

EXTRAÇÃO DE CÉLULAS CENTRAIS DE MÁSCARAS DE ÁGUA PARA MELHORIA DA REDE DE DRENAGEM GERADA DE MDEs

Pedro Frediani Jardim^{1*} & *Walter Collischonn*² & *Fernando Mainardi Fan*³

Resumo – A aquisição de parâmetros físicos de bacias hidrográficas é fundamental para estudos hidrológicos de diferentes escalas. Com a evolução científico-tecnológica a cada ano surgem novas fontes de dados capazes de fornecer novas informações ou melhoramentos das já existentes que podem ser incorporados em modelos hidrológicos. Dentre estas com aplicações em hidrologia podem ser destacados MDEs e mapas de cobertura de água. O presente trabalho apresenta uma metodologia para melhorar a qualidade da rede de drenagem extraída de MDEs a partir do uso de máscaras de água bem como as informações derivadas da própria rede. Para isto propõem-se um mecanismo para extrair automaticamente células centrais sobre as máscaras que podem por sua vez demarcar o caminho da água sobre os MDEs. O método proposto foi avaliado sobre a bacia do rio Iguaçu sendo destacados resultados sobre alguns trechos, constatando-se melhorias significativas sobre a rede de drenagem gerada com emprego do método para diferentes parâmetros analisados.

Palavras-Chave – Células centrais, máscara de água, rede de drenagem.

EXTRACTION OF CENTRAL WATER MASK CELLS FOR IMPROVEMENT OF THE DRAINAGE NETWORK GENERATED FROM DEMs

Abstract – The acquisition of physical parameters of watersheds is fundamental for hydrological studies in different scales. With scientific and technological evolution, new data sources are emerging each year, capable of providing new information or improvements to existing data that can be incorporated into hydrological models. Among these with applications in hydrology can be highlighted DEMs and maps of water coverage. The present work presents a methodology to improve the quality of drainage network extracted from DEMs as well as the information derived from the network itself with the use of water masks. For this purpose a mechanism is proposed to automatically extract central cells of the masks which can demarcate the water path over the DEMs. The proposed method was evaluated on the Iguaçu river basin, with results presented on some stretches, showing significant improvements on the drainage network generated using the method for different analyzed parameters.

Keywords – Central cells, water mask, drainage network.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento científico e tecnológico dos últimos 20 anos propicia à sociedade o conhecimento de uma série de informações que até então não estavam ao alcance. Atualmente, por exemplo, é possível a obtenção de diferentes dados a respeito de bacias hidrográficas advindas imagens de satélite (Paiva, 2009) que podem por sua vez ser empregadas em modelos hidrológicos para a previsão de eventos extremos como cheias e secas.

^{1*} Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS, pedro.fjar@gmail.com.

² Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS, collischonn@iph.ufrgs.br.

³ Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS, jumarbra@iph.ufrgs.br.

Dentre os principais produtos destacam-se os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) com os quais, a partir de plataformas de Sistemas de Informações Geográficas, podem ser obtidas diversas informações com finalidades hidrológicas (Buarque *et al.*, 2009) tais como hidrografia, áreas de drenagem, curvas cota-volume dentre outras. Não à toa estão disponíveis diferentes bases globais com resolução espacial de 30 metros tais como o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ASTER Global DEM Version 2 (GDEM2) e o ALOS AW3D30.

Outro produto de interesse na área da hidrologia é o mapeamento e monitoramento dos corpos hídricos. Os satélites são capazes de capturar informações sobre as condições de rios em grandes áreas em uma única imagem. Estes permitem ainda a coleta de dados de locais onde a coleta manual seria impraticável pela inacessibilidade ou por serem zonas de conflitos (Pavelsky e Smith, 2008). Desta maneira a evolução dos sensores dos satélites conduziu à melhoria na identificação da água superficial, proporcionando produtos de máscaras de água como o MODIS Water Mask (Carrol *et al.*, 2009), o Global Inland Water (GIW) (Feng *et al.*, 2015) e mais recentemente o Global Surface Water (Pekel *et al.*, 2016).

Neste contexto o presente trabalho propõe integrar estas duas classes de produtos (MDEs e máscaras de água) ao apresentar uma metodologia capaz de identificar automaticamente células centrais em rasters de corpos de água. Estas por sua vez podem ser utilizadas para melhorar a qualidade da rede de drenagem gerada a partir dos MDEs e conseqüentemente fornecer informações de melhor qualidade para incorporação em modelos hidrológicos. É apresentado também um estudo de caso para avaliação do método proposto na bacia do rio Iguçu.

METODOLOGIA

O método proposto para encontrar as células de meio da rede de drenagem baseia-se na metodologia descrita por Jardim *et al.* (2015) para definição da largura de rios a partir de arquivos raster nos quais as células que representam água possuem um valor e as demais outro distinto. A partir destes é feito o cálculo da distância em diversas direções a partir do meio de cada célula de água do raster até a primeira não-água. Feito isto, somam-se as distâncias de direções opostas e atribui-se como largura do rio a menor destas somas. A Figura 1 ilustra o método.

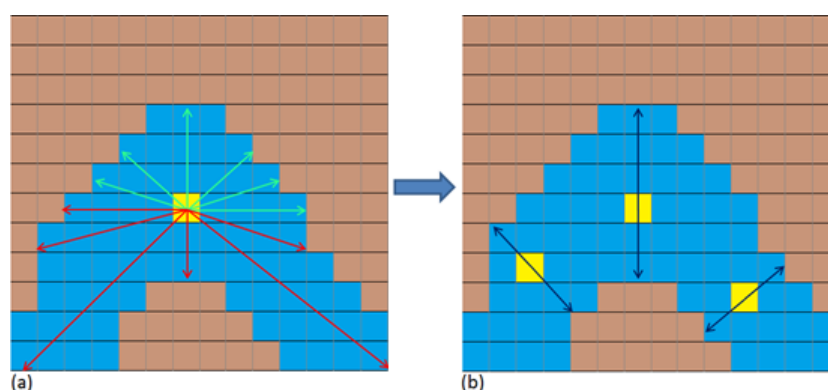


Figura 1. a) Distâncias até as margens para quadrantes superiores (verde) e inferiores (vermelho). b) Atribuição da menor soma entre opostos como equivalente à largura. Adaptado de Jardim *et al.* (2015).

Observou-se que, quando as células de água analisadas se encontravam mais próximas ao centro máscara de água utilizada, as distâncias opostas que resultavam na menor soma possuíam valores muito próximos entre si, variando em uma ou duas unidades do tamanho de célula. Já em células mais afastadas do centro a diferença de distância entre margens opostas era superior ou muito superior a este limiar.

Assim foi possível acrescentar ao método de obtenção de larguras a identificação de potenciais células de meio da rede de drenagem e usá-las para escavar um MDE. Contudo existe uma questão a ser trabalhada relacionada às células adjacentes às margens em regiões com curvas. Nestas, em virtude da metodologia empregada, é possível que as direções opostas que resultem na menor distância sejam provenientes da mesma margem. A Figura 2 ilustra esta situação onde a célula destacada seria considerada como central.

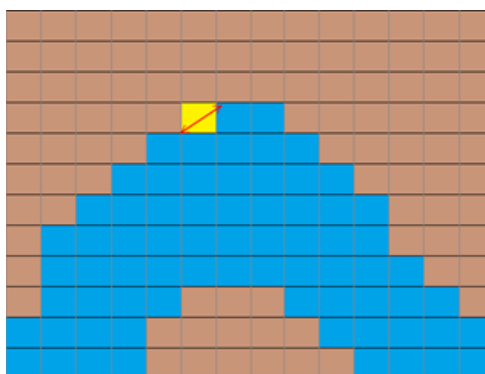


Figura 2 – Célula onde as distâncias opostas de menor soma pertencem à mesma margem.

Para evitar que estas células sejam consideradas no momento de escavar o MDE é sugerida a utilização de um *buffer* da máscara de água do tamanho de sua resolução espacial. Desta forma é possível atribuir aos pixels englobados por este *buffer* um valor diferente daquele das demais células centrais e, assim, diminuir as incertezas do método.

ESTUDO DE CASO PARA AVALIAÇÃO DO MÉTODO

A fim de avaliar o método proposto para melhoria da rede de drenagem, foi feita uma aplicação para toda a bacia do rio Iguaçu. Neste trabalho são apresentados resultados para os trechos destacados na Figura 3 devido às particularidades observadas. O trecho 1 está contido entre a foz do rio Iguaçu e a estrutura da barragem de Salto Caxias e possui extensão de aproximadamente 217,1 km. O trecho 2, com 163,4 km, tem como limitantes a barragem de Salto Caxias a jusante e a estrutura da barragem de Salto Santiago a montante, incluindo assim o reservatório de Salto Osório. Já o trecho 3 inclui uma extensão de aproximadamente 90 km, próximo a cidade de São Matheus do Sul - PR.

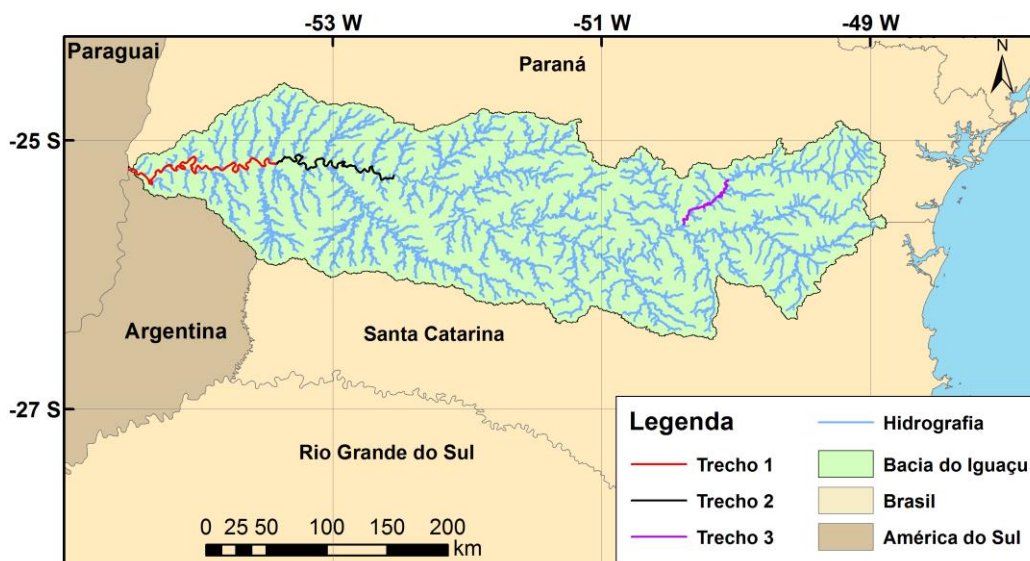


Figura 3 – Localização da bacia do Rio Iguaçu e seus os trechos analisados.

Foi elaborada uma máscara de água para toda a bacia com imagens do Landsat 8. Segundo Jensen (2007) no mapeamento de corpos de água as melhores bandas para diferenciá-las das demais ocupações são aquelas entre as regiões do infravermelho próximo e médio. Assim foram utilizadas composições das bandas 4, 5 e 6 do Landsat 8 na classificação não-supervisionado *Iso Cluster* do ArcGIS®. Foram feitas ainda pequenas correções uma vez que zonas de baixa reflectância como encostas tornam o valor do pixel próximo do da água para as bandas utilizadas (Feng, 2015).

Com a máscara foi possível aplicar o método apresentado para extrair potenciais células de meio para todas as regiões contempladas pelo raster. Como o resultado seria utilizado para “queimar” o MDE do SRTM de 30m foi escolhido atribuir a estas células o valor de 10 enquanto que as demais células da máscara assumiram o valor 5 na saída do programa.

A Figura 4 apresenta o resultado obtido sobre o reservatório de Salto Caxias. Nesta percebe-se como o método empregado resultou no destaque de pixels muito próximos ao centro geométrico da rede de drenagem vista de cima. Conforme recomendado, foi utilizado um *buffer* de 30 metros da linha externa máscara para excluir possíveis células próximas às margens que tenham sido consideradas centrais. Com o produto final foi feita a “queima” (*stream burning*) do MDE de 30m do SRTM e comparadas as drenagens do MDE original e queimado. Optou-se pelo pacote de ferramentas IPH-Hydro Tools (Siqueira *et al.*, 2016) para extração da hidrografia devido à qualidade da sua rede gerada. O limiar adotado para sua definição foi 30 km² de área de drenagem.

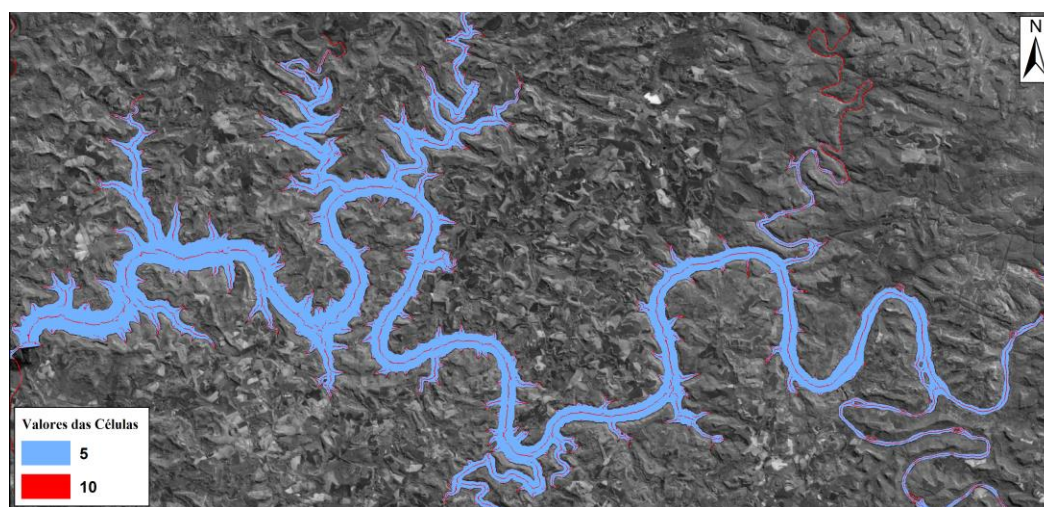


Figura 4 – Células de meio de valor 10 extraídas com o método apresentado.

Para avaliação da qualidade da rede gerada com e sem a queima do MDE foi empregada a metodologia descrita por Buarque *et al.* (2009). Nesta metodologia a área calculada entre as redes geradas e uma verdadeira (digitalizada manualmente) serve de indicador da qualidade. Assim, para os trechos 1 e 2, foi digitalizada a rede sobre a linha central do rio utilizando o Google Earth.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 apresenta as redes de drenagem geradas a partir do MDE original do SRTM de 30m e aquela após a queima com uso das células de meio extraídas automaticamente da máscara sobre o reservatório de Salto Caxias. Ali fica evidente a melhora na representação da rede que passou a ser muito mais centralizada no reservatório. Parte do erro na rede original pode ser atribuída ao método de remoção de depressões e de direcionamento de fluxo implementados no IPH-Hydro Tools que tendem a gerar uma drenagem próxima à margem do rio em extensas áreas de mesma cota (Siqueira *et al.* 2016) como é o caso do reservatório, problema este também encontrado em outros pacotes disponíveis como o ArcHydro (Maidment, 2002).

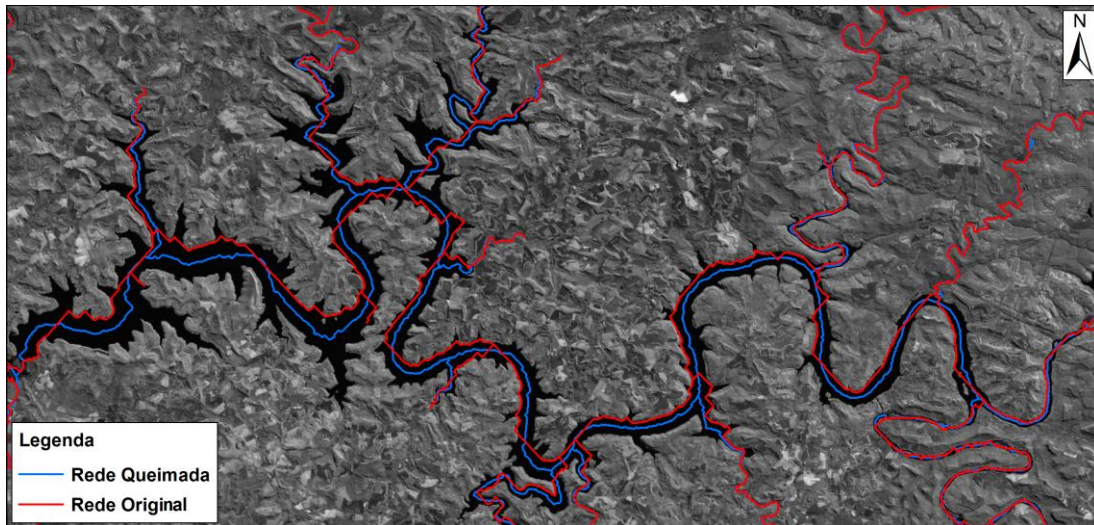


Figura 5 – Comparação entre redes provenientes do MDE original e queimado.

As Figuras 6 e 7 atestam as conclusões observadas em relação ao trecho 2. Na primeira é possível ver a área entre a rede de drenagem original do SRTM e a vetorizada enquanto a segunda mostra a área em relação à rede gerada após a queima do MDE. Resultados semelhantes foram encontrados no trecho 1, onde não há reservatórios mas o rio é muito largo, passando de 1km.

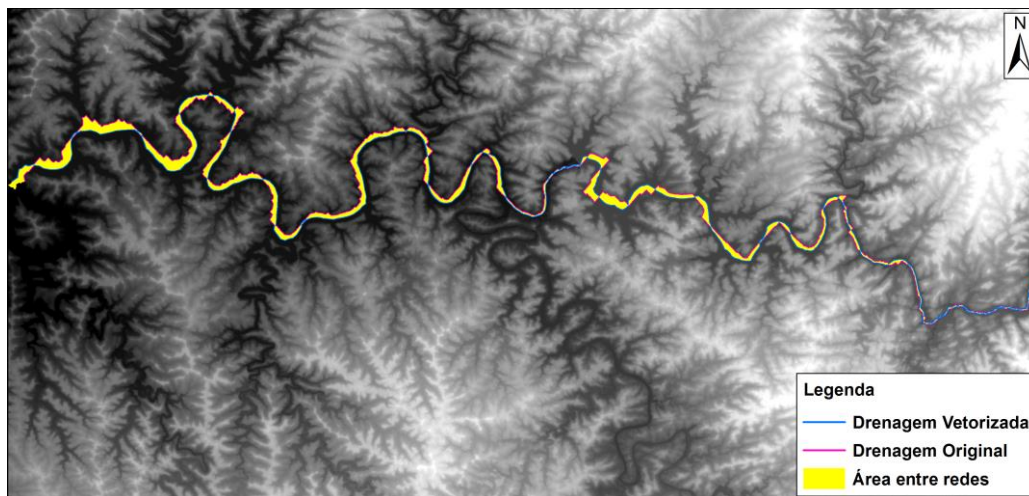


Figura 6 – Área entre rede vetorizada e gerada com o MDE original para o trecho 2.

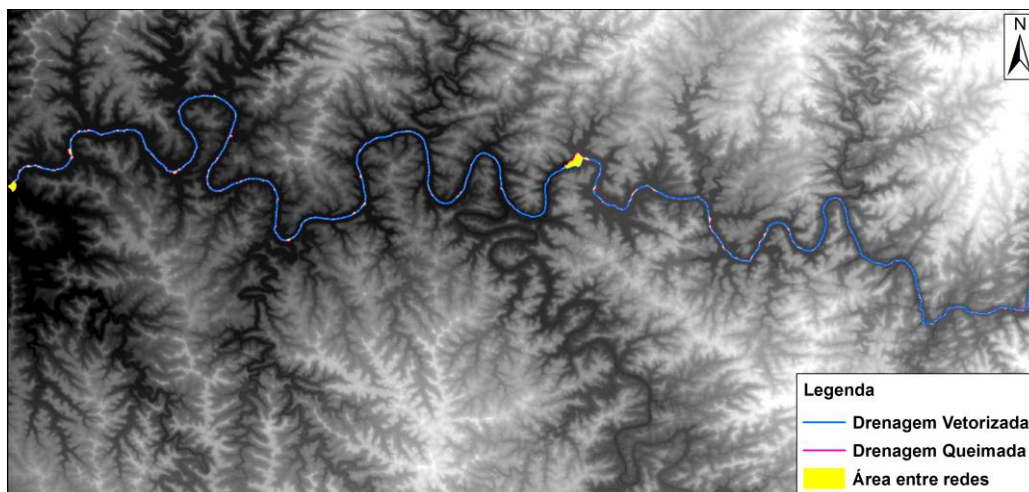


Figura 7 – Área entre rede vetorizada e gerada com o MDE queimado para o trecho 2.

A Tabela 1 apresenta para os trechos 1 e 2 além da área entre redes geradas e vetorizadas também a medida dos comprimentos de cada rede. Nota-se que apesar da melhora da localização da rede de drenagem a partir da queima do MDE, isto nem sempre se refletiu em melhoria no comprimento para determinados locais. Sobre os reservatórios do trecho 2, por exemplo, houve efeito de zigzague que contribuiu para aumentar o comprimento total dos rios. Todavia a baixa diferença de comprimento em relação à rede do MDE original justifica o uso da queima pelas células de meio em virtude dos demais benefícios que ela acarreta. O comprimento de toda a rede na bacia com a queima foi de aproximadamente 14155 km enquanto a original ficou em torno de 14550 km.

Tabela 1. Resumo dos resultados encontrados para os trechos analisados.

Redes	Rede do MDE original		Rede do MDE queimado	
Parâmetro	Área	Comprimento	Área	Comprimento
Trecho 1	41.5 km ²	241.7 km	5.3 km ²	236.7 km
Trecho 2	41.6 km ²	180.2 km	4.9 km ²	181.9 km

Na Figura 8 são apresentados os perfis longitudinais das diferentes redes de drenagem geradas para o trecho 2 sobrepostos ao SRTM. Aqui também é possível verificar mais uma vantagem do emprego das células de meio antes da extração da rede posto que as informações de declividade da linha d'água são muito mais fieis ao ideal que se pode obter do MDE. Na figura observa-se o efeito ruidoso que a proximidade das margens tem sobre a rede não-queimada, algo que deveria ser trabalhado em softwares de modelagem hidrológica, enquanto que a rede queimada representou a cota dos reservatórios sem sofrer com o mesmo efeito.

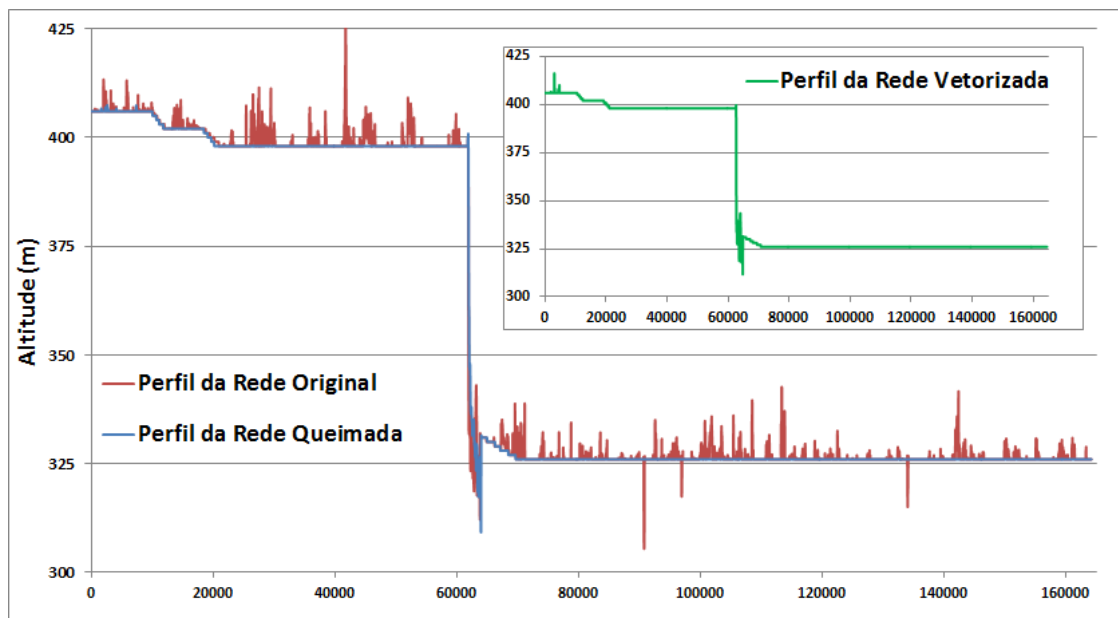


Figura 8 – Perfis longitudinais ao longo das drenagens geradas no trecho 2.

Por fim é mostrado na Figura 9 a região do trecho 3 na qual a utilização da máscara de água na queima do MDE resultou em uma melhora muito grande da rede gerada. Nesta região ao longo do Iguaçu onde havia representação da água no raster a rede decorrente do SRTM queimado ficou quase que completamente sobreposta ao rio. Já com o emprego apenas do MDE original a rede em pouquíssimos locais acertou de fato. Onde não havia cobertura da máscara de água para efetuar a queima do SRTM ambas as redes ficaram sobrepostas, como era esperado.

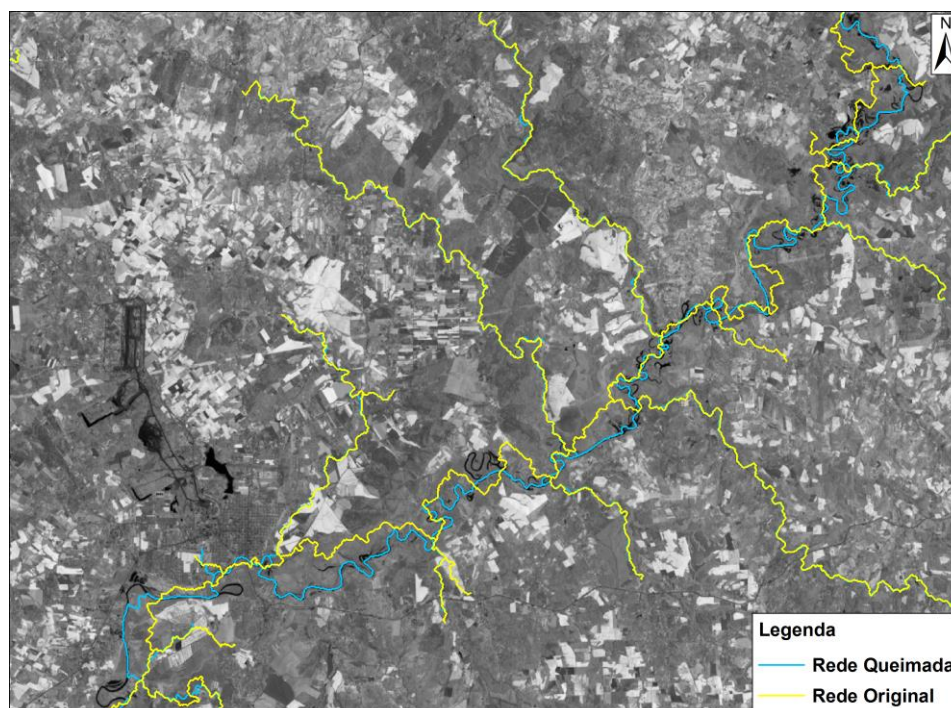


Figura 9 – Comparação entre rede original e queimada no trecho 3.

CONCLUSÕES

A obtenção de dados de qualidade acerca de características físicas das bacias é fundamental para o melhor entendimento dos regimes hidrológicos que às governam bem como para o desenvolvimento de sistemas que permitam à população ser alertada quando são previstos eventos extremos. Os avanços tecnológicos possibilitam a geração de produtos cada vez com qualidade e cobertura maiores. Dentre estes, destacam-se os Modelos Digitais de Elevação e de monitoramento da superfície com foco em aplicações em hidrologia.

Assim este trabalho apresentou uma metodologia capaz de utilizar estes dois conjuntos de produtos a fim de melhorar as informações obtidas da rede de drenagem bem como as derivadas desta através extração automática de células de meio da rede e uso destas para queima do MDE. Para aplicar o método bastou utilizar imagens do Landsat 8 e uma técnica simples de classificação de imagens para criação de uma máscara de água a partir da qual se extraíram as células centrais que serviram para escavar o modelo do SRTM de 30m na bacia do rio Iguaçu.

Os resultados apresentados revelaram uma melhoria significativa tanto em caráter visual quanto na obtenção de informações físicas da rede. Esta foi corrigida em locais onde em um primeiro momento ficaria completamente fora do local correto e até mesmo melhorada em locais já bem definidos no MDE, como em grandes reservatórios de barragens ou trechos mais largos como os próximos às quedas. Com isto espera-se que o método possa ser utilizado em estudos de modelagem ou mesmo mapeamentos visando melhorar os resultados gerados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –, ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – e ao IPH/UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS – pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BUARQUE, D. C.; FAN, F. M.; PAZ, A. R.; & COLLISCHONN, W. (2009). Comparação de métodos para definir direções de escoamento a partir de modelos digitais de elevação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 14(2), pp. 91-103.
- CARROLL, M. L.; TOWNSHEND, J. R.; DIMICELI, C. M.; NOOJIPADY, P.; SOHLBERG, R. A. (2009). A new global raster water mask at 250 m resolution. *International Journal of Digital Earth*, 2(4), pp. 291-308.
- FENG, M.; SEXTON, J. O.; CHANNAN, S.; & TOWNSHEND, J. R. (2016). A global, high-resolution (30-m) inland water body dataset for 2000: First results of a topographic-spectral classification algorithm. *International Journal of Digital Earth*, 9(2), pp. 113-133.
- JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. (2017). Proposta de ferramenta para cálculo automático de larguras de rios com base em imagens matriciais. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE, 2017.
- JENSEN, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Person Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
- MAIDMENT, D. R. (2002). *Arc Hydro: GIS for water resources (Vol. 1)*. ESRI, Inc..
- PAIVA, R. C. D.. 2009. Modelagem hidrológica e 88 hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: bacia 89 do rio Solimões. Dissertação de mestrado. IPH-UFRGS.
- PAVELSKY, T. M.; SMITH, L. C. (2008). *RivWidth: A Software Tool for the Calculation of River Widths from Remotely Sensed Imagery*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5(1) p.p. 70-73.
- PEKEL, J. F.; COTTAM, A.; GORELICK, N.; BELWARD, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*.
- SIQUEIRA, V. A.; FLEISCHMANN, A.; JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; & COLLISCHONN, W. (2016). IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in an open-source environment. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21(1), pp. 274-287.