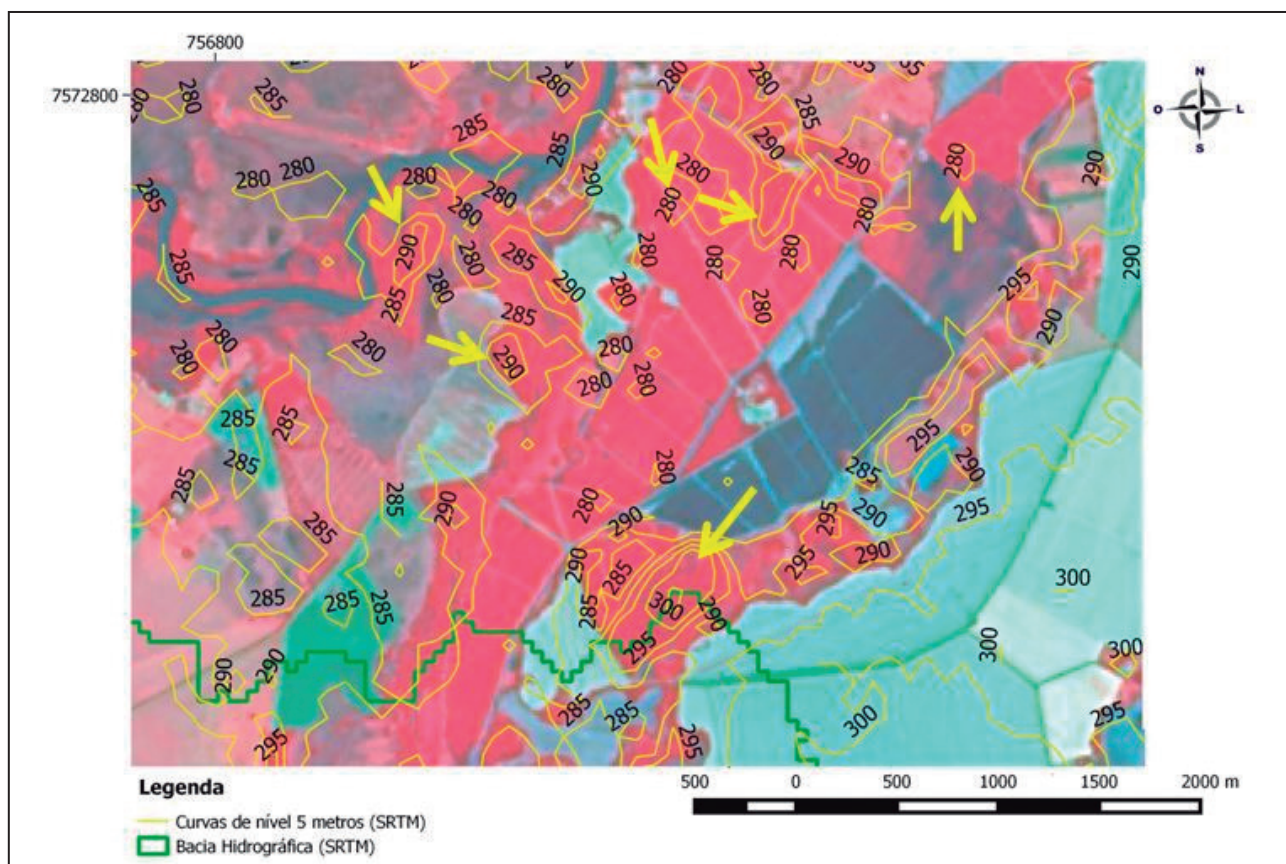


Figura 5 Destaque para a região da foz do Córrego Laranja Doce com o rio Brilhante. As setas em amarelo indicam alguns dos picos de altimetria gerados na região por conta dos dosséis da vegetação. Imagem de fundo Landsat 8, órbita 224 ponto 75. Composição RGB 542, Data de passagem 28/02/2014.

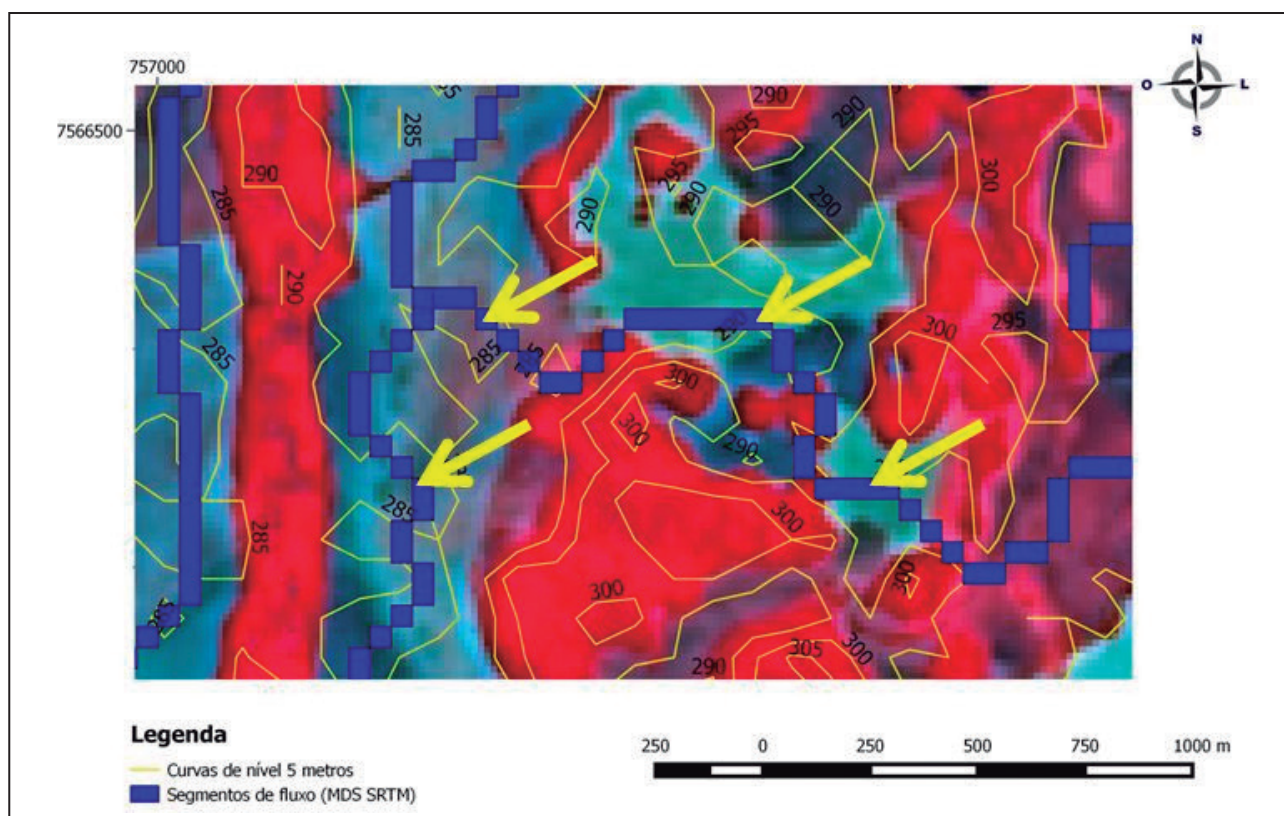


Figura 6 Falsos segmentos de fluxo gerados (setas amarelas) a partir da modelagem hidrológica utilizando-se do MDS SRTM. Imagem de fundo Landsat 8, órbita 224 ponto 75. Composição RGB 542 Data de passagem 28/02/2014.

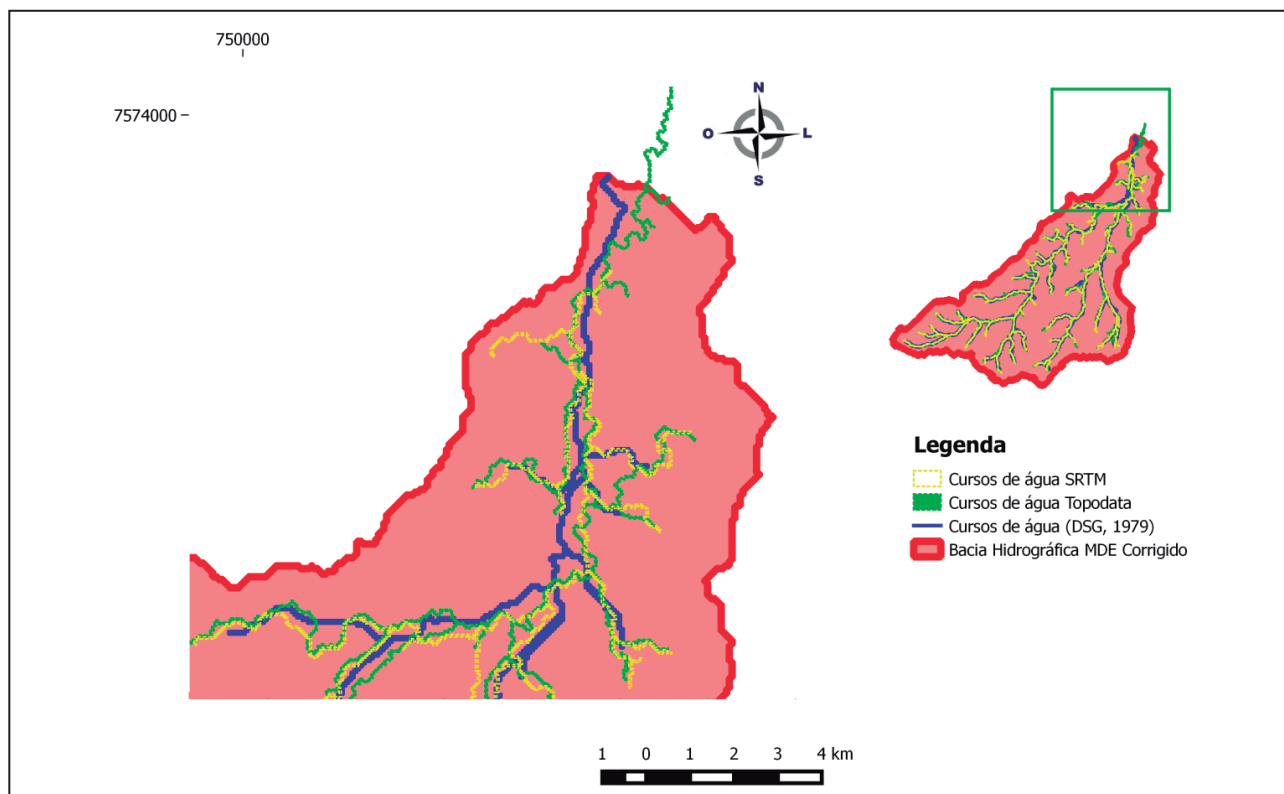


Figura 7 Segmentos de fluxo sobrepostos gerados a partir dos MDS SRTM e TOPODATA e Cursos d'água vetorizados da carta topográfica (DSG, 1979).

Com a correção das curvas de nível baseadas nos resultados de campo, obteve-se um MDE Corrigido por meio de interpolação de uma grade de 980 pontos de altimetria, utilizando o algoritmo de triangulação Delaunay (grade TIN). A partir deste novo MDE foi possível efetuar nova delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce e geração de seus segmentos de fluxo (Figura 8). Os canais de drenagem oriundos do MDE Corrigido ajustaram-se melhor ao traçado do córrego Laranja Doce, em especial em sua foz.

Analisando conjuntamente os modelos numéricos de terreno – MNT gerados, os pontos de discrepância entre o MDE Corrigido e os MDS reamostrados encontraram-se em especial na foz (devido à presença de mata fechada de porte arbóreo denso) e na porção noroeste (baixa declividade e presença da Rodovia Federal-BR/163) (Figura 9), com as maiores diferenças de área e perímetro encontradas do MDS Topodata. A Tabela 1 apresenta o resumo das informações geométricas das delimitações de Bacia Hidrográfica.

MODELOS	Área (Km ²)	Perímetro (Km)
SRTM	614,29	205,46
TOPODATA	625,48	215,20
Corrigido	620,06	184,55

A correção altimétrica efetuada promoveu uma modelagem hidrológica mais acurada, afetando diretamente o cálculo de área e perímetro de bacias hidrográficas, o que tem influência direta nos estudos de viabilidade hídrica, análises morfométricas, dentre outros.

Apesar dos dados Topodata apresentarem resolução espacial de 30 metros, o mesmo apresentou menor precisão e acurácia na obtenção dos canais de drenagem e limite da Bacia Hidrográfica em relação ao SRTM 4.

Nas regiões de relevo plano ou com presença de vegetação arbórea densa, mesmo após a utilização de algoritmo para remoção dos artefatos, houve necessidade da conversão do Modelo Digital de

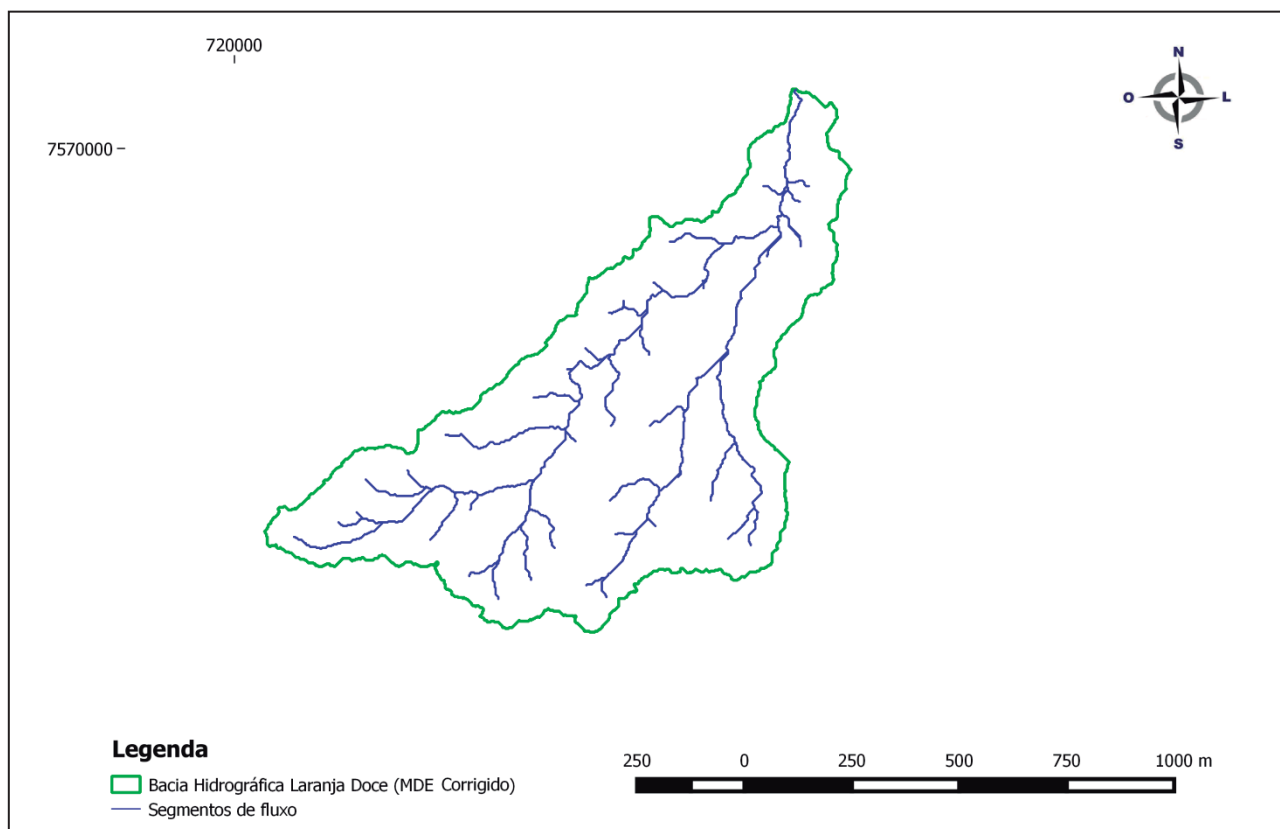


Figura 8 Delimitação da Bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce com seus respectivos segmentos de fluxo.

Superfície - MDS para Modelo Digital de Elevação – MDE, com auxílio de dados levantados em campo e fotointerpretação.

O uso de geotecnologias livres e/ou gratuitas (QGIS 2.8.2, *Shapes*, imagem Landsat 8, Carta topográfica, MDS SRTM e Topodata) foram satisfatórios no suporte para a correção altimétrica e obtenção do MDE, oferecendo ótimos resultados, com baixos custos, readaptabilidade e tempo reduzido de execução.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem à UEMS pela bolsa de Mestrado em Recursos Naturais (PIBAP-UEMS) de Nelison Ferreira Correa, a CAPES pela bolsa de Doutorado de Camila Leonardo Miotto e ao CNPq pela bolsa PQ2 de Antonio Conceição Paranhos Filho - Processo 305300/2012-1.

6 Referências

- Brasil. 1997. *Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1.997*. “Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001 de 13 de março de 1.990. Data da legislação: 08/01/1997 – Publicação DOU: 09/01/1.997.
- DSG. 1979. *Diretoria do Serviço Geográfico do Exército*. Carta Dourados. Escala 1:100.000. Folha SF 21-Z-B-II.
- DSG. 1979. *Diretoria do Serviço Geográfico do Exército*. Carta Rio Brilhante. Escala 1:100.000. Folha SF 21-X-D-V.
- Earth Explorer. 2015. *Imagens Landsat 8*. Órbita 224, ponto 075. Data de Passagem 28/02/2014. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: março de 2015.
- ESRI Inc. 1997. *ARC / INFO version 7.11*. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1 CD ROM.
- Farr, T.G.; Rosen, P.A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M.; Paller, M.; Rodriguez, E.; Roth, L.; Seal, D.; Shaffer, S.; Shimada, J.; Umland, J.; Werner, M.; Oskin, M.; Burbank, D. & Alsdorf, D. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2): 33. Disponível em <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2005RG000183.shtml>>. Acesso em: janeiro de 2015.
- GLCF. 2000. Global Land Cover Facility. *Catálogo SRTM 2000*. Órbita 224 ponto 75. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:0800/esdi/index.jsp>>. Acesso em: março de 2015.
- Grohmann, C.H. 2015. ‘Radiography of the Amazon’ DSM/DTM data: comparative analysis with SRTM, ASTER GDEM. *Geomorphometry 2015*, Poznam, Poland. Proceedings.
- IBGE. 2015. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/.htm>>. Acesso em: março de 2015.
- IBGE. 2016. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<http://http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=500370>>. Acesso em: outubro de 2016.
- Leckie, D.G. & Ranson, K.J. 1998. Forestry applications using imaging radar. *Principles and Applications of Imaging Radar*, 2: 435–509.
- Paranhos Filho, A.C.; Miotto, C.L.; Marcato Junior, J. & Catalani, T.G. T. 2016. *Geotecnologias em Aplicações Ambientais*. 1.ed. Campo Grande: UFMS. 383p.
- Pereira, L.S.; Oweis, T. & Zairi, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agriculture Water Management*, 57(3): 175-206.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS 2.8.2 Lisboa*. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html>.
- Rocha, C.H.B. 2000. *Geoprocessamento: Tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora/MG: Ed Do Autor. 220p.
- Santana, D.P. 2003. *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 30. ISSN, Sete Lagoas – MG, p. 1518-4277.
- Silva, A.L.M. 2005. *Direito do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais*. 784p.
- Teske, R.; Giasson, E. & Bagatini, T. 2014. Comparação do uso de modelos digitais de elevação em mapeamento digital de solos em Dois Irmãos, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(5): 1367-1376. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: julho de 2015.
- TOPODATA. 2009. *Banco de dados geomorfométricos do Brasil*. Órbita 224 ponto 75. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>>. Acesso em: março de 2015.
- Torres, T.G. 2007. Geotecnologias na geração do divisor de bacias hidrográficas: um instrumento para a Política de Recursos Hídricos. Campo Grande, 2007. *Dissertação (Mestrado)*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 78p.
- Tucci, C.E.M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH. 943p.
- Valeriano, M.M.; Kuplich, T.M.; Storino, M.; Amaral, B.D.; Mendes Junior, J.N. & Lima, D.J. 2006. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle RADAR topographic mission-90m data. *Computers & Geosciences*, 32(8): 1169–1181.
- Valeriano, M.M. & Rossetti, D.F. 2012. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. *Applied Geography*, 32(2): 300-309.