

Determinação de Modelo Hidrográfico de Escoamento para a Microbacia do Arroio Inhamandá a partir de parâmetros morfométricos das imagens dos sensores Aster e SRTM.

Marcelo Alberto Rech¹
Michele Monguilhott²
Alessandro Carvalho Miola²
Elódio Sebem²

¹ Acadêmico do Curso Técnico em Geoprocessamento do Colégio Politécnico da UFSM
Universidade Federal de Santa Maria - Avenida Roraima, nº 1000, Campus UFSM,
Prédio 70 – Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP 97105-900/Brasil.
(bolsista PRAE)
marceloarech@yahoo.com.br

² Professores do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria
Avenida Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio 70 – Bairro Camobi, Santa Maria/RS,
CEP 97105-900/Brasil.
{michelegads, engenheiroacm}@gmail.com; elodiosebem@politecnico.ufsm.br

Abstract. This paper presents the design methodology applied to the processing of data from remote sensors Aster and SRTM (Topodata), obtaining the digital elevation model (DEM), which contribute to the modeling of water resources. The study area is corresponding to Inhamandá watershed, located in São Pedro do Sul / RS. The method of work undertaken to classify the watershed study as its catchment area and thresholds adopted, starting from the principle that smaller basins are formed by a smaller number of cells (pixels) and their drains are owned by hierarchical orders also lower. Brings out that although analysis revealed the same area by two sensors, they showed different results in the design of drainage and the geometric shape of their basins. The software used was ArcGIS ® Desktop, which has features of a geographic information system (GIS), adapted to the procedures of the inferences and analysis. Among the results has been the settings of river basins, drainage channels and hierarchy. The conclusions may be noted that the classification of watersheds by the method employed is disagreement between different authors. Currently, the MDE is in the testing phase, creating great expectations, to know some of the limitations of the models, but partly also knew its potential. Still need to develop research in this area, using DEMs for generating watershed between other applications.

Palavras-Chave: drain canals, digital elevation models, classification, remote sensing canais de drenagem, modelo digital de elevação, classificação, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A obtenção de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) tem suas aplicações em estudos relativos à geomorfologia, constituição dos solos, estudos hidrográficos e vegetativos (pelo efeito dossel), além de áreas com ambientes delicados entre outras observações. (VALERIANO, 2008).

Dentre os equipamentos capazes de gerar tais modelos tem-se o Radar SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e o sensor radiométrico Aster GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*). A resolução espacial da imagem SRTM originalmente de 90 metros, foi reamostrada para 30 metros pelo método da *Kriegagem* (VALERIANO, 2008). Já o Aster, tem seu pixel com resolução espacial original de 30 m.

Com o produto obtido por estes sensores, é possível, por exemplo, o delineamento de bacias hidrográficas, através do cruzamento dos planos de informações, que resultam em mapeamentos com temáticas quali-quantitativas das principais características geomorfométricas definidoras da drenagem.

Cada região hidrográfica tem suas características inerentes ao seu processo de formação. Uma das características mais importantes seria o escoamento/drenagem, que nesse caso não se trata apenas de hidrologia, mas a hidrografia que é um fator geográfico; pois as características de uma bacia compreendem as áreas entre os seus divisores hidrográficos determinando a direção do fluxo que escoam para um canal receptor. Tanto menor forem essas áreas, maior a possibilidade de se encontrar semelhanças de características geográficas e topográficas na própria bacia.

Atualmente, existem divergências entre os autores no que diz respeito à classificação de bacias hidrográficas, principalmente na quantificação das áreas destas bacias. A Tabela 1 demonstra claramente essa divergência:

Tabela 1. Autores e a relação entre as áreas de bacias e sua classificação.

AUTORES	ÁREAS PARA SUB-BACIAS	ÁREAS PARA MICROBACIAS
Faustino (1996)	de 100 km ² a 700 km ²	Menor que 100 km ²
Rocha e Kurtz (2001)	de 200 km ² a 3.000 km ²	Menor que 20 km ²
Cecílio e Reis (2006)	de 0,1 km ² a 200 km ²	-

Verifica-se que as áreas e as classificações de cada bacia, variam conforme o autor. Consideram-se então, a estreita relação existente entre a área do pixel gerado por cada sensor e a área resultante que dependerá da escolha do referencial teórico para a adoção de uma classificação.

O objetivo desta pesquisa foi analisar as potencialidades dos MDEs do Banco de Dados Topodata/SRTM (INPE, 2008) e do sensor Aster GDEM, para a geração de Modelos Hidrográficos de Escoamento. Para isso, obtiveram-se mapas para quantificar o atributo de relevo e delineamento de microbacias, sendo aplicados a este atributo, diferentes limiares: 10, 100, 500, 1.000, 5.000, 10.000. Todos testados para os dois sensores em questão.

Foram pesquisados e analisados a fidedignidade dos MDE, em função de suas resoluções espaciais (tamanho do pixel na superfície, em metros), para detalhamento de bacias hidrográficas. Destaca-se também a escassez de dados e modelos hidrográficos no País, e que, por meio desta pesquisa pretende-se demonstrar a potencialidade de obtenção de dados obtidos com a geração dos respectivos modelos.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo abrange a microbacia do Inhamandá no Município de São Pedro do Sul, localizado na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul.

As imagens estão disponíveis na internet, onde a imagem SRTM é obtida no site do INPE <http://www.inpe.br>, e a imagem Aster está disponível no site <http://ASTERweb.jpl.nasa.gov/>. A folha utilizada foi a 29_555, com escala de 1:250.000. Foram utilizadas a carta topográfica (DSG), São Pedro do Sul (SH.21-X-D-VI-2) na escala 1:50.000, para validação dos dados do MDE dos sensores, e o MDT da carta, e classificação de superfícies de drenagem, de seus limiares de formação e quantificou-se a extensão dos canais de drenagem.

Para a rotina computacional usa-se o aplicativo do ArcGis, o *ArcToolbox*: as ferramentas *Spatial Analyst Tools (Hydrology e Conditional)* ou o *Arc Hydro tools*, seguindo o fluxograma da Figura 2. Contudo a rotina simplifica-se caso for utilizado a ferramenta *Watershed Delineations*, o qual gera automaticamente toda a rotina e seus arquivos. A descrição é da rotina utilizada por Medeiros et. al (2009) adotada nessa pesquisa:

a) Primeiro aplica-se a ferramenta “*fill sink*”, retirando possíveis depressões e saliências que causam refluxos nas calhas gerando uma nova imagem raster;

b) Em seguida calcula-se a direção de fluxo, através do uso da ferramenta “*flow direction*”, com auxílio do algoritmo D8, onde a corrente de fluxo é definida através do

modelo de pontos de vertentes nas 8 direções possíveis, conectando o segmento de montante ao de jusante do fluxo. A imagem de saída também será um raster;

c) O fluxo acumulado é obtido com o uso da ferramenta “*flow accumulation*”, que armazena em valores a quantidade de células que drenam para cada pixel da cena. As células que contêm valores altos representam áreas a jusante, e o valor zero a borda da bacia. A execução do algoritmo D8 seleciona as células, e inicia sua rotina pelas áreas que concentram fluxo, para em seguida localizar, as com menores valores. Após chegar aos pixels com valores zero, determinando as bordas de bacias, o programa refaz o caminho inverso, revisando todo o percurso e gerando uma imagem raster;

d) Para a obtenção da rede de drenagem, usa-se a ferramenta “*conditional>con*”, definindo-se o mínimo de células para o ajustamento do tamanho das sub-bacias hidrográficas. O valor expressa a quantidade mínima de pixels, que serão necessários para a formação de uma bacia de acumulação. No presente estudo cada limiar gerou um novo arquivo raster, e estes, convertidos para o formato *shapefile* (.shp) através da ferramenta *stream to feature*;

e) A delimitação da bacia, gerada automaticamente a partir do *watershed*, gerando um arquivo raster de sub-bacias, é obtida aplicando-se valores associados a um arquivo shape com a localização de um pixel a jusante da microbacia que se quer delimitar.

A rotina citada acima, está exemplificada no fluxograma abaixo na Figura 2, com as ferramentas para a versão 9.3 do software ArcGis®:

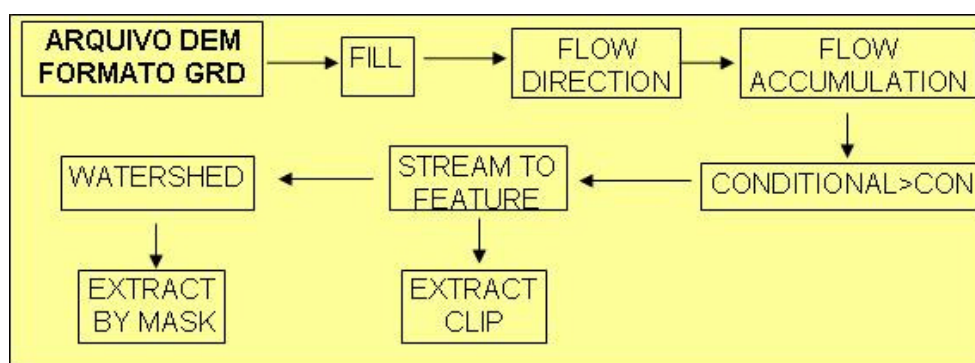


Figura 2. Fluxograma da rotina utilizando o *Watershed*.

Após a rotina *coditional>con*, onde se define o valor do limiar, os modelos dos sensores SRTM e ASTER apresentaram diferentes resultados. Tanto menor o limiar, maior densidade de drenagens será formada. O resultado deste processamento será visto em seguida.

Abaixo, na Figura 3, se tem algumas imagens da rotina de processamento segundo o fluxograma acima:


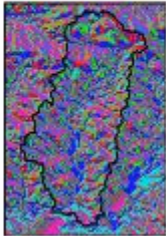


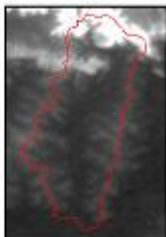
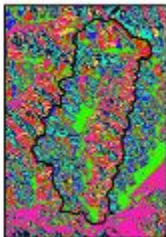


ETAPA SENSOR	ARQUIVO GRD	FLOW DIRECTION	FLOW ACCUMULATION	CONDITIONAL >CON
SRTM				
ASTER				

Figura 3 - Resultados do processamento das imagens SRTM e Aster na rotina, parcialmente executada, "Watershed".

Além da delimitação das microbacias e sub-bacias através do uso de diferentes limiares, também se quis realizar um estudo da hierarquização dos canais de drenagem, na mesma área da prática anterior. Para isso adotou-se o roteiro a seguir na Figura 4, descrito por Figueiredo, et al (2007):

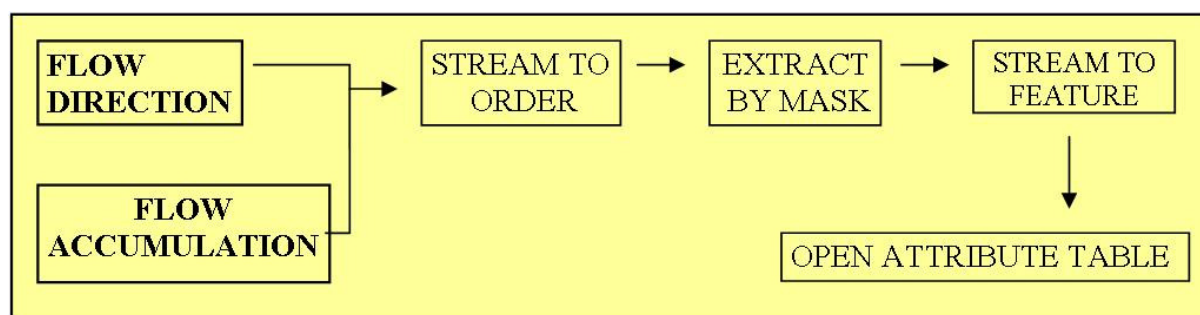


Figura 4 - Fluxograma da rotina para ordenamentos de canais de drenagens e seu posterior delineamento.

Na etapa *stream to feature* (efetuada após a ordenação das drenagens), foi necessário atenção especial, pois nesse passo foram gerados os níveis de detalhamento desejado para o delineamento das drenagens e de suas ordens. Antes mesmo de executar, clicando em OK na janela do comando, selecionou-se a tabela de atributos em *open attribute table*, onde foram selecionadas as linhas para o detalhamento necessário.

Para isso os autores concordaram que seria didático, níveis de detalhamento diferentes entre si; ou seja, para cada limiar o detalhamento da rede de drenagem apresentaria respostas diferentes. Por exemplo, para o limiar de 100, foi selecionado da 1ª até a 9ª ordem. Isso quer dizer que foram colocadas em evidências as drenagens de 1ª até a 9ª ordem. Já para o limiar de 500, as linhas selecionadas foram a partir da 4ª linha, ou então de 4ª ordem; e para o limiar de 1000, a partir da 6ª linha em diante, ou da 6ª ordem.

3. Resultados e Discussão

O delineamento da microbacia do Inhamandá resultou da união das pequenas bacias circunscritas no polígono resultante da área drenada pelo arroio Inhamandá, conforme o

critério de delineamento por divisores hidrográficos. A aplicação da metodologia proposta trata dos modelos digitais de elevação dos sensores Aster e SRTM com resolução espacial de 30 metros. Os limiares aplicados em ambas as imagens foram os de: 1, 10, 50, 100, 500, 1.000, 5.000, 10.000.

A Figura 5 detalha as etapas de uso do aplicativo *ArcToolbox*, com as principais ferramentas, facilitando o entendimento da metodologia utilizada.

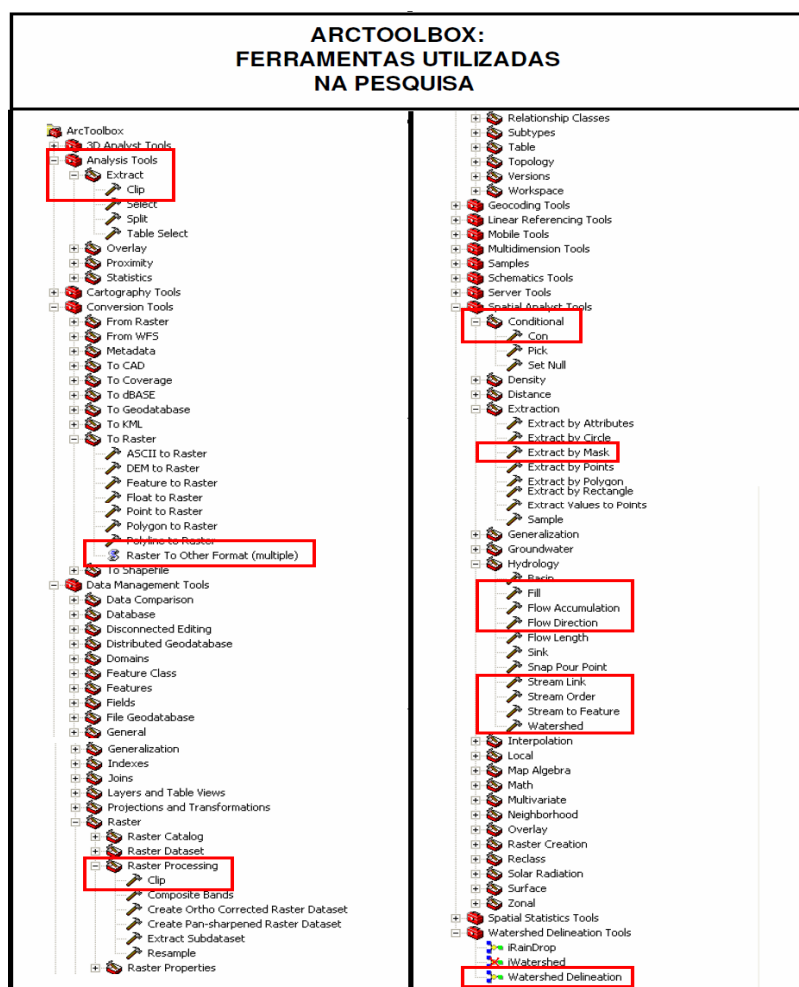


Figura 5 – Aplicativo *ArcToolbox* e as ferramentas utilizadas.

Por questões técnicas os limiares de 1, 10 e 5.000, não demonstraram representatividade nem consistência; assim, os autores deste, optaram por não analisá-los nesta etapa do trabalho.

As Figuras 6 e 7 foram obtidas a partir da ferramenta *Watershed Delineations*, sendo os dados processados para os limiares de 100, 500 e 1.000, gerando subsequentemente as microbacias e sub-bacias, o delineamento dos canais e suas hierarquizações.

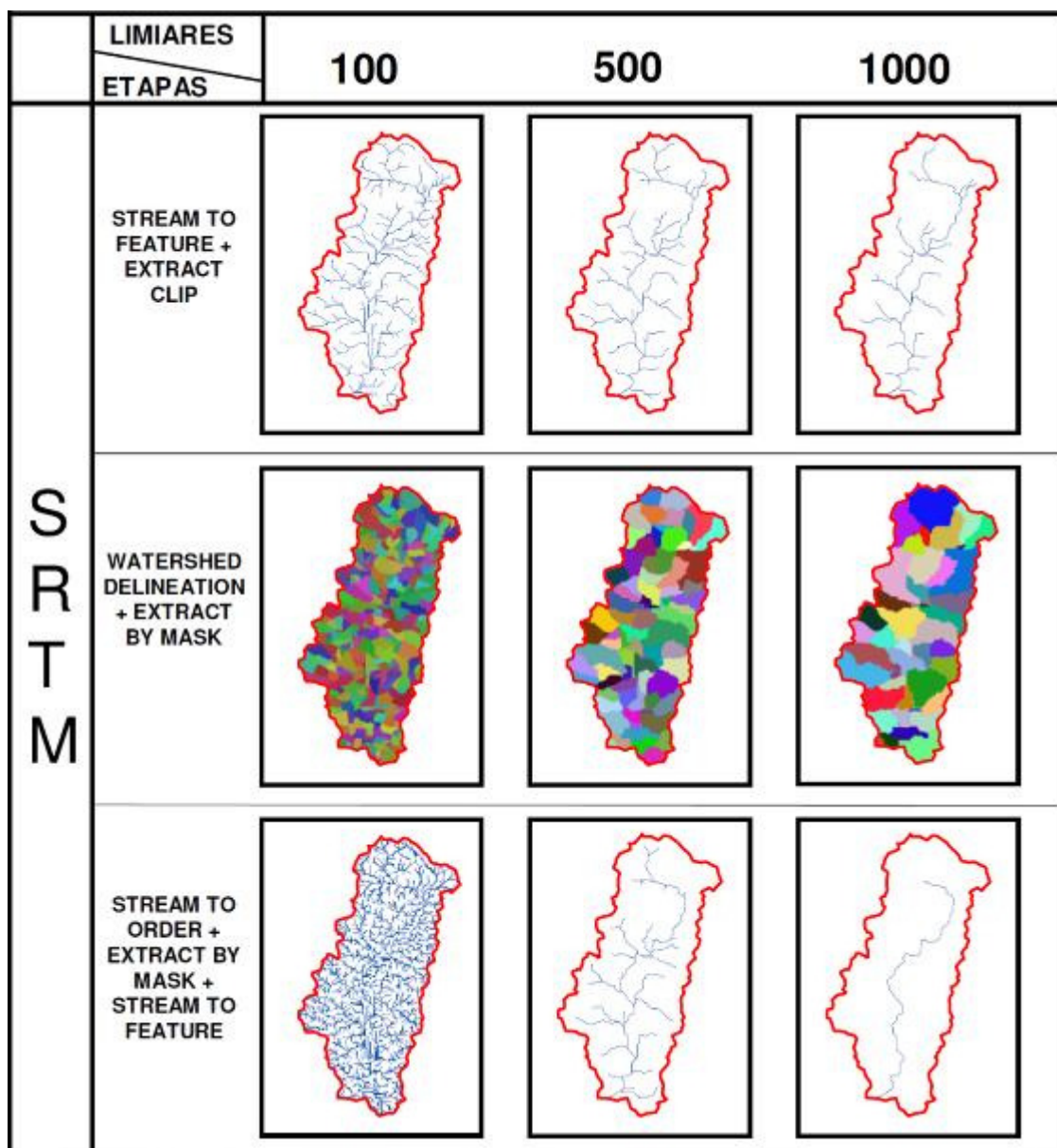


Figura 6 – Resultado do processamento dos dados SRTM na rotina *Watershed*.

Os produtos obtidos a partir dos modelos ASTER e SRTM e limiares adotados são modelos de elevação baseados na superfície de cobertura topográfica, por isso produzem diferenças na geração de dados morfométricos.

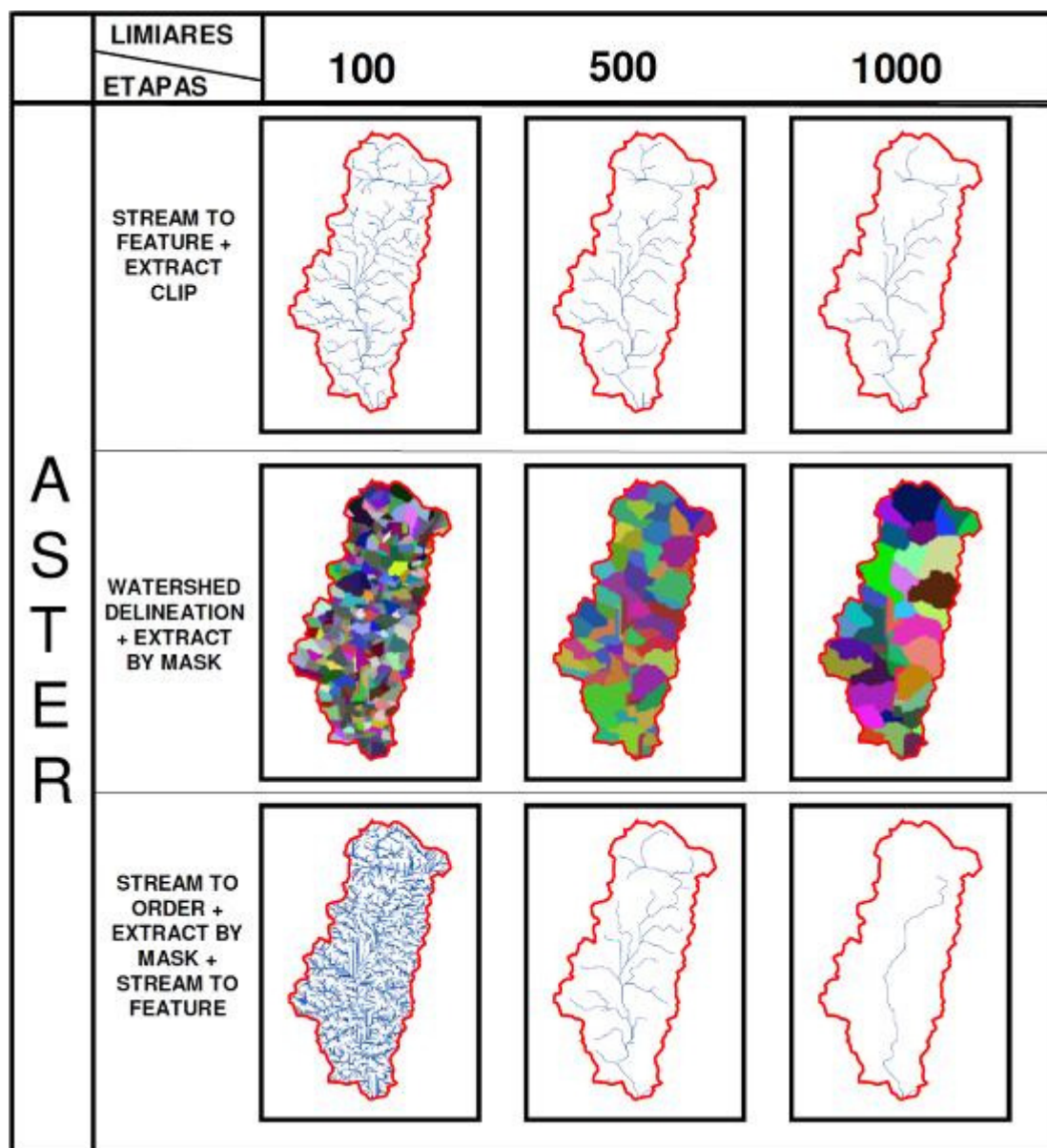


Figura 7 – Resultados do processamento dos dados Áster para a rotina *Watershed*.

Após a aplicação dos limiares, classificaram-se os resultados como microbacia e sub-bacia, na Tabela 2. Como microbacia segundo Rocha & Kurtz (2001) e Faustino (1996) para todo o intervalo de limiares aplicados; já para os autores Cecílio & Reis (2006) classificaram-se em microbacias somente os limiares entre 1 a 100 pixels, gerando sub-bacias a partir do limiar de 500 pixels.

Tabela 2. Relação entre os limiares usados, área (ha.), autor e sua classificação.

LIMIAR	ÁREA	AUTOR	CLASSIFICAÇÃO
100	9,0	Rocha & Kurtz e Faustino	Microbacias
500	45	Cecílio & Reis	Sub-bacias
1000	90	Cecílio & Reis	Sub-bacias

4. Conclusões

O determinante do limiar base vai ser a área da bacia objeto de estudo, sendo que um número maior de pixels no limiar de referência utilizado para o delineamento origina uma

superfície de drenagem que circunscribe a microbacia de interesse se esta for pequena. Como alternativa faz-se a entrada de um limiar menor de pixels que determinará uma superfície drenada de referência adequada à área da bacia. A obtenção do delineamento da bacia de interesse deverá ser feita pela união das microbacias/sub-bacias geradas em função de um limiar menor através da aplicação desta rotina específica com o uso do software ArcGis®.

Conforme a metodologia utilizada a bacia hidrográfica do Inhamandá classificou-se como microbacia com base em Rocha & Kurtz (2001); e Faustino (1996), e como sub-bacia hidrográfica segundo Cecílio & Reis (2006). A metodologia proposta é mais adequada para áreas com relevos mais acidentados tendo em vista, que as áreas planas são mais susceptíveis ao efeito dossel dos modelos de ambos os sensores.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela oferta de Bolsas de Pesquisas nas áreas de Sensoriamento Remoto, incentivando o uso desta tecnologia cada vez mais utilizada para a análise de questões cotidianas.

Referências Bibliográficas

Figueiredo, E. O.; Braz, E. M.; Oliveira, M. V. N. **Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal**. Rio Branco. Embrapa. 2007. 187 p.

Medeiros, L. C.; Ferreira, N. C.; Ferreira, L. G. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para delimitação Automática de Bacias Hidrográficas. **In: Revista Brasileira de Cartografia** nº 61. (2009). Disponível em http://www.rbc.ufrj.br/pdf_61_2009/61_02_6.pdf. Acesso em Ago. 2010.

Rocha, J. S.M. E Kurtz, S.M. J. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4ª ed. Santa Maria, Imprensa Universitária, 2001. 302 p.

Site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Disponível em: <http://www.inpe.com.br>. Acessos feitos de Out. 2009 à Jun. 2010.

Site da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Home Page: <http://ASTERweb.jpl.nasa.gov/>. Acesso em Abril 2010.

Teodoro, V. L.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara** nº 20, p. 137 - 156. 2007. Disponível em: www.uniara.com.br/pdf/20/Revuniara20_11.pdf. Acesso em ago. 2010.

Valeriano, M. de M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais** / Márcio de Morisson Valeriano. São José dos Campos: INPE, 2008. 44p; (INPE-0000 -TDI/00). http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_enx.pdf. Acessado em set. 2009.