



## 168 - ANÁLISE COMPARATIVA DA DELIMITAÇÃO MANUAL E AUTOMÁTICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NA REGIÃO BRAGANTINA

### **Guilherme de Sá Alencar**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), com parte da graduação no mestrado integrado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

### **Viktor Boyadjian Pereira**

Engenheiro Civil pela Universidade de Guarulhos, Tecnólogo em obras hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC), pós-graduado em gestão de negócios pela UniSant'anna, Pós-Graduado em perícia, auditoria e gestão ambiental pela faculdade Oswaldo Cruz – FOC.

### **Lara Dias de Jesus e Sousa**

Engenheira Civil pela Universidade Nove de Julho (Uninove), pós-graduada em construção sustentável pela FAAP, pós-graduada em gestão ambiental pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL).

### **Eduardo Conselheiro**

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP)

### **Fagner Sampaio de Sousa**

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFTO)

**Endereço:** Rua Ernesto Bottoni, 502 – Jardim Adelfiori – São Paulo - SP - CEP: 05223-000 - Tel: (11)93210-8037 - e-mail: [galencar@sabesp.com.br](mailto:galencar@sabesp.com.br) ou [guidesa13@gmail.com](mailto:guidesa13@gmail.com).

### **RESUMO**

Devido à importância das bacias hidrográficas, diversos métodos automáticos para delimitação de bacias têm sido desenvolvidos. O presente trabalho tem por objetivo comparar áreas das bacias hidrográficas em Joanópolis e Pinhalzinho, delimitadas manualmente com base em cartas do IBGE 1:50000 com curvas de nível a cada 20m, com as delimitadas automaticamente pelo ArcHydro utilizando MDE com pixel de 30m, e verificar a influência da escala. Os resultados foram similares quanto ao seu traçado, apresentando pequenas variações por conta do MDE ser formado por pixels, assim, sua aparência toma um aspecto retangular em determinados pontos da bacia, já no traçado manual é possível a obtenção de curvas sinuosas, acompanhando as curvas de nível. Quanto às áreas, observou-se uma diferença de 10,6% em Joanópolis e de 9,4% em Pinhalzinho, que pode ser explicada pela diferença da precisão das bases cartográficas, pois a resolução do MDE de entrada influencia nos valores dos atributos topográficos, os quais tendem a se concentrar próximos de valores médios, tendo uma influência direta sobre os parâmetros morfométricos derivados. Diante dos resultados obtidos, observou-se que a delimitação automática atinge resultados satisfatórios comparando com a delimitação manual, quando o MDE se encontra na escala adequada à finalidade do trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** bacia hidrográfica, recursos hídricos, ARCHYDRO

### **INTRODUÇÃO:**

A bacia hidrográfica é utilizada como unidade de gerenciamento dos recursos hídricos, portanto, o reconhecimento da sua área de abrangência facilita a mensuração de impactos e gestão ambiental, por isso, tem-se a delimitação de uma bacia como um dos primeiros e mais comum procedimento executado em análises hidrológicas ou ambientais (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Devido a essa importância e à consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), foram criadas formas digitais e consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs). A partir desses modelos, diversos métodos automáticos para delimitação de bacias têm sido desenvolvidos (CARDOSO *et al.*, 2006 *apud* GARBRECHT e MARTZ, 1999).

Os MDE's são arquivos que possuem dados altimétricos que permitem a delimitação de bacias hidrográficas e são utilizados em estudos de monitoramento ambiental e hidrologia, em atividades como: análise de processos erosivos, delimitação e caracterização de bacias hidrográficas, dentre outros. No ano de 2000, a NASA lançou a

*Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para gerar MDE's da superfície terrestre e disponibilizou gratuitamente esses dados na rede mundial de computadores.

Porém, é necessário lembrar que os modelos digitais de elevação estão sujeitos a distorções. Consequentemente, os atributos topográficos derivados apresentam limitações e nem sempre traduzem as informações fidedignas do terreno, em função de um conjunto de fatores de interferência. As resoluções horizontais e verticais dos dados de elevação utilizados para retratar uma superfície de terreno têm influência significativa no detalhamento e na qualidade das representações, levando vários autores a examinarem os efeitos da resolução espacial sobre o valor e a acurácia dos atributos topográficos, derivados de conjuntos de dados de elevação de resoluções diferentes (ZHANG E MONTGOMERY, 1994; FLORINSKY, 1998; JONES, 1998; WILSON et al., 2000; Thompson et al., 2001; TANG et al., 2002; ZHOU e LIU, 2004; KIENZLE, 2004; WARREN et al., 2004; RAAFLAUB e COLLINS, 2006).

Diante disso, mesmo sendo comum encontrar diversos trabalhos que utilizam modelos digitais de elevação para a delimitação de bacias com grandes extensões, como Cecílio *et al.* (2013), Zamfir e Simulescu (2011) e Seyler *et al.* (2009), é importante saber o quanto uma escala influencia na determinação da área de uma bacia, visto que a área serve de base para trabalhos importantes como pedidos de outorga para uso dos recursos hídricos.

É possível obter cartas topográficas com escalas em um bom nível de detalhamento para esse tipo de serviço no site IBGE, já quanto aos Modelos Digitais, as opções são mais escassas, sendo possível obter dados SRTM com resoluções de 90 metros, ou ainda em alguns sites como o TOPODATA que após interpolações conseguem melhorar essa resolução para 30m, ambos modelos podem ser obtidos gratuitamente. Por outro lado, para se obter modelos mais precisos é necessário investir em soluções mais complexas, uma delas é o mapeamento aéreo com câmeras multiespectrais, geralmente utilizadas no setor agrícola.

#### **OBJETIVO:**

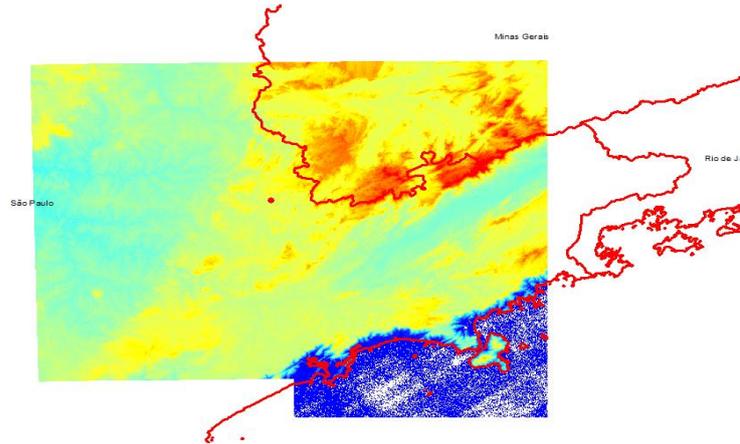
Comparar as áreas das bacias hidrográficas delimitadas manualmente com base em cartas topográficas do IBGE 1:50000 com curvas de nível a cada 20m, com as delimitadas automaticamente pelo ArcHydro utilizando modelos digitais de elevação com pixel de 30m, e verificar a influência da escala nos resultados.

#### **METODOLOGIA UTILIZADA:**

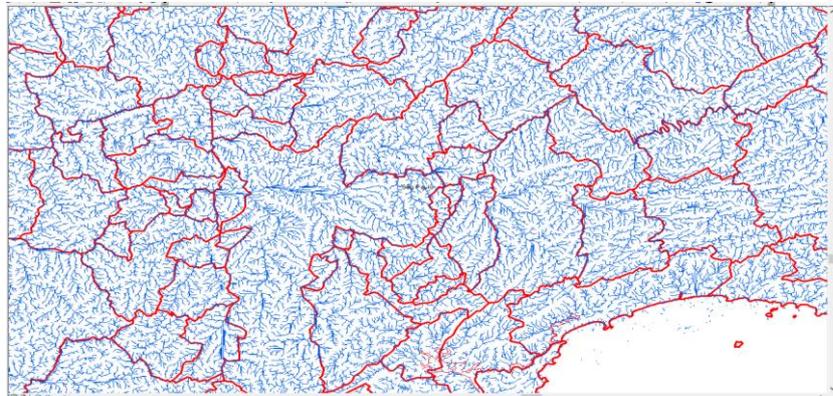
A metodologia foi baseada na comparação entre a bacia do Ribeirão da Correnteza em Joanópolis e a bacia do afluente do Rio Pinhal em Pinhalzinho. Para a delimitação automática dessas bacias, primeiro foi necessário a preparação do mosaico do modelo digital de elevação (MDE) da área de estudo.

Após a construção desse mosaico, o processamento dos dados foi executado nas seguintes etapas: preenchimento de depressões (“*fill sinks*”), direção de fluxo (“*flow direction*”), fluxo acumulado (“*flow accumulation*”), definição de córrego (“*stream definition*”), Delimitação da Rede de Captação (“*catchment grid delineation*”), Processamento de Polígono de Captação (“*catchment polygon processing*”), Processamento de Linha de Drenagem (“*drainage line processing*”), Processamento de ponto de drenagem (“*drainage point processing*”).

Cada processo gera uma camada que servirá de base para que o programa possa fazer o processamento dessas informações e assim delimitar a bacia no ponto identificado, sendo algumas camadas representadas por raster's e outras representadas por vetores, a depender da característica da informação, como pode ser observado nas figuras seguintes:



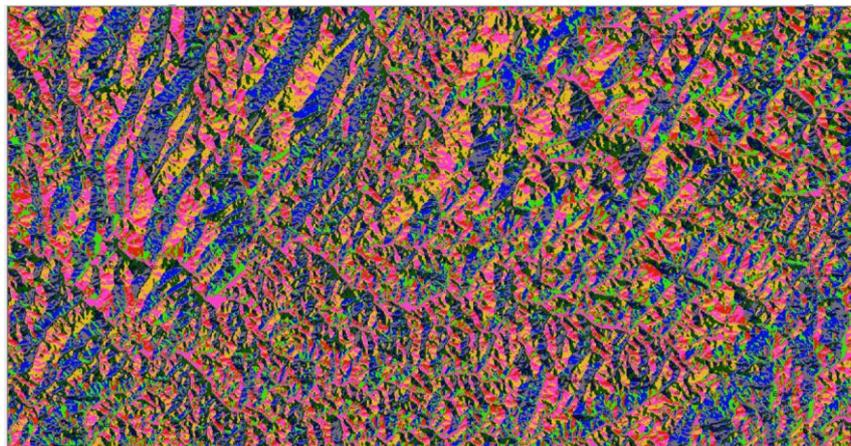
**Figura 1: Mosaico (MDE)**



**Figura 2: Mapa obtido após a execução da ferramenta “drainage line processing”**



**Figura 3: Micro bacias obtidas pela ferramenta “Catchment Grid Delineation”**



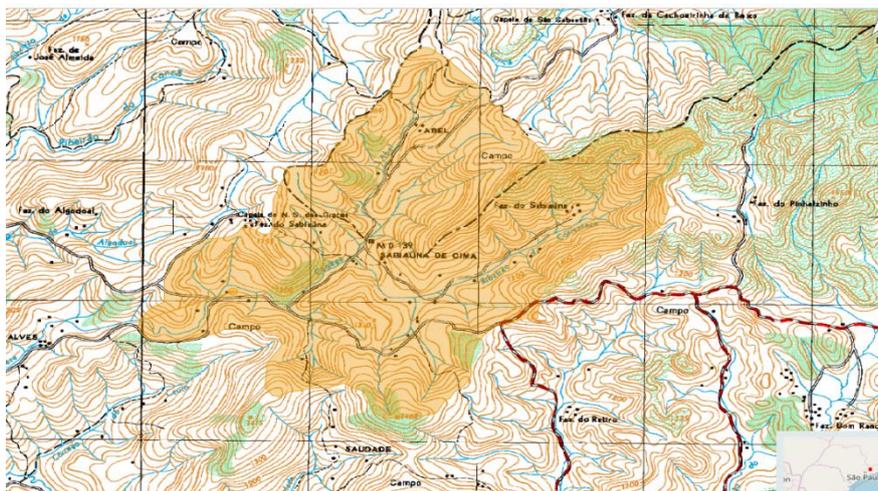
**Figura 4: Mapa de direção de fluxo**

Depois desse processamento finalizado, o programa já terá as informações necessárias para a geração de qualquer bacia que esteja dentro mosaico construído, bastando informar as coordenadas do exutório e executar o comando *watershed delineation*".

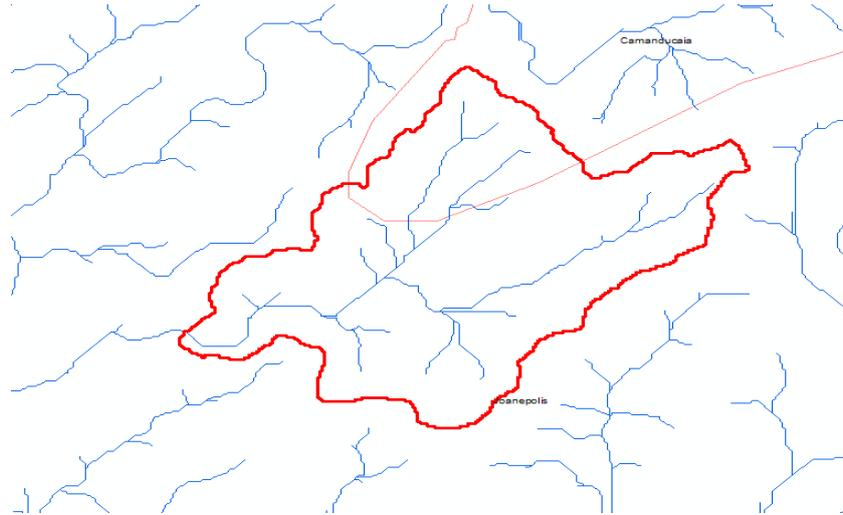
Para a delimitação manual, foi utilizada a ferramenta DataGeo onde é possível encontrar diversos mapas temáticos para o estado de São Paulo. No presente trabalho foi utilizada a carta topográfica do IBGE escala 1:50000. Nesse processo é necessário observar a topografia do terreno representada pelas curvas de nível, ligando manualmente os pontos que formam os divisores de água do local.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

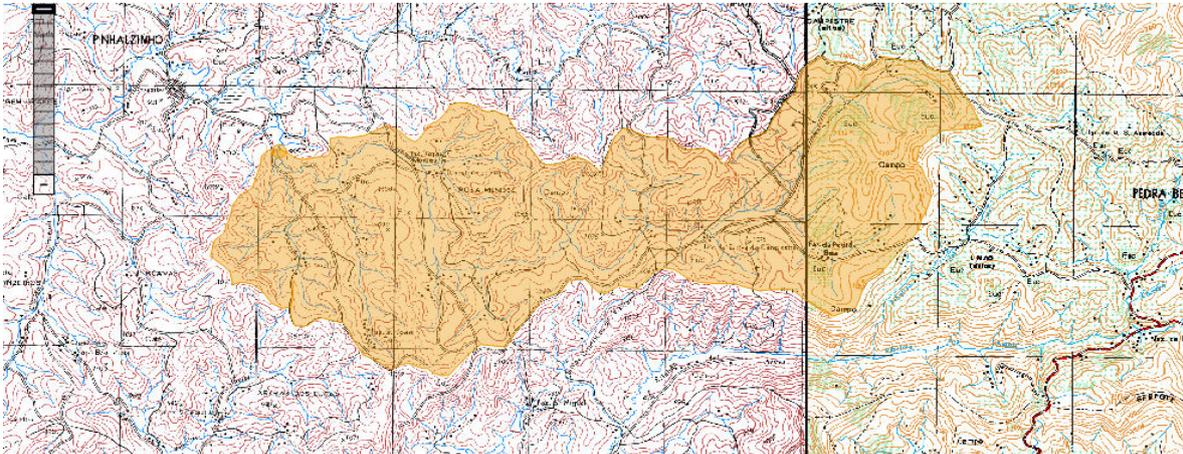
Os resultados das delimitações das bacias obtidos pelos diferentes métodos foram similares quanto ao seu traçado, apresentando pequenas variações por conta da diferença de propriedades entre uma curva de nível e um MDE raster. Como o raster é formado por pixels, sua aparência toma um aspecto retangular em determinados pontos da bacia, já no traçado manual é possível a obtenção de curvas mais sinuosas de acordo com cada curva de nível.



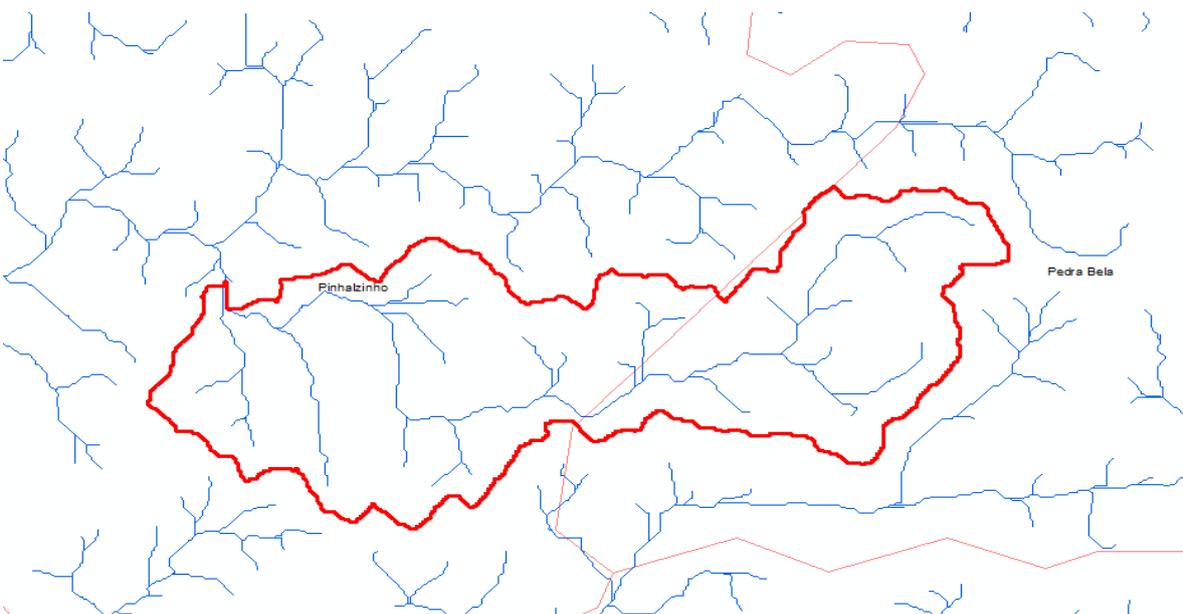
**Figura5: Delimitação da Bacia de Contribuição do Ribeirão da Correnteza (mancha de cor laranja). Ponto de Referência: Captação da ETA Joanópolis**



**Figura6: Delimitação com a ferramenta ArcHydro**



**Figura7: Delimitação da Bacia de Contribuição do afluente do Rio Pinhal (mancha de cor laranja). Ponto de Referência: Captação da ETA Pinhalzinho**



**Figura8: Delimitação com a ferramenta ArcHydro**

Quanto às áreas, observou-se diferenças razoáveis entre as duas metodologias como mostrado na Tabela 1. Que pode ser explicada por conta da diferença da precisão das bases cartográficas, visto que o MDE possui valores únicos de altimetria em um pixel de 30m, já as curvas de nível a cada 20m do IBGE com escala de 1:50000 oferece uma maior precisão.

Tabela 1: Área das Bacias Hidrográficas

| Município   | Área                           |                             | Diferença (%) |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------|
|             | DataGeo/IBGE(km <sup>2</sup> ) | ArcHydro (km <sup>2</sup> ) |               |
| Joanópolis  | 20,03                          | 17,90                       | 10,6 %        |
| Pinhalzinho | 34,18                          | 30,96                       | 9,4 %         |

A influência da escala na obtenção de atributos topográfico derivados de MDE foi estudada por Neuman *et al.* (2009), ela demonstrou que a redução da resolução espacial do MDE de entrada influencia nos valores dos atributos topográficos, os quais tendem a se concentrar próximos de valores médios, tendo uma influência direta sobre os parâmetros morfométricos derivados.

O refinamento da quantidade de informações interfere nos resultados das aplicações de funções polinomiais tornando as representações um desafio. Isto evidencia a necessidade de utilização de dados em escalas adequadas aos trabalhos a serem realizados, pois os MDEs são importantes dados de análise espacial. Na figura 9 e na figura 10, pode-se ver a variação das declividades em MDE com diferentes níveis de precisão, variando de 1m até 90 m o tamanho do pixel.

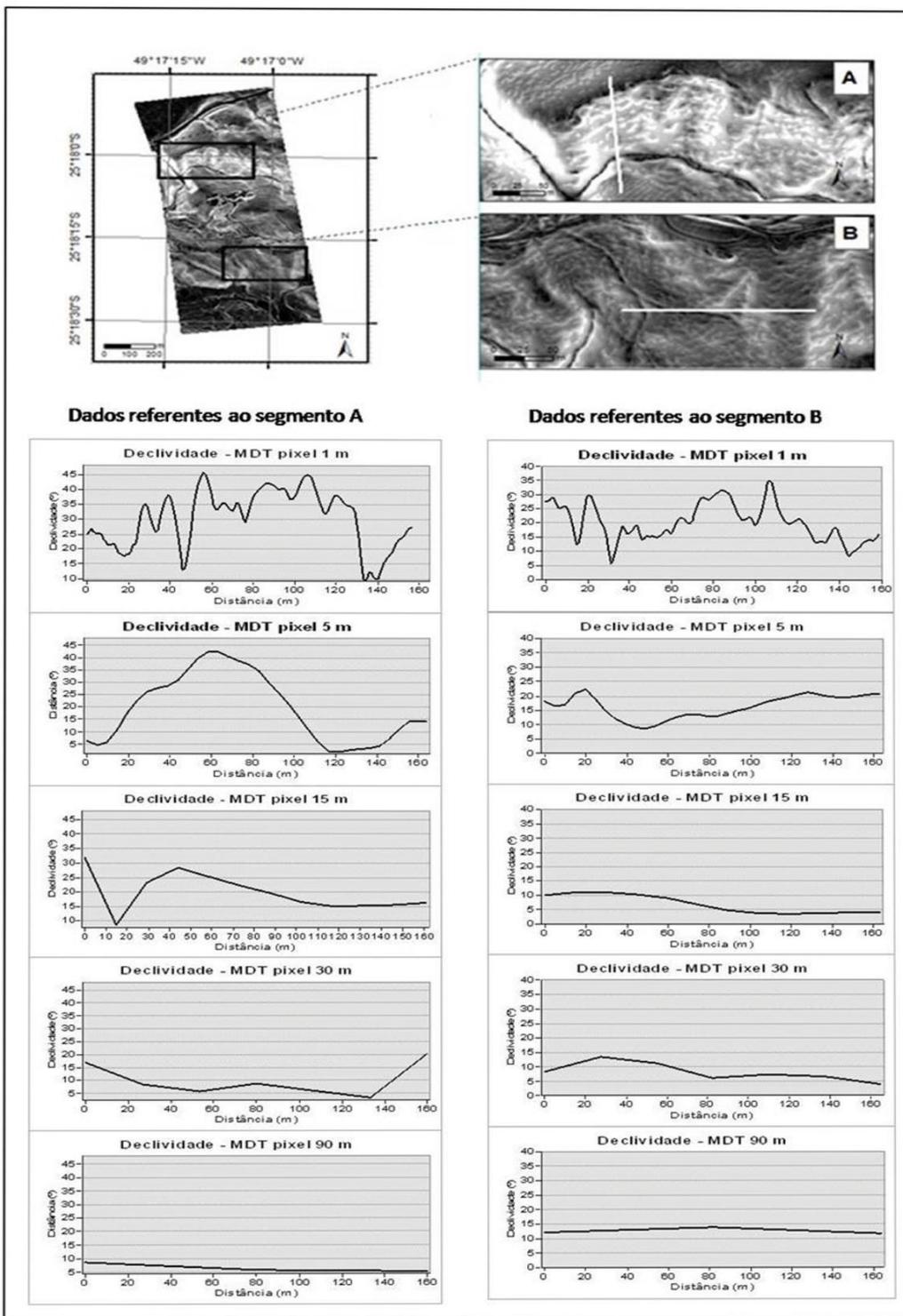


Figura 9: Variação de declividades

Fonte: Neuman *et al.*(2009)

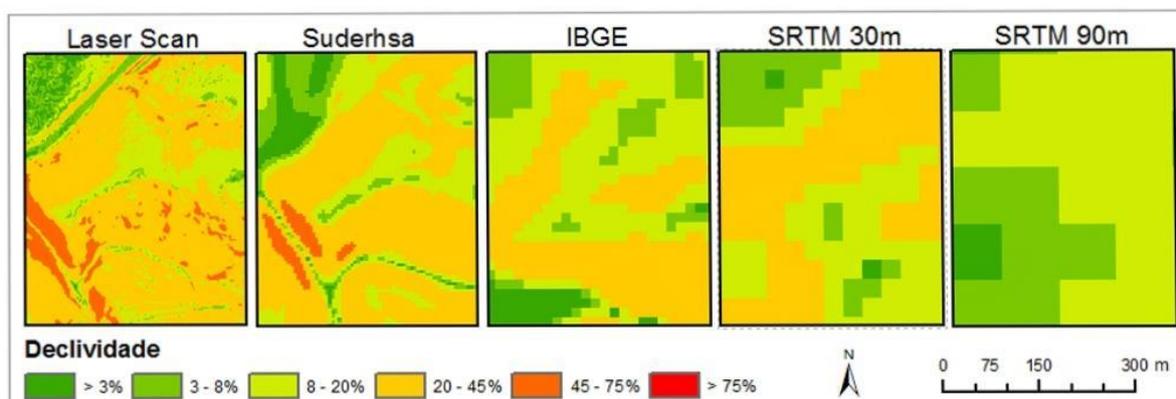


Figura 10: Variação de declividades

Fonte: Neuman *et al.*(2009)

Percebe-se que muita informação é perdida no SRTM 90m, por conta dos tamanhos dos pixels e pelo fato deles mostrarem valores médios naquela região. Da mesma forma, o traçado de uma bacia pode tomar um caminho errado pela falta de detalhamento do raster.

A diferença de área encontrada no presente trabalho, que girou em torno de 10%, pode ser bem relevante em alguns casos. Por exemplo, em pedidos de outorga para uso dos recursos hídricos, como a área da bacia influencia diretamente na quantidade de água a ser captada, um refinamento no cálculo da área pode aumentar essa quantidade permitida, que em um caso extremo pode evitar a necessidade de se fazer novos investimentos.

## CONCLUSÃO:

Diante dos resultados obtidos, observou-se que a delimitação automática atinge resultados satisfatórios comparando com a delimitação manual, quando o MDE se encontra na escala adequada à finalidade do trabalho. Portanto, recomenda-se a utilização dos processos automáticos por conta da agilidade. Caso haja necessidade de um refinamento maior, e se não for possível a obtenção de MDE com precisão suficiente, o processo manual pode gerar um resultado melhor, por conta da maior facilidade de se encontrar cartas topográficas com maior precisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, E. P.; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão a partir de dados SRTM, In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, Natal. Anais. INPE, p. 4631-4638. 2009
2. CARDOSO, Christiany Araujo; DIAS, Herly Carlos Teixeira; SOARES, Carlos Pedro Boechat; MARTINS, Sebastião Venâncio. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, vol. 30, 2006. apud GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. Digital elevation model issues in water resources modeling. ESRI, USERS CONFERENCE, 19., 1999, San Diego. Proceedings... San Diego: 1999. CD-ROM.
3. CECÍLIO, R. A.; COUTINHO, L. M.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. (2013). Delimitação de bacia hidrográfica em região montanhosa a partir de diferentes modelos digitais de elevação. *Semina: Ciências Agrárias* 34, pp. 2007-2023.
4. JONES, K.H. A comparison of algorithms used to compute hill slope as a property of the DEM. *Computers & Geosciences*, v. 24, n. 4, p. 315-323, 1998.
5. KIENZLE, S. The effect of DEM raster resolution on first order, second order and compound terrain derivatives. *Transactions. In: GIS*, v. 8, n. 1, p. 83-111, 2004.
6. NEUMAN, G; SILVEIRA, C. T.; SAMPAIO, T. V. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ESCALA NA OBTENÇÃO DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS DERIVADOS DE MDE. *Revista Are Ga Espaço Geográfico em Análise*, v. 43, p. 179, 2018.



7. RAAFLAUB, L.D.; COLLINS, M.J. The defect. Off erro in agride digital elevai-o modelos no lhe estimativos off topográficos parâmetros. *Environmental Modelinha& Software*, v. 21, n. 5, p. 710-732, 2006.
8. SEYLERSEYLER, F.; MULLER, F.; COCHONNEAU, G.; GUIMARÃES, L.; GUYOT, J. L. (2009). Watershed delineation for the Amazon sub-basin system using GTOPO30 DEM and drainage network extracted from JERS SAR images. *Hydrological Processes* 23, pp. 3173-3185.
9. TANG, G. YANG W, QIN H. . An Application of Using GIS Technology to Return Hillside Cultivated Land for Forestry and Grassland in Loess Plateau Region. *Bulletin of Soil and Land Water Conservation*, nº22, p 46–50, 2002.
10. THOMPSON, J.A.; BELL, J.C.; BUTLER, C.A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soillandscape modeling. *Geoderma*, v. 100, n. 1, p.67-89, 2001.
11. WARREN, S. D., HOHMANN, M. G., AUERSWALD, K., MITASOVA, H. An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data. *Catena*, v. 58, n. 3, p. 215-233, 2004.
12. WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis, chapter 1. In: Wilson, J. P.; Gallant, J. C. (eds.). *Terrain analysis: principles and applications*. New York: John Wiley & Sons, p.127, 2000
13. ZAMFIR, A.; SIMULESCU, D. (2011) Automatic delineation of a watershed using a DEM. Case study – the Olteț watershed. *Georeview* 20, pp. 83-92.
14. ZHANG, W.; MONTGOMERY, D.R. Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations. *Water resources research*, v. 30, n. 4, p. 10191028, 1994.
15. ZHOU, Q.; LIU, X.. Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. *Computers& Geosciences*, v. 30, n. 4, p. 369-378, 2004