

Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite de bacia hidrográfica

Helder Gustavo Marques¹
Natasha Costa Penatti^{1,2}
Antonio Conceição Paranhos Filho¹
Otávio Froehlich¹
Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida²
Yosio Shimabukuro³

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Campus Universitário, S/Nº - Caixa Postal 549
79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil
{hellder.marques, toniparanhos, otaviofr}@gmail.com;

² Universidade de São Paulo - USP
Rua do Lago, 209 - Caixa Postal 6041
05508-080 - São Paulo - SP, Brasil
{Natasha.penatti, talmeida}@usp.br

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758
12227-010 - São José dos Campos – SP, Brasil
yosio@dsr.inpe.br

Abstract. The adequate delimitation of watersheds and its drainages is essential to be used as the territorial unit for planning and management of water resources. Thus, this work verifies the conformity between the drainage lines extracted automatically from distinct digital elevation models (DEM), from SRTM (USGS and TOPODATA) and from ASTER images, all compared to the drainage photointerpreted over a HRC-CBERS 2 image and also to the official topographic map. Moreover, it is compared the automatic delimitation of a hydrographic basin using these three models to that one obtained from the manual interpretation of the official topographic sheet. The region choose, at Bodoquena Hills (Mato Grosso do Sul, Brazil), has its drainage well incised, so it should be easy to model automatically from the DEM. The results achieved show significant differences both on the drainage lines and watersheds extracted from these models. The TOPODATA product was the best model, showing greater similarity to photointerpreted drainage and to the topographic sheet. It also presented more detailed drainages than the SRTM (90m) and the ASTER model. The basins delimitations not only differed among themselves as significantly differed from manually delimited from the topographic sheet. The ASTER product was the one that got the worst result delimitating the basin. The results show significant differences in the drainage networks and basins delimitations extracted from different MDE, demonstrating that it is up to user discretion in applying these models, besides it is necessary the use of some complementary data source to verify the accuracy of results.

Key-words: Remote Sensing, Geographic Information Systems, Digital Elevation Model, Drainage network, Bodoquena.

1. Introdução

A bacia hidrográfica constitui a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado dos recursos naturais no ecossistema por ele envolvido (Brasil, 1997). Fisicamente é uma área cujo perímetro é determinado por divisores de água e compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para um canal principal. Segundo Villela e Mattos (1975), o conhecimento das características físicas de bacias hidrográficas, como área de drenagem, forma da bacia, sistema de drenagem e características

do relevo, são de grande utilidade, pois permite determinar a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. No processo de delimitação automática de bacias hidrográficas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), são utilizadas informações de relevo, que podem ser representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico de Terreno (MNT), que pode ser obtido por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos (Alves Sobrinho et al., 2010).

O uso de MNTs, como modelos digitais de elevação (MDEs), na delimitação de bacias apresentam-se atualmente como a forma mais prática, rápida e menos subjetiva. Atualmente estão disponibilizados na Internet MDEs, produtos SRTM, das fontes USGS e TOPODATA, além do produto ASTER.

No intuito de enriquecer a alimentação de dados altimétricos dos continentes terrestres, a *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) gerou uma coleção de dados topográficos levantados a partir de plataforma orbital, proporcionando um importante avanço científico e tecnológico para o estudo do meio físico. Este sistema de radar operou baseando-se na técnica de interferometria a fim de obter dados para elaborar um MDE em escala quase global. Os dados SRTM, na forma em que foram disponibilizados para nosso continente, apresentam resolução espacial de 3 arcos de segundo (~90m) e resolução vertical de 1m.

O SRTM pode ser adquirido em diferentes níveis de processamento, como no site do Projeto TOPODATA (<http://www.dpi.inpe.br/topodata/data/grd/>), onde os dados disponibilizados passaram por um processamento computacional para refinamento no tamanho do pixel de 90 para 30m, sendo interpolados pelo método de krigagem (Valeriano e Rossetti, 2009).

O ASTER é um sensor multiespectral lançado a bordo do satélite Terra, apresentando captura de dados de média resolução espacial e capacidade de visualização estereoscópica para a criação de MDE. Sua distribuição gratuita se iniciou em Junho de 2009, sugerindo possibilidades de espacializações de redes de drenagem com maior qualidade, devido à melhor resolução espacial em relação aos dados SRTM (Andrades Filho, 2009).

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade e precisão da delimitação automática de bacias hidrográficas, bem como a identificação de segmentos referentes a redes de drenagem, utilizando dados SRTM - USGS (90m), TOPODATA (30m) e DEM - ASTER (20m), integrados e processados em ambiente SIG, sobre uma bacia hidrográfica piloto em área de relevo bem definido.

3. Metodologia de Trabalho

A bacia do córrego Salobrinha pertence à Bacia do Alto Paraguai (BAP), situada no Planalto da Bodoquena, município homônimo no Mato Grosso do Sul. O córrego nasce próximo à borda do planalto que delimita a planície do Pantanal, a pouco mais de 600m de altitude. Corre para leste, atravessando a morraria de calcários do Parque Nacional da Serra da Bodoquena e deságua no rio Salobra. Em sua maior parte, o leito encontra-se encaixado dentro de um vale estreito e profundo, com relevo acidentado, o que determina vales e cristas bem individualizados. Portanto, deveria ser de fácil modelagem na extração automática de drenagens e de divisores de bacias (Figura 1).

Foi construída em SIG, no software Geomatica 9.3, uma base contendo: os MDEs (SRTM - USGS, SRTM - TOPODATA e ASTER), além da carta topográfica DSG Vila Campão na escala 1:100.000 e a imagem HRC CBERS-2B 165 b/123 4. Os dados foram georreferenciados

tendo como referência uma imagem Landsat do GLCF (*Global Landsat Cover Facility*) em projeção cartográfica UTM e datum WGS84.

A rede de drenagem usada como referência para averiguar a compatibilidade com as redes de drenagem extraídas de modo automático foi obtida através da fotointerpretação de uma imagem HRC (CBERS-2B; 2,7m de resolução espacial), tendo como apoio a carta topográfica.

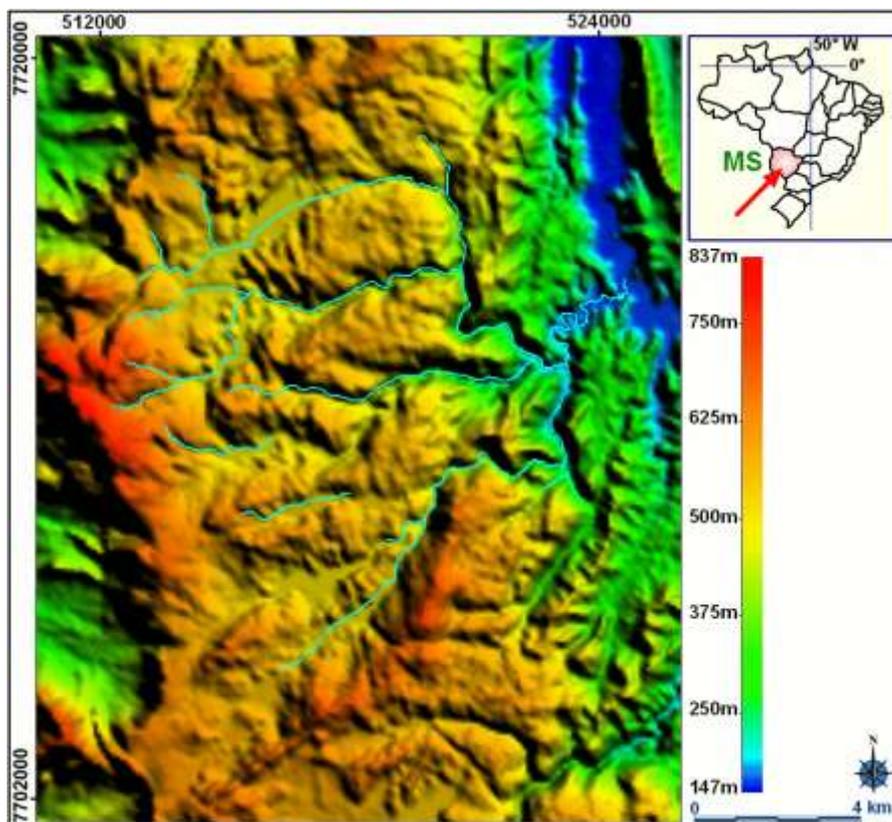


Figura 1. Drenagem fotointerpretada a partir da imagem do sensor HRC sobre SRTM de 90m em 3D.

O processo de delimitação automática da bacia hidrográfica e das redes de drenagem foi realizado utilizando sempre os mesmos algoritmos para cada um dos MDE. Primeiramente, foram gerados os produtos do algoritmo DWCON:

Fill Depression Layer: gera dados digitais de elevação com depressões preenchidas.

Flow Direction Layer: indica a direção de fluxo para cada pixel.

Flow Accumulation Layer: indica dados de acumulação de fluxo para cada pixel um valor igual ao total de células que estão drenando em sua direção.

Flow Delta Layer: indica os valores de delta para cada pixel igual ao crescimento nos valores de acumulação de fluxo, ou seja, onde está formando um volume maior de água.

O próximo produto gerado foi o de pontos de encontro das linhas de fluxo de água do escoamento por meio do algoritmo *Seed*, que são gerados a partir do grid de fluxo de acumulação e do grid do fluxo delta, isto é, são os pixels que apresentam maior volume de água.

Em seguida o algoritmo *Drain* foi aplicado para gerar um conjunto de dados da rede de drenagem do canal usando os dados de acumulação de fluxo.

O último passo foi a aplicação do algoritmo *Wtrshed* que utiliza os *grids* dos pontos de contribuição e do fluxo de direcionamento do escoamento para a geração dos divisores de bacias hidrográficas a partir do modelo digital de elevação.

4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para a área e perímetro da bacia do córrego Salobrinha variaram de acordo com o MDE dos quais foram originados, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Área e perímetro obtidos a partir dos diferentes modelos digitais de elevação para o córrego Salobrinha.

MDE	Área (km ²)	Perímetro (km)
SRTM 90m (USGS)	156,957	68,868
SRTM 30m (TOPODATA)	158,179	73,390
DEM ASTER 20m	155,995	74,642

As diferenças nas delimitações e nas redes de drenagem obtidas estão demonstradas na Figura 2.

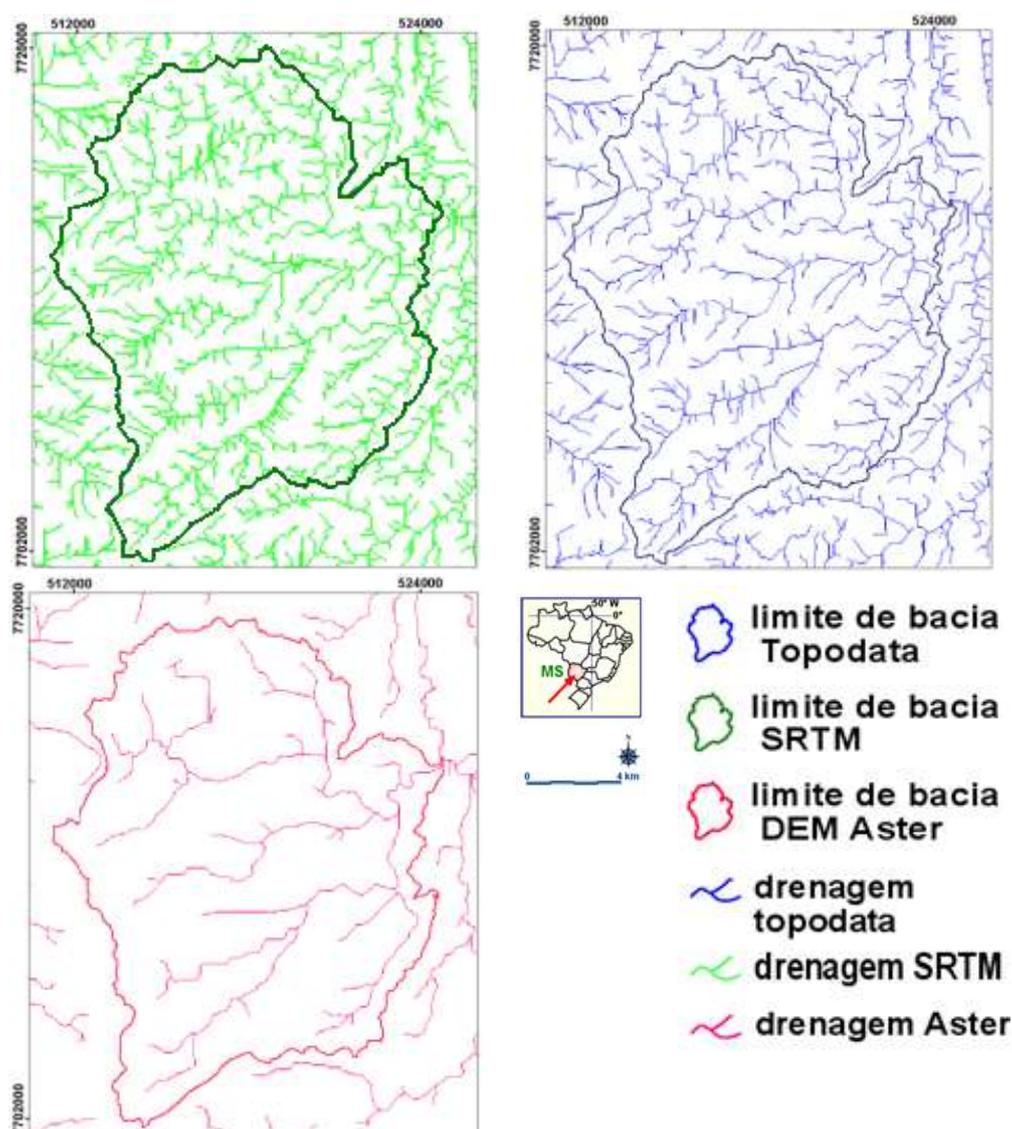


Figura 2. Drenagens obtidas automaticamente, dos distintos MDE, para a bacia do córrego Salobrinha, MS.

As delimitações de bacia dos diferentes MDE não só divergiram entre si, como apresentaram diferenças quando confrontadas com a delimitação manual a partir da carta topográfica 1:100.000 (Figura 3).

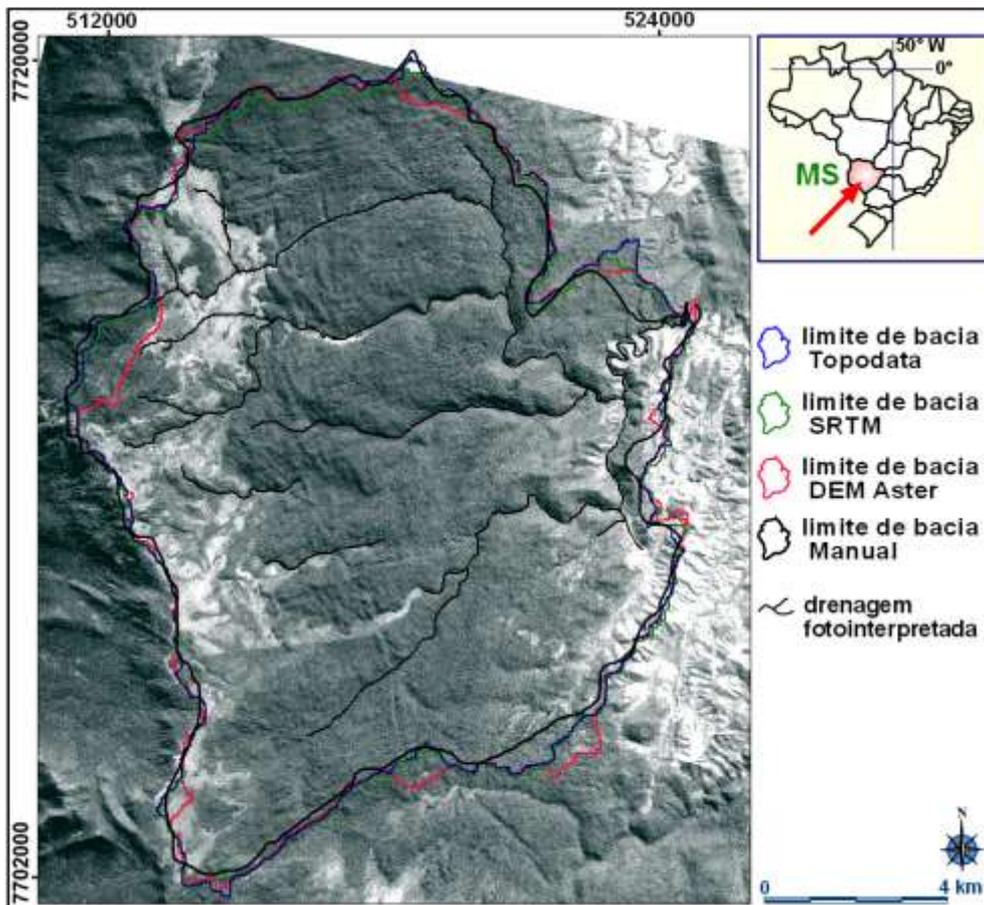


Figura 3. Limites de bacia obtidos automaticamente pelos distintos MDE e limite manual da bacia gerado manualmente sobre a carta 1:100.000 do córrego Salobrinha.

O modelo ASTER, apesar de sugerir possibilidades de especializações de redes de drenagem com maior qualidade, devido à melhor resolução espacial em relação aos dados SRTM, foi o que obteve maior confusão ao gerar o divisor de bacia, identificando de maneira insatisfatória as linhas de escoamento superficial, visto que não separou diferentes bacias (Figura 4), dificultando a delimitação precisa da bacia do córrego Salobrinha. Esperava-se que com um pixel menor haveria um ganho no detalhamento, ainda mais por se tratar de uma área de relevo acidentado, mas este ganho não foi significativo.

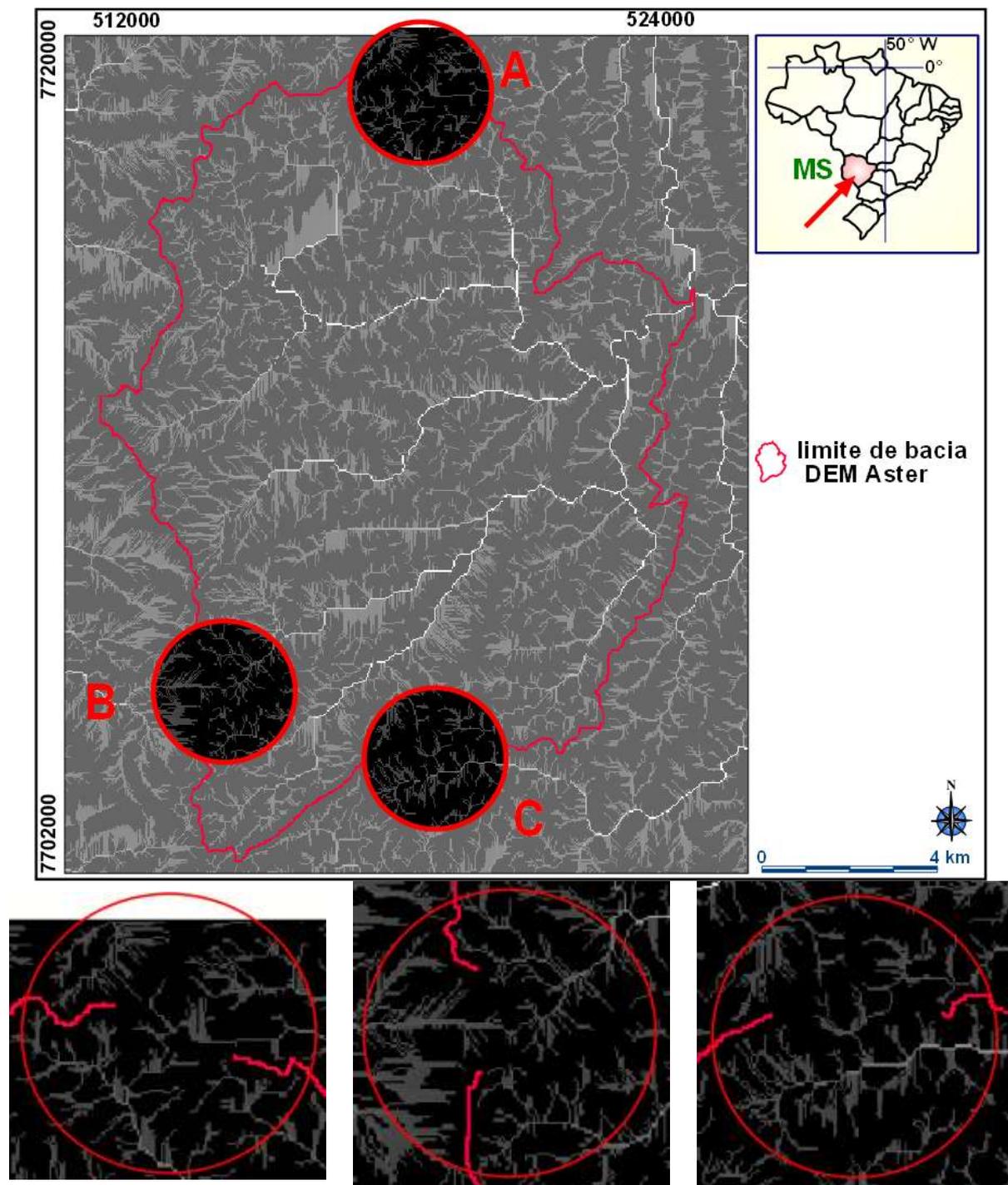


Figura 4. Drenagem gerada pelo MDE ASTER apresentando zoom das áreas onde o modelo não individualizou as diferentes sub-bacias (A, B e C, respectivamente).

Quando as redes de drenagem geradas para cada um dos MDE são confrontadas com a rede da carta topográfica e com a drenagem fotointerpretada, pode-se observar que os modelos apresentaram alguns problemas, principalmente na parte superior do curso do córrego Salobrinha. Nos modelos o sentido de escoamento é de norte para sul, enquanto que na carta topográfica, o real sentido é de leste para oeste (Figura 5), isto se deve possivelmente devido a área ser uma provável captura de drenagem.

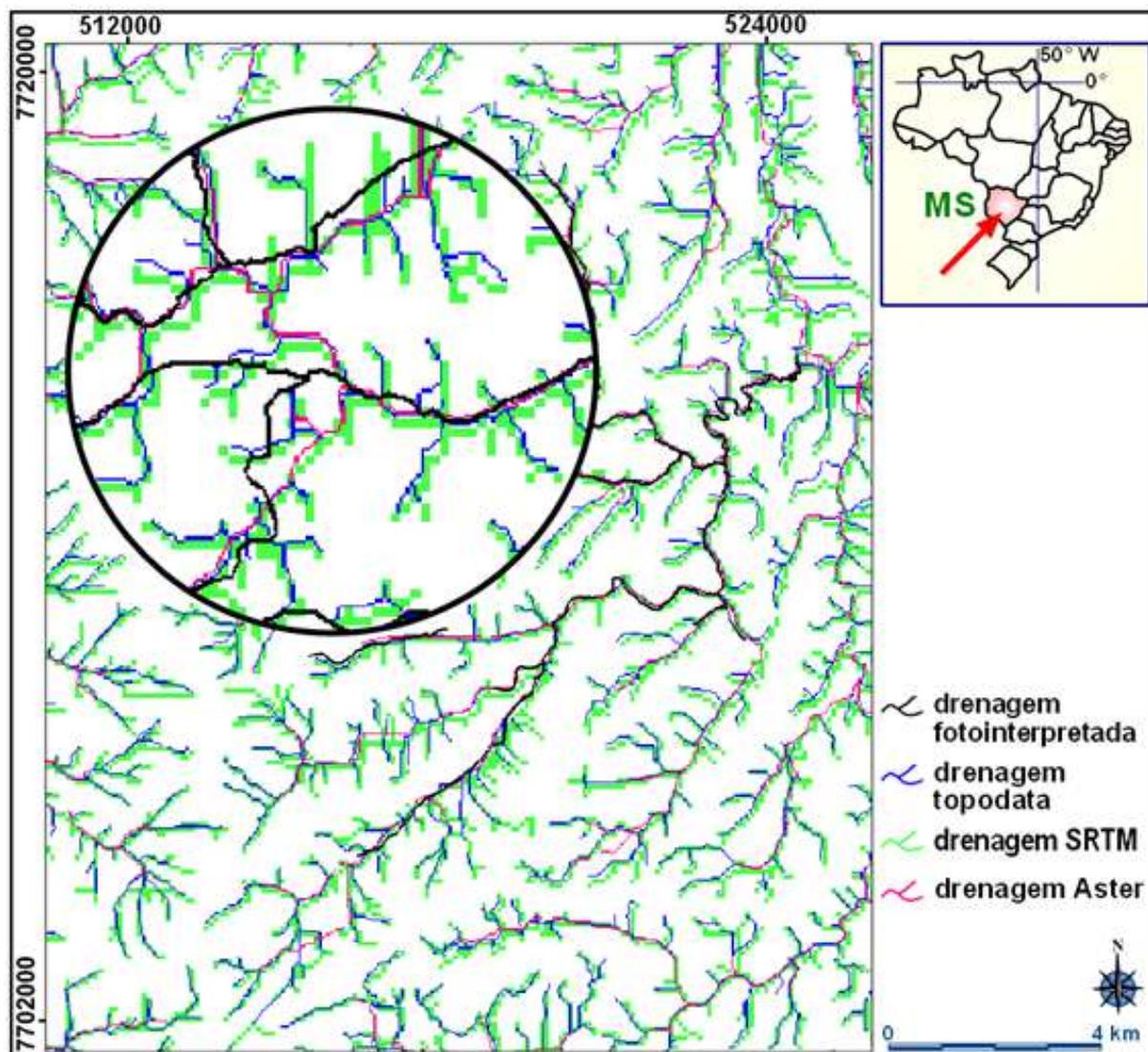


Figura 5. Drenagens do córrego Salobrinha obtidas automaticamente pelos distintos MDE apresentando zoom de 2x sobre o erro do sentido de escoamento.

De uma maneira geral, dos MDE analisados, o SRTM produto TOPODATA foi o modelo que mostrou melhores resultados para a extração automática da rede de drenagem, apresentando maior similaridade com a drenagem fotointerpretada e com a drenagem da carta topográfica. Apresentou ainda maior detalhamento do que a dos outros dois modelos. O resultado do SRTM de 90m e do ASTER foram similares ao modelo TOPODATA, entretanto o SRTM de 90m, devido ao tamanho do pixel, mostrou-se mais grosseiro, enquanto que o MDE ASTER apresentou grande perda de pequenas drenagens, além dos problemas relatados anteriormente neste estudo sobre a separação das diferentes bacias hidrográficas.

5. Conclusões

Os resultados apontam diferenças expressivas nas redes de drenagem extraídas a partir dos distintos MDE, demonstrando que cabe critério ao usuário ao aplicar esses modelos, além da utilização de alguma fonte complementar de dados para verificar a acurácia dos resultados. Entretanto houve um ganho significativo no detalhamento da rede de drenagem no modelo com pixel de 30m, sendo que o modelo TOPODATA se mostrou mais acurado.

Referências Bibliográficas

Alves Sobrinho, T.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Ayres, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, 2010.

Andrades Filho, C.O.; Zani, H.; Gradella, F.S. Compatibilidade da rede de drenagem obtida através de dados SRTM, ASTER e carta topográfica DSG: estudo de caso no Pantanal de Aquidauana. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009, Corumbá, MS. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. São José dos Campos : Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. v. 1. p. 51-61.

Brasil. **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf> . Último acesso em: 17/10/2010.

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

Villela, S.M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.