

## **DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE SUB-BACIAS NA BACIA DO RIO JAPARATUBA/SE A PARTIR DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO**

Acacia Maria Barros Souza<sup>1</sup>, Marcus Aurélio Soares Cruz<sup>1</sup>, Ricardo de Aragão<sup>2</sup> & Julio Roberto Araujo de Amorim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Aracaju, SE

Tel: (79) 4009-1300 E-mail: [acaciaravel30@hotmail.com](mailto:acaciaravel30@hotmail.com); [masacruz@cpatc.embrapa.br](mailto:masacruz@cpatc.embrapa.br); [jramorim@cpatc.embrapa.br](mailto:jramorim@cpatc.embrapa.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe - UFS  
São Cristóvão, SE

Tel: (79) 2105-6870 E-mail: [ricardoaragao@yahoo.com](mailto:ricardoaragao@yahoo.com)

**RESUMO.** A aplicação de ferramentas de geotecnologias tem se tornado corrente em estudos de caracterização morfológica de bacias hidrográficas associados à modelagem computacional. A difusão de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) provenientes de sensores remotos contribuiu mais recentemente para esse crescimento. No entanto, muitos dos resultados obtidos com algoritmos de determinação das direções de escoamento sobre esses MDEs são utilizados sem a análise crítica necessária. Neste estudo foi realizada a delimitação da bacia do rio Japaratuba e de cinco sub-bacias, a qual consiste em uma importante área de exploração mineral e agrícola. O trabalho foi realizado através da aplicação do algoritmo disponível no programa ArcGIS sobre os MDEs SRTM, TOPODATA e ASTER. Foram determinados então parâmetros físicos, incluindo neste caso área e perímetro. Os resultados obtidos mostraram que os produtos considerados apresentam grande potencial para caracterização hidrográfica, no entanto, todos se apresentaram deficientes na delimitação de uma sub-bacia com exutório situado sob vegetação.

**Palavras-chave:** modelo digital de elevação, bacias hidrográficas, modelagem hidrológica.

### **INTRODUÇÃO**

A utilização de ferramentas de sistemas de informações geográficas na caracterização física de bacias hidrográficas tem sido difundida em proporções exponenciais nos últimos anos. Os SIGs constituem-se em um conjunto harmônico composto por uma base de dados, um ou mais softwares que permitam a manipulação de informações e uma interface gráfica para acesso do usuário (Câmara & Queiroz, 2008). Os produtos de sensoriamento remoto têm destaque dentre as geotecnologias aplicadas em larga escala em estudos de bacias hidrográficas. Este avanço deve-se dentre outros fatores, aos modelos digitais de elevação (MDE), que até pouco tempo atrás tinham a sua obtenção restrita a técnicas de interpolação a partir de pontos cotados da superfície da Terra, e recentemente tornaram-se produtos também de sensoriamento remoto (Chagas et al, 2010). A principal fonte de MDEs atualmente são os produtos SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), que constituiu-se em um projeto internacional conduzido pela Agência Espacial Norte-Americana (NASA). A partir de dados SRTM, foi elaborado o Projeto TOPODATA, que se constituiu em um refinamento do MDE original por meio da aplicação de processos geoestatísticos (krigagem) (Valeriano e Rosseti, 2009). As imagens GDEM (Global Digital Elevation Model) provenientes do sensor ASTER

(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), constituem-se também em fontes bastante utilizadas na produção de MDEs.

A caracterização morfométrica de bacias associada aos usos e cobertura do solo constituem-se em pré-requisitos indispensáveis para o adequado processo de gestão dos recursos hídricos e planejamento de estratégias de manejo dos solos. Nestas atividades, a aplicação de geotecnologias vem representando ganhos significativos de tempo e economia de recursos públicos. A bacia do rio Japarutuba com processos de degradação avançados em alguns trechos, resultado de avanços históricos nas atividades agropecuárias, de extração mineral e despejos industriais sem o devido controle, possui uma importância estratégica para o estado de Sergipe, pois abriga o maior campo petrolífero terrestre do país, o campo de Carmópolis, com mais de 150km<sup>2</sup> e 1.200 poços.

Este estudo objetivou realizar uma análise comparativa do desempenho de MDEs gratuitos na obtenção automática de parâmetros físicos de bacias hidrográficas em escalas diferentes, submetidas a um mesmo algoritmo.

## **MATERIAIS E MÉTODO**

O estudo foi desenvolvido na bacia do rio Japarutuba em Sergipe, localizado entre as coordenadas geográficas 37°19' O, 10°13' S e 36°47' O, 10°47' S, que se constitui na menor bacia principal em extensão territorial, com cerca de 1.700 km<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 7,8% da área do Estado de Sergipe e é totalmente contida pelos limites deste. Apesar da sua baixa disponibilidade hídrica, os usos múltiplos da água superficial apresentam-se intensos na bacia, destacando-se a utilização da água nas atividades de exploração mineral, principalmente de petróleo/gás e potássio, abastecimento humano e irrigação.

A aplicação de ferramentas de geotecnologias na bacia em apreço, foi realizada por meio do software ArcGIS versão 9.3 (ESRI, 2010) e objetivou caracterizar a bacia fisicamente, utilizando funções do módulo *Spatial Analyst - Hydrology*. A partir dos Modelos Digitais de Elevação para a região, obtido de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) segundo produtos refinados por Miranda (2005), TOPODATA (Valeriano e Rosseti, 2009) e ASTER (USGS, 2010), foram extraídas informações úteis para os processos de simulação hidrológica, incluindo área e perímetro. O principal algoritmo utilizado no módulo *Hydrology* do ArcGIS é o de determinação da direção de fluxo (*Flow Direction*), que é baseado na metodologia apresentada por Jenson e Domingue (1988).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir de dados SRTM, TOPODATA e ASTER foi realizada a delimitação da bacia do rio Japarutuba e das 5 sub-bacias contribuintes aos postos de monitoramento fluviométrico em operação, por meio do módulo *Hydrology* e suas extensões presentes na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS. Ao analisar os resultados finais dos MDEs utilizados com o algoritmo aplicado, percebeu-se que foram incapazes de delimitar adequadamente a bacia do rio Japarutuba. Tal afirmação reside no fato de uma área localizada na porção nordeste da bacia, correspondendo a 34 km<sup>2</sup>, aproximadamente, ter sido direcionada para fora da bacia. Desta forma, foi realizada uma adequação em todos os MDEs, corrigindo as cotas para valores de superfície do solo para esse local.

As delimitações de bacias obtidas estão apresentadas para os MDEs e a manual na Figura 1. Observa-se boa proximidade na maioria dos resultados obtidos, considerando os MDEs

entre si e com a delimitação manual, excetua-se neste caso, a região mais próxima a foz do rio Japaratuba (Figura 1-A).

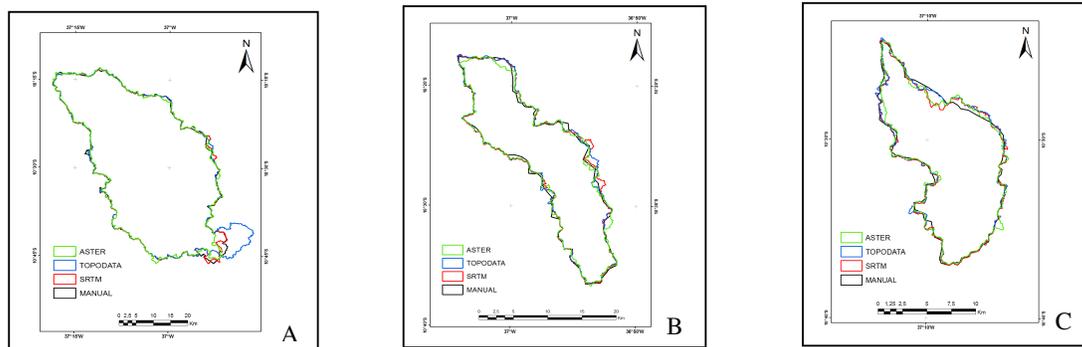


Figura 1 – Comparação visual entre os produtos obtidos pela delimitação automática de sub-bacias na bacia do rio Japaratuba. (A) Bacia do rio Japaratuba, (B) Estação Faz. Cajueiro, (C) Estação Siriri.

Avaliando os resultados obtidos para “área”, apresentados na Tabela 1, verifica-se que a variação entre os MDEs foi baixa, com diferenças médias absolutas de 1,5% para ASTER, 1,5% para TOPODATA e 1,3% para SRTM, comparativamente aos valores obtidos manualmente. Esta dimensão de erro permitiria avaliar o processo como excelente, em virtude da economia de tempo e trabalho obtidos. Observa-se ainda que não se apresentou um padrão com relação a superestimação ou subestimação nos valores de área, variando aparentemente de forma aleatória. Neste caso o processo deve estar sendo influenciado por outras variáveis, como declividade entre as células, por exemplo.

Tabela 1 – Quadro comparativo de áreas obtidas a partir dos processos estudados para as sub-bacias e bacia do rio Japaratuba

Área contribuinte (km <sup>2</sup> )						
	Pão de Açúcar	Siriri	Fazenda Cajueiro	Rosário	Posto Japaratuba	Bacia Japaratuba
<b>MANUAL</b>	132,4	149,7	276,9	311,0	733,0	1674,3
<b>ASTER</b>	132,6	146,7	274,0	301,9	739,3	1644,2
<b>TOPODATA</b>	136,9	151,1	280,2	310,3	731,8	1724,0
<b>SRTM</b>	137,9	149,3	281,2	308,1	734,4	1685,1

Para o perímetro disposto na Tabela 2, observou-se uma superestimação em todas as bacias, esta sim já esperada, pois o traçado manual executa menos curvaturas que o processo automático naturalmente faz, em virtude da resolução da célula do MDE. Assim este parâmetro aumentou com o aumento da resolução espacial, ou seja, o perímetro tem maiores valores de acordo com a redução do tamanho da célula do MDE. Assim, as diferenças médias absolutas com relação ao traçado manual foram de 6,9% para o MDE ASTER; 6,0% para TOPODATA e 3,4% para SRTM. Neste parâmetro, observou-se uma tendência a redução do erro com aumento da área da bacia, partindo de um valor médio de 7,0% para bacias pequenas, para 2,5% para bacias maiores. Tal fato retrata a influência da escala de trabalho no processo de delimitação manual, onde o detalhamento em bacias pequenas é aumentado segundo a resolução espacial do MDE.

Tabela 2 – Quadro comparativo de perímetros obtidos a partir dos processos estudados para as sub-bacias e bacia do rio Japarutuba

Perímetro (km <sup>2</sup> )						
	Pão de	Siriri	Fazenda Cajueiro	Rosário	Posto	Bacia
<b>MANUAL</b>	62,2	66,2	106,9	106,9	144,7	233,5
<b>ASTER</b>	71,7	82,5	130,7	128,0	183,1	280,5
<b>TOPODATA</b>	70,2	81,9	123,7	127,6	172,6	287,4
<b>SRTM</b>	65,9	76,7	115,4	118,7	160,9	256,2

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA - Tabuleiros Costeiros/SE (Laboratório de Geotecnologias Aplicadas/LABGEO) e a FAPITEC pela oportunidade de participar como bolsista do Projeto Japarutuba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUARQUE, D. C., FAN, F. M., PAZ, A. R., COLLISCHONN, W. Comparação de métodos para definir direções de escoamento a partir de modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, N. 2, ABRH, p. 91-103, 2009.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informações geográficas. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 4 jul. 2008.

CHAGAS, S. C., FERNANDES FILHO, E. I., ROCHA, M. F., CARVALHO JÚNIOR, W., SOUZA NETO, N. C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.218-226, 2010.

ESRI. ArcGIS desktop help. V. 9.1. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.1/index.cfm>>. Acesso em: 15 de jun. 2010.

JENSON S. K. AND J. O. DOMINGUE. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54 (11): 1593-1600, 1988.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 27 ago. 2009.

NASA. Shuttle Radar Topography Mission. Mission to Map the World. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 15 de jul. 2010.

SERGIPE. Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. Versão 2011.1. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Aracaju, SE. 2011. DVD-ROM.

USGS. Global Digital Elevation Model. Land Processes Distributed Active Archive Center. Disponível em: <<https://lpdac.usgs.gov>>. Acesso em: 10 de jul. 2010.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. TOPODATA: Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2009.