

EFEITO DO ALGORITMO DE OBTENÇÃO DE DIREÇÃO DE FLUXO NA DERIVAÇÃO DA HIDROGRAFIA NUMÉRICA DO TERRENO

Christoph Hermann Passos Tigges¹, Leandra Stefanon Dietrich², Alexandre Soares Campos Filho³,
Gustavo Eduardo Marcatti⁴

¹Graduando em Engenharia Agrônoma, UFSJ– CSL, chris.tigges@gmail.com; ²Graduanda em Engenharia Florestal, UFSJ– CSL, leandrasdietrich@gmail.com; ³Graduando em Engenharia Florestal, UFSJ– CSL, alexscamposfilho@gmail.com; ⁴Departamento de Ciências Agrárias (DCIAG), UFSJ– CSL, gustavomarcatti@ufs.edu.br;

RESUMO

O mapeamento dos cursos d'água tem fundamental importância no gerenciamento dos recursos hídricos. Portanto, o objetivo do estudo foi comparar diferentes algoritmos de obtenção de fluxo a partir de MDS, derivado de uma imagem ALOS/PALSAR de alta resolução. O algoritmo D8 TauDEM se sobressaiu em locais mais planos, apresentando discrepância de 35 a 48% menor que o algoritmo D8 ArcGIS. Ambos os algoritmos avaliados apresentam baixos percentuais de inclusão no buffer da linha de referência, por se considerarem apenas parâmetros topográficos. Os algoritmos de derivação da hidrografia numérica podem fornecer informações mais acuradas se utilizarem em suas análises fatores importantes para hidrografia, por exemplo, dados de cobertura vegetal e uso da terra.

Palavras-chave — hidrografia numérica, direção de fluxo, fluxo acumulado, TauDEM.

ABSTRACT

The mapping of watercourses has as a fundamental reference the management of water resources. Therefore, the data set was comparative of several output flow methods from MDS, derived from a high resolution ALOS / PALSAR image. The D8 TauDEM algorithm excels in flatter environments, presenting a discrepancy of 35 to 48% lower than the ArcGIS D8 method. Both methods were submitted to large inclusion percentages in the reference line buffer, considering only topographic parameters. Numerical hydrograph derivation algorithms can provide more detailed information and can be considered important for hydrography, for example, land cover and land cover data.

Key words — numerical hydrography, flow direction, accumulated flow, TauDEM..

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são atualmente definidas como unidades de planejamento para a gestão de recursos hídricos através da lei nacional nº 9.433/1997 [1]. Sendo assim, o

mapeamento da rede hidrográfica e locais com maior fluxo acumulado de água, através do uso de geotecnologias e ferramentas computacionais que auxiliam a tomada de decisão, é de suma importância, não apenas no âmbito de subsídio do gerenciamento de recursos hídricos e outorgas do uso da água para consumo humano e irrigação, mas também para estudos hidrológicos, geofísicos e sanitários, como análises de potencial hidroelétrico, controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico, vulnerabilidade ao processo erosivo, dinâmica de transporte de sedimentos, principais vias de contaminação hídrica, condições de navegabilidade, locais propícios ao uso recreativo da água, entre outras aplicações diretas [2].

A rede hidrográfica geralmente é obtida utilizando prodimentos manuais, via digitalização em tela ou em mesa digitalizadora, utilizando imagens aéreas como referência. Esses procedimentos estão sujeitos a experiência do fotointérprete, além disso é um trabalho subjetivo e oneroso, e que demanda elevada mão-de-obra e tempo [3][4]. Nesse sentido, métodos alternativos que aplicam geotecnologias, como algoritmos presentes em sistemas de informação geográficas, por exemplo, ESRI – ArcGIS®, podem ser utilizados. Dentre os inúmeros modelos que derivam a hidrografia numérica a partir de dados topográficos, o *TauDEM* (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*) [5] se destaca por ser uma extensão disponível gratuitamente, de forma livre, podendo ser acessado publicamente, em softwares de geoprocessamento gratuitos, como o QGIS.

A derivação da hidrografia numérica já é uma técnica difundida e estuda, e é feita por meio de algoritmos que modelam a direção de fluxo e delimitam de forma automática os cursos d'água. O método das oito possíveis direções de fluxo (D8) consiste em atribuir o sentido de escoamento de uma célula (pixel) para uma de suas oito vizinhas, baseando-se na maior diferença de cota, ponderada pela distância, entre elas [6]. Em outro método (D-Infinity) o algoritmo prediz infinitas possibilidades de direção de fluxo a partir de faces triangulares em janelas de 3x3 pixels, considerando a declividade de cada triângulo durante o processo [7].

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi comparar diferentes algoritmos de obtenção de fluxo (D8 ArcGIS, D8 e D-inf TauDEM) na derivação da hidrografia numérica do terreno.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área do estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jequitibá, composta pelos municípios de Capim Branco, Funilândia, Jequitibá, Prudente de Moraes e Sete Lagoas, com elevação entre 606 e 1070 m, sendo afluente do Rio das Velhas, na região metropolitana do estado de Minas Gerais.

O Modelo Digital de Superfície utilizado para derivação da hidrografia numérica foi coletado a partir de uma imagem do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) que utiliza o sensor PALSAR (*Phased Array Type L-band Synthetic Aperture*), obtida junto a *Alaska Satellite Facility*, com resolução espacial de 1 arco segundo equivalente a 12,5 m [8]. A delimitação da área de contribuição da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jequitibá e a derivação de sua rede de drenagem de maior fluxo acumulado, foram feitas com o auxílio dos algoritmos D8 e D-inf do software TauDEM e D8 ArcGIS. A sequência de operações executadas ocorreu de acordo com a rotina exibida na Figura 1.

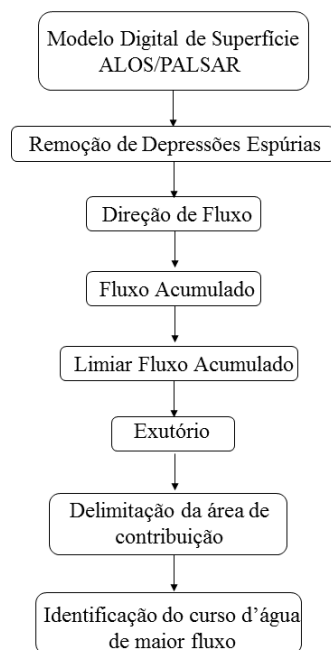


Figura 1. Procedimentos realizados para obtenção do curso d'água de maior fluxo acumulado através dos algoritmos do TauDEM e ArcGIS.

Um mapeamento visual (adotado como referência) do curso d'água de maior declividade foi realizado utilizando uma imagem Ikonos com resolução espacial de 1 m para comparação através das seguintes metodologias de acurácia posicional, Buffer Simples (*Simple Buffer Method*) [9] e Buffer Duplo (*Buffer Overlay Statistics*) [10]. As larguras de buffer utilizadas para determinação da acurácia de *outputs* dos algoritmos presentes nos softwares ArcGIS e TauDEM

foram de 10, 20, 40, 80 e 100 m. A estimativa da discrepância entre as linhas testes e de referência, foi obtida através do método de Buffer Duplo, de acordo com a Equação 1. O percentual de inclusão das linhas testes na área de buffer da linha de referência foi obtida através da Equação 2.

$$di = \pi * x * \frac{A_F}{A_T} \quad \text{Equação 1}$$

$$p(x) = \frac{CL_x}{CL_T} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que: di = discrepância (m); x = largura de buffer (m); A_F = área de buffer da linha de referência não seccionada pelo buffer da linha teste (m²); A_T = área total de buffer da linha teste (m²); $p(x)$ = percentual de inclusão (m); CL_x = comprimento da linha teste seccionada pelo buffer da linha de referência (m); CL_T = comprimento total da linha teste (m);

As duas métricas, estimativa de discrepância e percentual de inclusão, foram utilizadas para avaliar a qualidade das hidrografias numéricas derivadas dos algoritmos D8 do TauDEM e ArcGIS.

Independente da utilização do algoritmo D8 ou D-inf, presentes no modelo TauDEM, ambas as linhas de maior fluxo acumulado coincidiram entre si, diferindo apenas nas nascentes (resultados não apresentados). Portanto, foram utilizados para análise da discrepância e percentual de inclusão das linhas testes, apenas os *outputs* obtidos com o algoritmo de direção de fluxo D8 ArcGIS e D8 TauDEM.

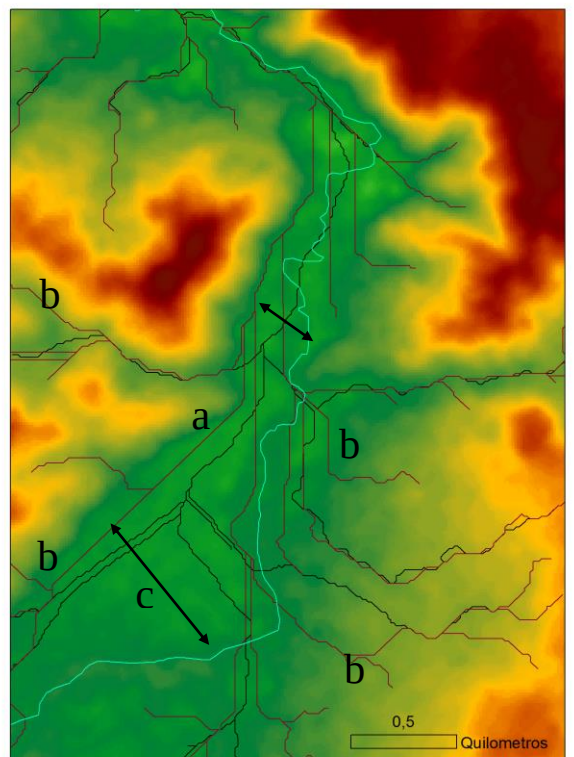
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 as linhas de fluxo acumulado com valor maior ou igual a 585 obtidas através do procedimento descrito. O algoritmo D8 ArcGIS apresentou grande diferença em relação ao D8 TauDEM, principalmente em áreas onde o terreno é mais plano. É possível notar que nessas situações o D8 do ArcGIS retorna resultados atípicos e até mesmo inconsistentes com o mundo real. Tal como destacado na Figura 2 (código a) em que as linhas de maior fluxo acumulado situam-se nas margens dos cursos d'água, e não no centro de seu leito, como é de se esperar.

Outra inconsistência é o fato de o D8 do ArcGIS gerar estruturas lineares paralelas (Figura 2 – código b) ao longo do fluxo acumulado, também incondizentes com a realidade. Problemas semelhantes já foram reportados por outros autores [11]. A superioridade do D8 do TauDEM, nessa situação e na anterior, se deve ao fato de que o TauDEM possui algoritmo específico para lidar com áreas planas, em que o fluxo é direcionado para locais mais distantes dos pontos de maior de altitude no terreno, para mais detalhes consulte [12].

O mesmo comportamento da variável discrepância, obtida através do método de Buffer Duplo, foi observado independente da largura de buffer utilizada para

comparação. Os valores obtidos pelo TauDEM foram de 35% a 48% menores que aqueles alcançados pelo ArcGIS, para, respectivamente, buffers com largura de 10 a 100 m. Portanto, valores de discrepância menores para o modelo TauDEM, indicam que este, apresentou maior eficiência na derivação da hidrografia numérica do terreno (Figura 3).



— Linha Referência — D8 ArcGIS — D8 TauDEM

Figura 2. Linhas de maior fluxo acumulado obtidas pelo D8 ArcGIS e D8 Taudem e linha de referência mapeada visualmente. MDE da área ao fundo, tonalidades verdes representam locais de menor elevação e em vermelho os com maior elevação.

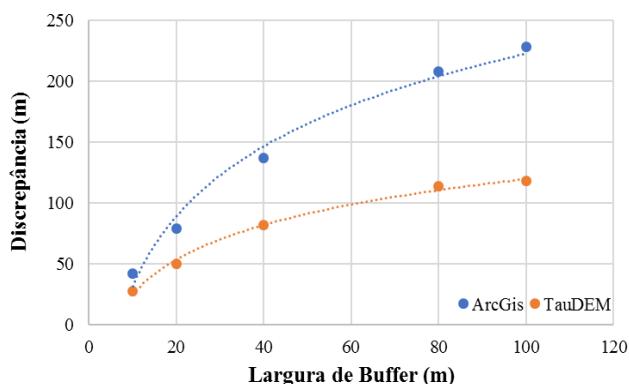


Figura 3. Gráfico de discrepância em função da largura do buffer para os cursos de maior fluxo acumulado, obtidos através do TauDEM e ArcGIS, com um modelo de direção de fluxo D8.

Mesmo com o melhor resultado do TauDEM em relação ao ArcGIS, ambos os algoritmos não apresentaram valores elevados de inclusão (Figura 4), isto é, foi detectada diferença, relativamente alta, entre a hidrografia mapeada (referência) e as hidrografias derivadas numericamente. Isso foi comprovado pela pouca sobreposição das linhas testes nas áreas de buffer da linha de referência, alcançando valores máximos de 62 e 58% com a utilização da largura de buffer de 100 m, conforme exposto na Figura 4 e Figura 2 (código c). Uma possível explicação para este resultado ruim, é o tipo de modelo digital de elevação (MDE) utilizado, no presente estudo foi adotado MDE derivado do conjunto satélite-sensor ALOS PALSAR, que trata-se de um modelo digital de superfície (MDS). Para resultados mais semelhantes com a linha de referência, e mais condizentes com a realidade, recomendamos a utilização de modelos digitais de terreno (MDT). E assim, eliminar os efeitos negativos ocasionado pela cobertura vegetal e outras estruturas físicas.

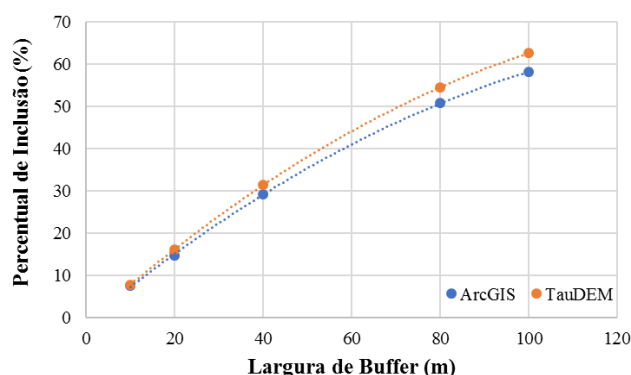


Figura 4. Percentual de inclusão das linhas testes em função da largura de buffer.

5. CONCLUSÕES

O modelo D8 TauDEM derivou a hidrografia numérica a partir de um Modelos Digitais de Superfície de forma superior ao D8 ArcGIS, resultando em cursos d'água de maior fluxo acumulado mais próximos ao mapeado visualmente (referência). O algoritmo D8 ArcGIS apresentou algumas inconsistências, tais como, leito dos cursos d'água deslocados de seu centro e a linearidade das feições de fluxo acumulado em áreas mais planas. Portanto, o D8 TauDEM é mais indicado como ferramenta de auxílio a tomada de decisão, no âmbito da gestão de recursos hídricos. Os resultados de obtenção da direção de fluxo e fluxo acumulado podem ser melhorados com a utilização de Modelos Digitais de Terreno, tais como os derivados de dados LiDAR, para modelar os cursos d'água sem a influência negativa (imperfeições) que a cobertura vegetal causa nos Modelos Digitais de Superfície.

6. REFERÊNCIAS

- [1] LEAL, R. E., DE MEDEIROS, L. T. B., DA SILVA QUEIROZ, J. D. A., BRITO, G. L., & COIADO, L. L. Utilização das extensões taudem e archydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no estado do Pará.
- [2] DOS SANTOS, Leonardo Sousa et al. Geotecnologia aplicada na análise de bacias hidrográficas e rede de drenagem: estudo das bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá, Belém, Pará. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016.
- [3] DA COSTA, Franklin Roberto; DE SOUZA, Raquel Franco; PINHEIRO DA SILVA, Sebastião Milton. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da bacia hidrográfica do Rio Doce–RN. Sociedade & Natureza, v. 28, n. 3, 2016.
- [4] BOSQUILIA, Raoni Wainer Duarte et al. Comparação entre modelos de mapeamento automático de drenagens utilizando SIG. Embrapa Gestão Territorial-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.
- [5] TARBOTON, D. G. (2005). Terrain analysis using digital elevation models (TauDEM). Utah State University, Logan.
- [6] O'CALLAGHAN, J. F., MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. Computer Vision, Graphics and Image Processing v. 28, p. 323-344. 1984.
- [7] TARBOTON, D. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. Water Resources Research, v.33, n.2, p. 309-319, 1997.
- [8] Dataset: © JAXA/METI ALOS PALSAR L1.5, 2013. Accessed through ASF DAAC <www.asf.alaska.edu> 11 Março 2018.
- [9] GOODCHILD, M. F., & HUNTER, G. J. (1997). A simple positional accuracy measure for linear features. International journal of geographical information science, 11(3), 299-306.
- [10] TVEITE, H. (1999). An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering. International journal of geographical information science, 13(1), 27-47.
- [11] BUARQUE, D. C., FAN, F. M., PAZ, A. R., & COLLISCONN, W. (2009). Comparação de métodos para definir direções de escoamento a partir de modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 14(2), 91-103.
- [12] GARBRECHT, J; MARTZ, L.W. The assignment of drainage direction over flat surfaces in raster digital elevation models. Journal of hydrology, v. 193, n. 1-4, p. 204-213, 1997.