



Análise da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X na região do Pantanal Mato-Grossense

Diego Teles da Cruz ¹
Afonso de Paula dos Santos ²

¹ Universidade Federal de Viçosa – UFV
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
Av. Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
diegotelesjr@gmail.com

² Universidade Federal de Viçosa – UFV
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
Av. Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
afonso.santos@ufv.br

Resumo. O uso dos modelos de elevação ou de superfície propicia um auxílio nos projetos realizados em áreas escassas de dados cartográficos, sendo possível extrair informações referentes ao relevo com grande facilidade. A missão SRTM – Shuttle Radar Topography Mission – foi responsável pelo mapeamento topográfico da Terra e no ano de 2014 disponibilizou os modelos de superfície da banda X com resolução espacial de 30 metros. No presente artigo será apresentada a avaliação da acurácia posicional planimétrica das hidrografias extraídas do MDS SRTM banda X, alusivas à uma região do Pantanal Mato-Grossense. Para tal atividade, utilizou-se do método de feições lineares Buffer Duplo, aplicando as tolerâncias do Decreto-Lei n° 89.817 aliado à ET-ADGV da INDE, tomando como referência a base cartográfica 1:100.000 disponibilizada pela DSG. O resultado atingido indica que os dados hidrográficos obtiveram classificação Classe C na escala 1:500.000.

Palavras-chave: SRTM banda X, hidrografia, acurácia posicional planimétrica, Pantanal.

Abstract. The use of elevation or surface models provides support to projects developed in areas where the cartographic data is scarce, being possible to easily extract information about the terrain. The SRTM – Shuttle Radar Topography Mission – was responsible for the Earth topographic mapping and in the year of 2014 provided the X-band surface models with 30 meters of spatial resolution. The planimetric positional accuracy evaluation of the hydrographies extracted from the X-band SRTM DSM, related to a region of the Pantanal Mato-Grossense will be presented in this article. In order to achieve this objective, the Double Buffer method of linear features was used, applying the tolerances of the Decree-Law No. 89.817 combined with the INDE's ET-ADGV, taking the 1:100.000 cartographic base provided by the DSG as reference. The result indicates that the special data relative to the road system got Class C rating in the scale 1:500.000.

Key-words: SRTM X-band, hydrography, planimetric positional accuracy, Pantanal.

1. Introdução

Informações a respeito de um relevo como elevações, desníveis e declividades podem ser obtidas a partir de mapas em curva de nível e levantamentos altimétricos feitos em campo. Contudo, uma alternativa para tal fim é encontrada no modelo digital de elevação (MDE) ou modelo digital de superfície (MDS), que são dados que representam a elevação do terreno. Conforme Li *et al.* (2005), um MDE consiste em um conjunto ordenado de pontos amostrais que representam a distribuição espacial da altitude sobre o terreno, sem considerar a vegetação ou edificações. O termo MDS é utilizado para modelos que consideram as elevações do terreno e de qualquer objeto acima dele, como edificações e cobertura vegetal. Alguns desses modelos são oferecidos de forma gratuita e como exemplo temos os dados SRTM, que cobrem grande parte do território brasileiro, viabilizados pela missão *Shuttle Radar Topography Mission*, a qual gerou um modelo global digital de elevação operando na banda C para aquisição de imagens com resolução espacial de 90 metros, e um sistema atuando na banda X a fim de obter imagens com resolução espacial de 30 metros.

Segundo Silva *et al.* (2015), o acesso aos dados de MDE's e MDS's se tornou fácil, de modo a auxiliar os avanços nos estudos hidrológicos com extração automática de redes de drenagem, geomorfologia e planejamento dos recursos hídricos. Entretanto, a grande diversidade de dados espaciais disponibilizados atualmente acarreta em incertezas quanto à sua utilização para certo fim. Assim, o controle de qualidade cartográfica visa identificar as incoerências e discrepâncias presentes em um produto ou dado cartográfico, de modo a inferir sobre a qualidade e acurácia desses dados. A acurácia posicional engloba os efeitos sistemáticos e aleatórios que um produto possa vir a ter, indicando a proximidade que o dado espacial se encontra em relação à sua realidade no terreno através de comparações no posicionamento horizontal e vertical. É através de sua análise que o usuário ou o produtor verifica a possibilidade da utilização do produto para determinado propósito.

O padrão brasileiro adota para a avaliação de acurácia posicional as tolerâncias PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) e EP (Erro-Padrão) estabelecido pelo Decreto-lei nº 89.817, de 1984. Estas tolerâncias são dependentes da escala e classe utilizada na avaliação da qualidade posicional do produto testado. Nero (2005) e Santos (2010) explicitam que o Decreto-lei nº 89.817 é confuso quanto à sua metodologia de avaliação. Assim, em 2011, a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) propôs a Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) para complementar a norma anterior. A ET-ADGV cria uma classe mais restritiva para produtos cartográficos digitais, chamada de PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais), além de especificar duas condições a serem obedecidas para a classificação da acurácia posicional de um produto cartográfico. Portanto, segundo BRASIL (1984), DSG (2011) e Santos (2010), para a determinação da qualidade posicional pelo Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV devem ser atendidas as condições

abaixo:

1. 90% das feições testadas devem apresentar valores de discrepâncias iguais ou inferiores ao valor do PEC-PCD, em relação à escala e a classe testada;
2. O RMS (*root mean square*) das discrepâncias deve ser menor ou igual à tolerância EP, em relação à escala e a classe testada;

onde:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (dpj)^2}{n-1}} \quad (1)$$

sendo:

dpj: discrepância posicional da feição j;

n: número de feições de checagem.

Abaixo é apresentada as tolerâncias PEC-PCD e EP referentes a planimetria, de acordo com as classes do Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV.

Tabela 1. Padrão Exatidão Cartográfica Planimétrica (Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV)

| Classe ET-ADGV | Planimetria | |
|----------------|------------------|------------------|
| | PEC-PCD | EP |
| A | 0,28 mm x escala | 0,17 mm x escala |
| B | 0,5 mm x escala | 0,3 mm x escala |
| C | 0,8 mm x escala | 0,5 mm x escala |
| D | 1,0 mm x escala | 0,6 mm x escala |

Segundo Santos *et al.* (2015), existem vários métodos para análise da acurácia posicional planimétrica de feições lineares, como: Banda *Épsilon*; *Buffer* Simples; *Buffer* Duplo; Banda Genérica; Modelo de Erros Estatísticos por Simulação; Influência do Vértice; Ponto Gerado; Distância de *Hausdorff*; Aproximações por *Spline*; Retângulo Envolvente; Completude; Corretude; e RMS Modificado. Em seu trabalho, dentre os métodos avaliados, os autores concluíram que a utilização do *Buffer* Duplo é a mais recomendada devido ao fato de que esse método possibilita analisar a presença de *outliers* e tendências nos dados, além de apresentar resultados semelhantes ao método tradicional por pontos, tanto na classificação da acurácia posicional planimétrica das feições quanto nas estatísticas descritivas das discrepâncias.

2. Objetivo

Avaliar a qualidade posicional planimétrica das feições lineares representativas da hidrografia, extraídas do MDS SRTM banda X consistente, com resolução espacial de 30 metros, na região do Pantanal Mato-Grossense. Para isto, aplicou-se a norma do padrão de acurácia posicional definida no Decreto-Lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV, tendo como referência a base cartográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG).

3. Material e Métodos

3.1 Materiais

As feições lineares das hidrografias numéricas utilizadas na análise foram extraídas do MDS

SRTM banda X (**Figura 1**) com resolução espacial de 30 metros, relativas a uma região do Pantanal Mato-Grossense na região do município de Tangará da Serra, mais precisamente entre as longitudes 58° 0' 0" W e 59° 0' 0" W, e latitudes 14° 0' 0" S e 15° 0' 0" S (**Figura 2**). O MDS é disponibilizado em formato TIFF, datum *World Geodetic System* de 1984 (WGS 84), cedido gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) através do site <https://www.usgs.gov/>.

O MDS SRTM banda X consistente, alvo da extração da hidrografia numérica, representa o MDS corrigido das depressões espúrias que causam incoerências no modelo, impossibilitando tal extração. Segundo Chaves (2002), as depressões espúrias são células rodeadas por células com maiores valores de elevação. Há possibilidade de alguma delas serem naturais, como sumidouros, mas a maioria é considerada espúria, resultante do processo de geração do MDE ou MDS.

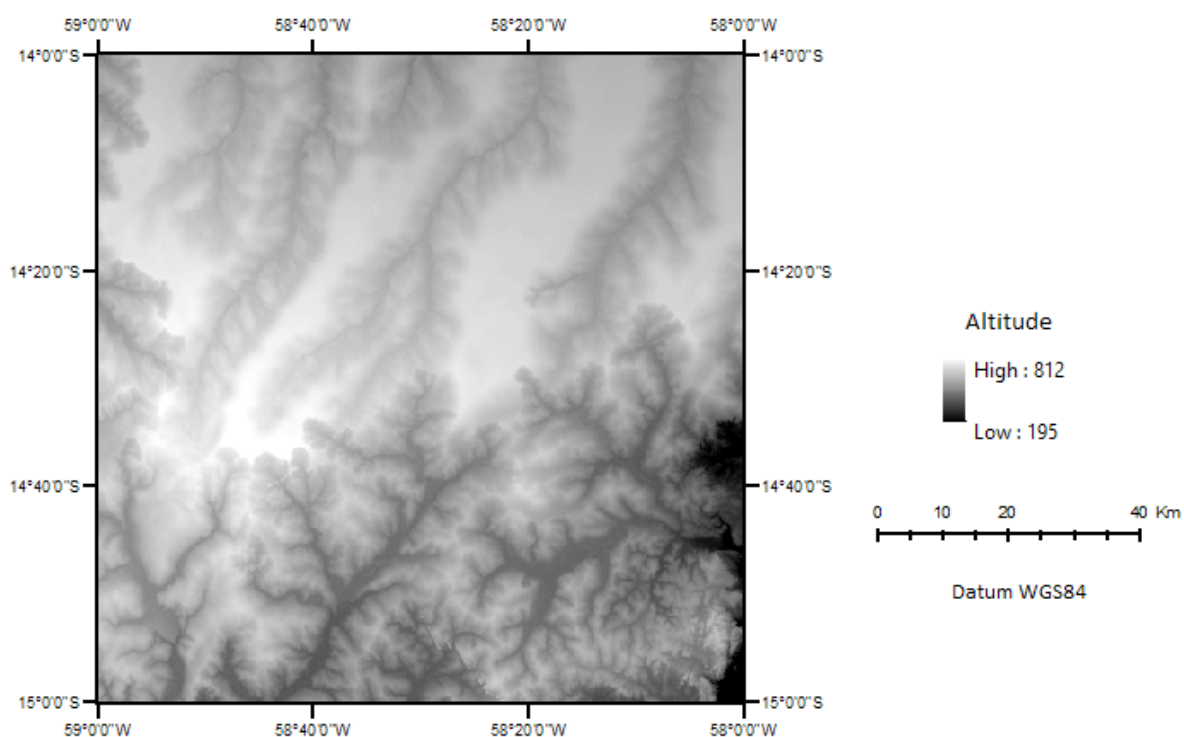


Figura 1. MDS SRTM banda X utilizado para extração da hidrografia numérica.

Os dados usados como referência, consistem na base de dados das hidrografias de quatro cartas topográficas na escala 1:100.000: Folhas SD-21-Y-A-III, MI 2060, Cabeceira do Osso; SD-21-Y-B-I, MI 2061, Aldeia Parecis; SD-21-Y-A-VI, MI 2104, Chapada dos Parecis; SD-21-Y-B-IV, MI 2105, Camarcan. Eles foram cedidos pela DSG também de forma gratuita através do Geoportal na página <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php>, no formato shapefile, datum WGS 84, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 21 sul. As folhas em questão são adjacentes e quando conectadas, representam a mesma área do MDS citado anteriormente.

Para a integração e manipulação dos dados, utilizou-se o *software* ArcGis 10.2.

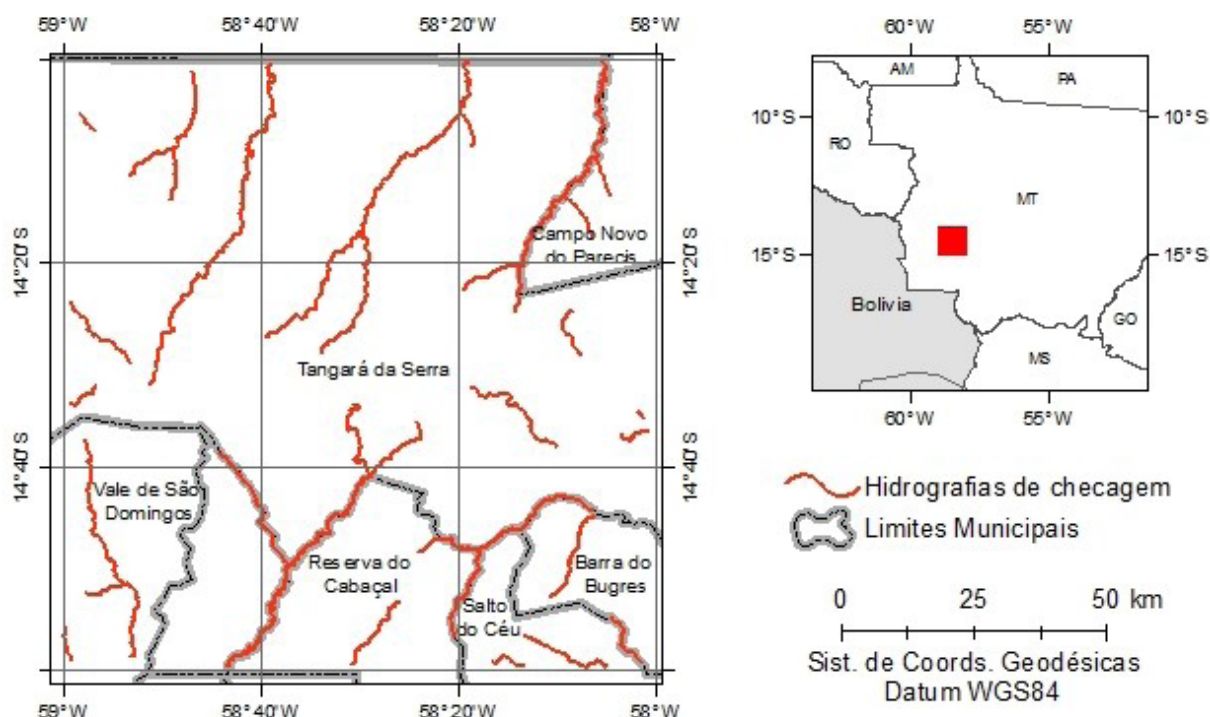


Figura 2. Base de dados hidrográficos da DSG, conjuntamente com a área de estudo.

3.2 Métodos

O primeiro passo para a avaliação foi adquirir os materiais mencionados no subtópico antecedente, acessando seus respectivos sites. Ressalta-se que foram necessários os cadastros em ambas as páginas para ter a permissão requerida pela instituição.

Utilizando o *software* ArcGis 10.2, foi inserido o MDS SRTM banda X consistente para extração de sua hidrografia. Inicialmente foi realizado a sua projeção para o UTM Zona 21 Sul afim de compatibilizar todos os dados constituintes no presente trabalho. Em seguida obteve-se a direção de fluxo, o fluxo acumulado para cada célula e a hidrografia numérica no formato raster, onde considerou-se que a célula de fluxo acumulado que possuía valor maior do que 1000 (mil) estaria contribuindo para a formação de um curso d'água. Por fim, realizou-se a transformação da hidrografia numérica raster em formato vetorial (**Figura 3**).

Para avaliar a acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X, acrescentou-se as hidrografias de referência, presentes na base cartográfica do Exército Brasileiro. Analisando espacialmente estas hidrografias em conjunto com as numéricas extraídas do MDS, selecionou-se uma amostra de trinta feições bem distribuídas pela área de estudo a fim de comparação, nas quais foram aplicadas o método estatístico *Buffer Duplo* apresentado por Tveite e Langaas (1999). Esta técnica consistiu na criação de um *buffer* tanto na feição linear de teste quanto na de referência. Para aplicação do método seguiu-se as tolerâncias do padrão Decreto-lei nº 89.817 / ET-ADGV, e a sugestão de Santos *et al.* (2015), que recomenda utilizar como largura do *buffer* o valor do PEC-PCD para a escala e classe desejada na análise. Posteriormente calculou-se a discrepância para cada feição linear avaliada em função da área gerada pelo *buffer* em cada linha teste do produto (A_{pj}) e da área referente ao *buffer* da linha de referência que não contém *buffer* da linha teste ($A_{xj} = A_{rj} - A_{ij}$), como demonstrado na **Figura 4** e equação 2.

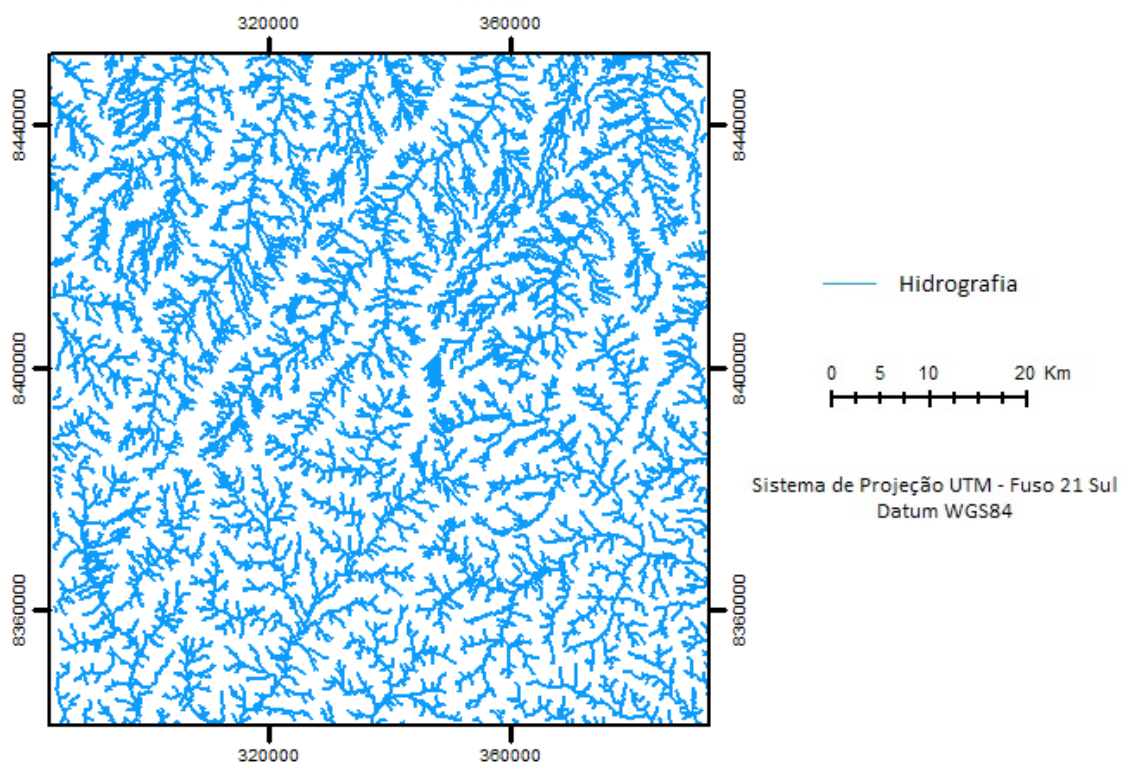


Figura 3. Hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X.

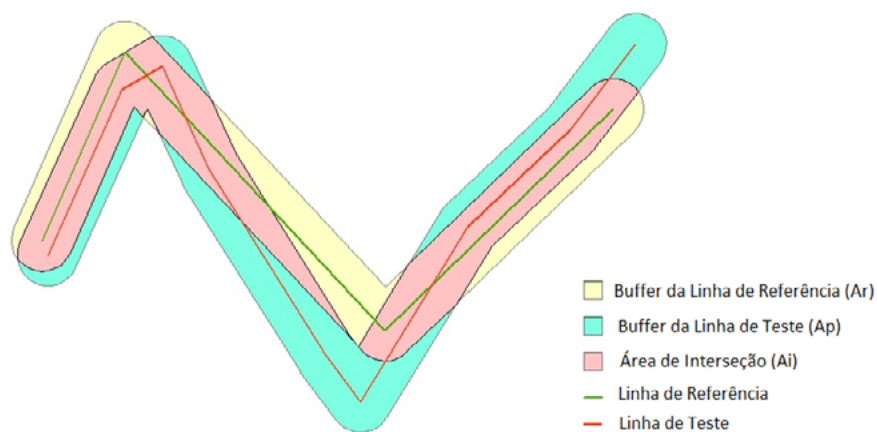


Figura 4. Esquematização do método *Buffer Duplo*.

$$dpj = \pi \cdot x \cdot \frac{(\sum Axj)}{Apj} \quad (2)$$

onde:

$$Axj = Arj - Aij \quad (3)$$

sendo:

Apj: área gerada pelo *buffer* na linha teste j;
 Arj: área gerada pelo *buffer* na linha de referência j;

Aij: área de interseção entre o *buffer* na linha teste j e o *buffer* na linha de referência j;

x: largura do *buffer* aplicado;

Após o resultado das discrepâncias, calculou-se o RMS através da equação 1 e foi aplicado as duas condições do Decreto-lei 89.817 / ET-ADGV, descritas no tópico de introdução, para classificar o produto.

4. Resultados e Discussão

A aplicação do método *Buffer Duplo* para analisar a qualidade posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X foi realizada para a escala de 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000. A classificação obtida foi Classe C do Decreto-lei nº 89.817/ ET-ADGV, para a escala 1:500.000 (PEC=400m e EP=250m). Posteriormente à metodologia empregada, obteve-se como resultado a **Figura 5** que apresenta o gráfico das discrepâncias posicionais planimétricas e a **Tabela 2** que mostra as estatísticas obtidas na avaliação da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída.

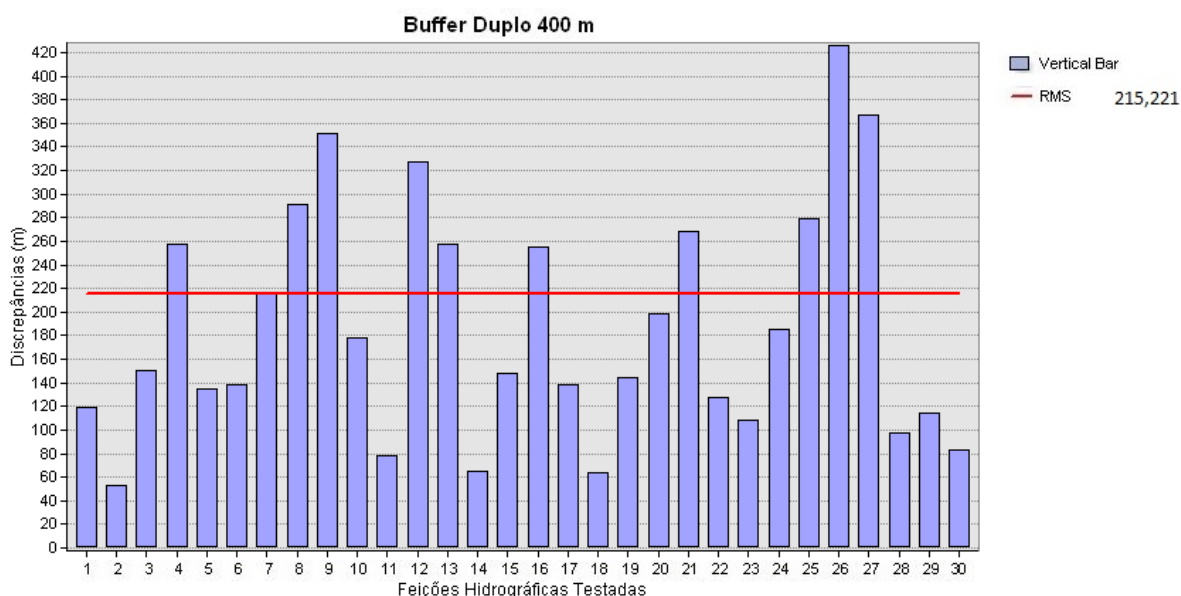


Figura 5. Gráfico das discrepâncias posicionais planimétricas para Classe C na Escala 1:500.000.

Tabela 2. Resultados estatísticos para a hidrografia extraída do modelo de elevação SRTM banda X na área de estudo, utilizando o método *Buffer Duplo*.

| CLASSE C (Decreto-lei 89.817/ET-ADGV) ESCALA 1:500,000 | | PEC: 400 m EP: 250 m | |
|---|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| RMS 215,221 m | Discrepância Média 150,911 m | Discrepância Máxima 426,000 m | Discrepância Mínima 53,003 m |

Nota-se que ao empregar um *buffer* de 400 metros nas feições lineares, 29 das 30 feições analisadas apresentaram discrepâncias menores que os quatrocentos metros exigidos pelo PEC-PCD, e alcançou-se um RMS de 215,2 m, valor este menor que o EP definido de 250 m. As verificações para classes superiores (A e B) relativas a escala 1:500.000, bem como as escalas de 1:100.000 e 1:250.000, foram efetuadas obtendo resultados insatisfatórios, não atendendo aos critérios exigidos. Diante disso, o produto foi classificado em Classe C de acordo com o padrão do Decreto-lei 89.817/ET-ADGV.

Aproveitando a utilização do *software* e a atividade em questão, extraiu-se a declividade da área de estudo, obtendo uma declividade média de 4,36% (**Figura 6**).

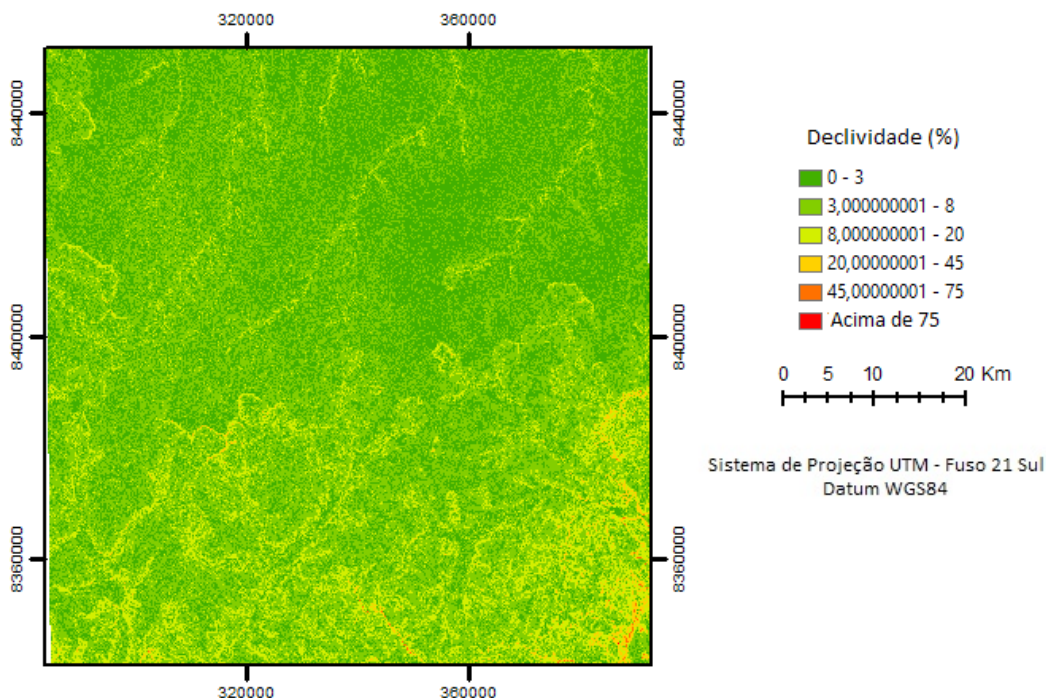


Figura 6. Mapa de declividade da área de estudo.

Segundo Embrapa (1999), os relevos são classificados em relação a declividade como explicitado na **Tabela 3**. Assim, com base nessa classificação, considera-se que a área de estudo se enquadra como relevo “suave-ondulado”.

Tabela 3. Classificação de relevos em função da declividade (Embrapa).

| Relevo | Declividade (%) |
|----------------|-----------------|
| Plano | 0 a 3 |
| Suave-ondulado | 3 a 8 |
| Ondulado | 8 a 20 |
| Forte-ondulado | 20 a 45 |
| Montanhoso | 45 a 75 |
| Escarpado | Acima de 75 |

5. Conclusões

Conforme Farr *et al.* (2007) e DLR (2015), o SRTM banda X possui uma acurácia vertical absoluta de cerca de 6 metros e uma planimétrica absoluta em torno de 15 metros, utilizando um nível de confiança de 90%, de acordo com a *National Map Accuracy Standard* (NMAS). Desse modo, a extração da hidrografia numérica em áreas com baixa declividade pode ser influenciada pela própria incerteza vertical do MDS e acaba também sofrendo com as características locais. Como demonstrado nos resultados citados anteriormente, a hidrografia numérica extraída do SRTM banda X obteve classificação Classe C na escala 1:500.000. Segundo Santos *et al.* (2016), para uma região mais ondulada a montanhosa, o MDS SRTM banda X recebeu classificação Classe C na escala 1:100.000, compreendendo-se que nesses locais, a calha hidrográfica encontra-se melhor definida por causa dos morros, não sendo muito influenciada pelas

incertezas do modelo.

Sugere-se para futuros trabalhos analisar as alterações ocasionadas pelo preenchimento das depressões espúrias no MDS ou MDE inconsistente, investigando se tal correção modificou os resultados e sua qualidade.

6. Referências

- Brasil. **Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional.** Brasil, 1984. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm >. Acesso em 2015.
- Chaves, M. A. **Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistente para a Bacia Amazônica.** 2002. 115 p. Tese (Doutorando em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2002.
- DLR. 2015. **STRM band-X parameter.** German Aerospace Center. Disponível em: <http://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5515/9214_read-17716/>. Acessado em 2015.
- DSG. **Especificação Técnica Para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV).** Brasil, 2011. Disponível em < http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf >. Acesso em 2015.
- Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- Farr, T. G.; Rosen, P.A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M. et al. 2007. “The Shuttle Radar Topography Mission.” **Reviews of Geophysics** 45 (2): RG2004.
- Li, Z.; Zhu, Q; Gold, C. M. 2005. **Digital Terrain Modelling. Principles and Methodology.** New York.
- Nero, M. A. **Propostas Para O Controle de Qualidade de Bases Cartográficas Com Ênfase Na Componente Posicional.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, Brasil, 2005
- Santos, A. P. **Avaliação Da Acurácia Posicional Em Dados Espaciais Com O Uso de Estatística Espacial.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2010.
- Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Santos, G. R.; Rodrigues, D. D. Controle de Qualidade Posicional em Dados Espaciais Utilizando Feições Lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, v. 21, nº 2, p. 233-250, abr-jun, 2015.
- Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Santos, G. R.; Rodrigues, D. D. Avaliação da Acurácia Posicional Planimétrica em Modelos Digitais de Superfície com o Uso de Feições Lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, v. 22, p. 157-174, jan-mar, 2016.
- Silva, C. R. P.; Demarqui, E. N.; Almeida, F. T.; Mingoti, R.; Souza, A. P. (2015). Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil. **Scientia Plena**, 11(5).
- Tveite, H.; Langaas, S. **An Accuracy Assessment Method for Geographical Line Data Sets Based on Buffering.** International Journal of Geographical Information Science, v. 13, p. 27-47, 1999.