

Distâncias relativas à rede de drenagem: euclidiana x caminho de fluxo

Thâmara Martins Ismael de Sousa¹
Alzira Gabrielle Soares Saraiva¹
Adriano Rolim da Paz²

1 Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa - Paraíba, Brasil, CEP:
58051-900
thamaraismael@hotmail.com
saxzira@yahoo.com.br

2 Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de
Tecnologia, UFPB, João Pessoa - Paraíba, Brasil, CEP: 58051-900
adrianorpaz@yahoo.com.br

Abstract. This paper aims at determining distances relative to river drainage networks considering the hydrologic connectivity established by flow paths, as well as qualitatively and quantitatively assessing the differences of such distances in comparison to Euclidian distances. Tapajos watershed is considered as study case. SRTM-DEM was used, but resampled to a spatial resolution of 0.002°, and processed to obtain flow directions, flow accumulated area, river drainage network and distance relative to drainage network. The distances calculated considering the flow paths reached up to 36 km, while the distances calculated using the Euclidian approach were smaller than 16 km. The spatial distribution of both results also highlight the larger distances obtained through the flow paths calculation approach. Therefore, for studies that need to map and quantify the region located inside a certain distance buffer measured from the drainage network, the choice of which approach should be used may significantly alter the results and consequently the rest of the analysis.

Palavras-chave: digital elevation models, distances to the drainage network, delimitation of areas of permanent preservation, modelo digital de elevação, distâncias para a rede de drenagem, delimitação de áreas de preservação permanente

1. Introdução

A caracterização física de bacias hidrográficas constitui uma das etapas iniciais para grande parte dos estudos ambientais. Esta caracterização envolve, dentre outros, a delimitação da bacia de drenagem, identificação dos principais cursos d'água, comprimento, declividade, perfil longitudinal dos rios e distâncias relativas à rede de drenagem.

Atualmente, têm sido empregadas ferramentas associadas às geotecnologias para obtenção dessas informações de forma automatizada a partir do processamento de dados digitais de elevação do terreno, os Modelos Digitais de Elevação (MDE) (Burrough e Mcdonnell, 1998). Em especial, tem sido utilizado mais amplamente o MDE do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), por possuir informações de altimetria do terreno com resolução espacial de 30 m para Estados Unidos e de 90 m para o restante do mundo e ser disponibilizado gratuitamente (Farr et al., 2007; Florenzano, 2008). Os dados provenientes do MDE do SRTM são utilizados, em todo o mundo, para derivar direções de fluxo e áreas acumuladas de drenagem para posterior obtenção da rede de drenagem utilizada como plano de informação essencial em diversos estudos (Silva e Pinheiro, 2010).

Em muitos casos, a rede de drenagem corresponde a um plano de informação inicial, sobre a qual são desenvolvidos os estudos. Erros inseridos no traçado da drenagem e nas suas principais características podem repercutir sobre todo o restante da análise, como, por exemplo, interferir na escolha de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário (Silva e Pinheiro, 2010), bem como, quando utilizado para determinação de distâncias relativas à rede de drenagem para identificação e delimitação de áreas de preservação permanente (APP) (Louzada et al., 2009; Nascimento et al., 2005; Victoria et al., 2008; Gasparini, 2011; Cordeiro, 2013).

Ribeiro et al. (2005) destacam a importância da delimitação adequada das APP's e o quanto esta delimitação tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico. No entanto, com o desenvolvimento de sofisticados algoritmos e a sua incorporação ao conjunto de funções dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para caracterização e delimitação destas áreas (Oliveira, 2002).

Os produtos derivados a partir de algoritmos têm substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados, permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis (Tribe, 1992; Ribeiro et. al, 2002), apresentado níveis de exatidão comparáveis aos obtidos por métodos manuais (Garbrecht e Martz, 1993; Eash, 1994).

As APP's são protegidas por lei e segundo Ferreira (2004) a intervenção humana nessas áreas causa uma série de danos ambientais. Machado (2007) afirma que as APP's são áreas não passíveis de exploração, que devem ser preservadas de forma absoluta, isto é, sem sofrer qualquer processo de modificação, pois constituem bens comuns de todos, que visam proteger os recursos hídricos e os leitos dos rios da erosão causada pelo processo de lixiviação. Estas áreas apresentam função ambiental de reunir a preservação dos recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica, biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Mattos (2007) afirma que as APP's geram serviços ambientais para todos, entre esses serviços, pode-se citar: a proteção dos recursos hídricos e do solo, a regulação climática e a qualidade do ar, a biodiversidade e o sequestro de carbono.

Atualmente, as APP's são delimitadas a partir da medição das distâncias euclidianas, ou seja, considerando as distâncias medidas em linha reta em relação à rede de drenagem mais próxima. No entanto, sabe-se que, em algumas situações, a distância euclidiana não descreve adequadamente os processos que envolvem a intervenção humana no ecossistema, por exemplo, quando se refere à dispersão de determinado poluente que será transportado para o rio. Nestas condições o poluente não necessariamente será transportado ao longo de uma linha reta até encontrar o rio, ele provavelmente será transportado pelos diferentes caminhos de fluxo para um ponto mais distante no rio.

Diante desta questão, este artigo visa determinar distâncias em relação à rede de drenagem levando em conta a conectividade estabelecida pelos caminhos de fluxo, bem como, avaliar qualitativamente e quantitativamente a diferença que ocorre em relação à distância euclidiana tomando como estudo de caso a bacia do rio Tapajós.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Área de estudo e dados disponíveis

A bacia do rio Tapajós está localizada entre os Estados do Mato Grosso, Pará e uma pequena porção do Amazonas situada entre as latitudes 2° e 15° Sul e 53° e 61° Oeste (Figura

1). O rio Tapajós é um dos principais afluentes do rio Amazonas, tendo sua confluência na cidade de Santarém (PA), onde conta com cerca de 500.000 km² de área de drenagem (Collischonn *et al.*, 2008).

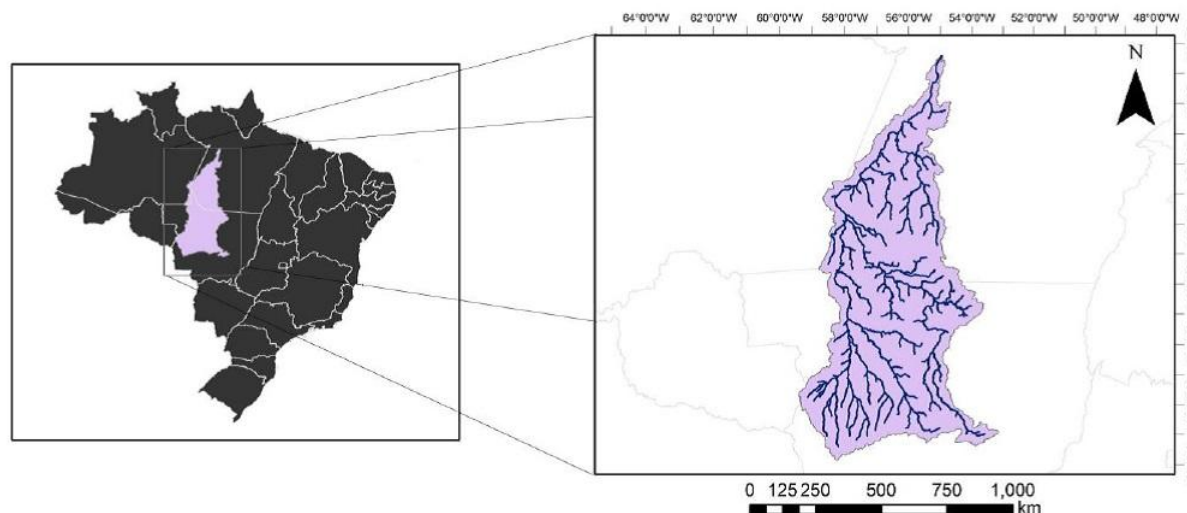


Figura 1. Localização da bacia do rio Tapajós. (Saraiva, 2013)

Quando se trabalha com grandes áreas, como a bacia do rio Tapajós, frequentemente se faz necessário proceder com a reamostragem do MDE do SRTM. Neste estudo, a resolução original (0,0008333° ou ~ 90 m) foi reamostrada para 0,002° (~ 200 m), com o objetivo de reduzir o tempo de processamento e custo computacional elevados.

Depois de realizado o preparo do MDE, no formato raster, obteve-se o dado de entrada para gerar os planos de informações de interesse necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

2.2 Processamento inicial do MDE

Para determinação das direções de fluxo utilizou-se uma rotina escrita em linguagem Fortran cujo algoritmo de cálculo segue o algoritmo D8 com inserção de um fator de aleatoriedade na determinação de direções de fluxo em áreas planas, com o objetivo de evitar a formação de drenagem paralela (Paz, 2008; Buarque *et al.*, 2009). O raster de direções de fluxo contém a informação de para qual pixel vizinho drena o escoamento de cada pixel da imagem.

A partir do arquivo de direções de fluxo são obtidas as áreas acumuladas de drenagem por meio de outra rotina computacional, que produziu um raster de mesma resolução espacial em que cada pixel corresponde a um valor referente ao somatório das áreas de todos os pixels de montante. Nessa rotina, determina-se a área superficial de cada pixel em unidades planas levando-se em conta sua posição geográfica, a fim de corretamente contabilizar a equivalência entre unidades geográficas e planas conforme a latitude/longitude individual de cada pixel.

A rede de drenagem no formato raster foi obtida a partir das áreas acumuladas de drenagem pela definição arbitrária do valor de 100 km² como área mínima onde somente os pixels com área igual ou superior a esse valor mínimo foram considerados como pertencentes à rede de drenagem. O valor adotado como área acumulada mínima repercute diretamente na quantidade de trechos de rio, nos comprimentos dos trechos de rio e na densidade de drenagem, entretanto, nesta pesquisa esse efeito não foi considerado.

2.3 Determinação de distâncias euclidianas e distâncias ao longo dos caminhos de fluxo

A partir da rede de drenagem gerada foram determinadas as distâncias relativas à rede de drenagem por dois métodos, o da distância euclidiana e o da distância ao longo dos caminhos de fluxo.

A distância euclidiana entre dois pontos é determinada encontrando em linha reta a menor distância entre um ponto qualquer na superfície do terreno e um ponto ao longo da rede de drenagem, como mostrado na Figura 2 (a).

A distância ao longo dos caminhos de fluxo é obtida pela medida da menor distância entre um ponto qualquer na superfície do terreno e o ponto mais próximo ao longo da rede de drenagem seguindo os caminhos preferenciais pelo fluxo, como ilustrado na Figura 2 (b).

Nos dois métodos cada pixel não pertencente à rede de drenagem assumirá um valor de distância ao ponto da rede de drenagem mais próxima.

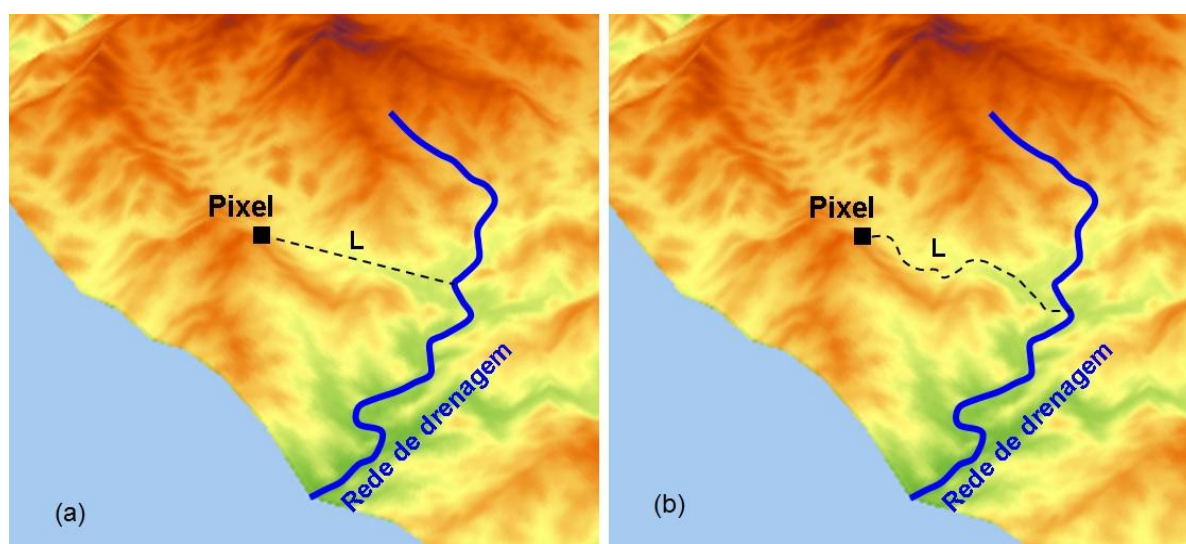


Figura 2. (a) Distância euclidiana à rede de drenagem; (b) Distância à rede de drenagem pelos caminhos de fluxo.

2.4 Classificação do terreno por faixas de distância e comparação de métodos

Para a classificação da bacia do Tapajós em faixas de distância foram determinadas classes variando de 2 em 2 km para ambos os métodos. Por meio da análise das classes de distâncias puderam-se comparar mais claramente os resultados gerados por ambos os métodos analisados e assim inferir sobre o quanto a escolha do método repercute sobre os resultados.

3 Resultados e discussão

Foram gerados mapas de distâncias relativas à rede de drenagem para ambos os métodos, da distância euclidiana e da distância ao longo dos caminhos de fluxo, como mostrado na Figura 3. Quando são comparados os mapas de distâncias euclidianas e de distâncias ao longo dos caminhos de fluxo observa-se que as distâncias são maiores quando utilizado o método ao longo dos caminhos de fluxo.

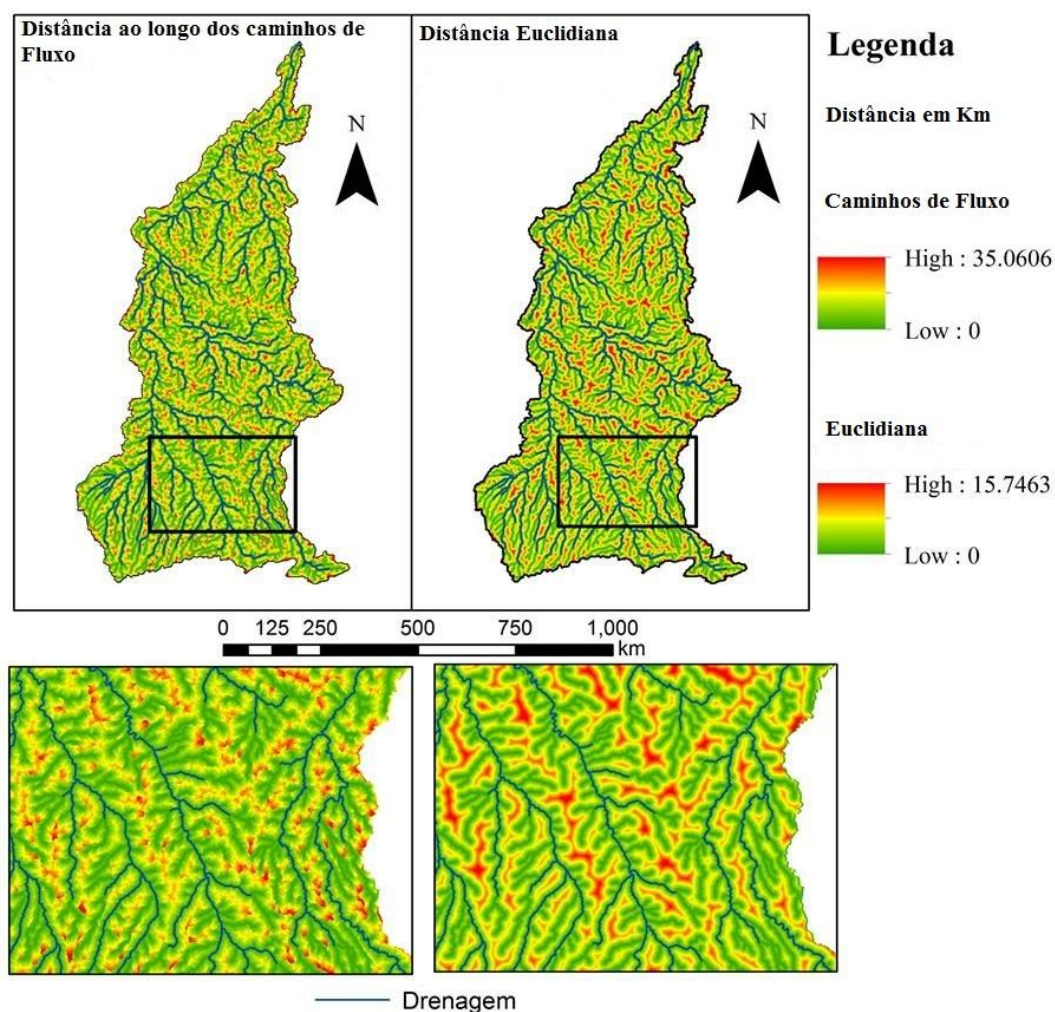


Figura 3. Distância relativa à rede de drenagem na bacia do rio Tapajós.

Para o método de distâncias euclidianas os valores variaram de 0 a aproximadamente 16 km de distância até a rede de drenagem, enquanto que ao longo dos caminhos de fluxo este intervalo variou de 0 a aproximadamente 36 km. Além disso, é importante destacar não apenas os valores, mas a forma como eles estão distribuídos. Ao longo dos caminhos de fluxo as distâncias estão mais uniformemente distribuídas com predominância de valores abaixo de 20 km.

Este comportamento pode ser explicado com o fato de que na medida que o fluxo caminha no sentido do declive, a depender da topografia do terreno, ele percorre uma distância bem maior que a distância euclidiana. De fato, já se sabe que a distância ao longo do caminho de fluxo vai ser igual ou superior à distância euclidiana, mas nunca inferior, pela própria definição matemática de distância euclidiana.

A bacia do rio Tapajós foi dividida em classes de distâncias relativas à rede de drenagem para ambos os métodos analisados, da distância euclidiana e ao longo dos caminhos de fluxo (Figura 4). Constata-se a ocorrência de um maior número de classes no método ao longo dos caminhos de fluxo, além disso, as classes possuem maior amplitude. Já no método de distância euclidiana ocorreu menor número de classes e estas classes representam mais significativamente valores menores de distância.

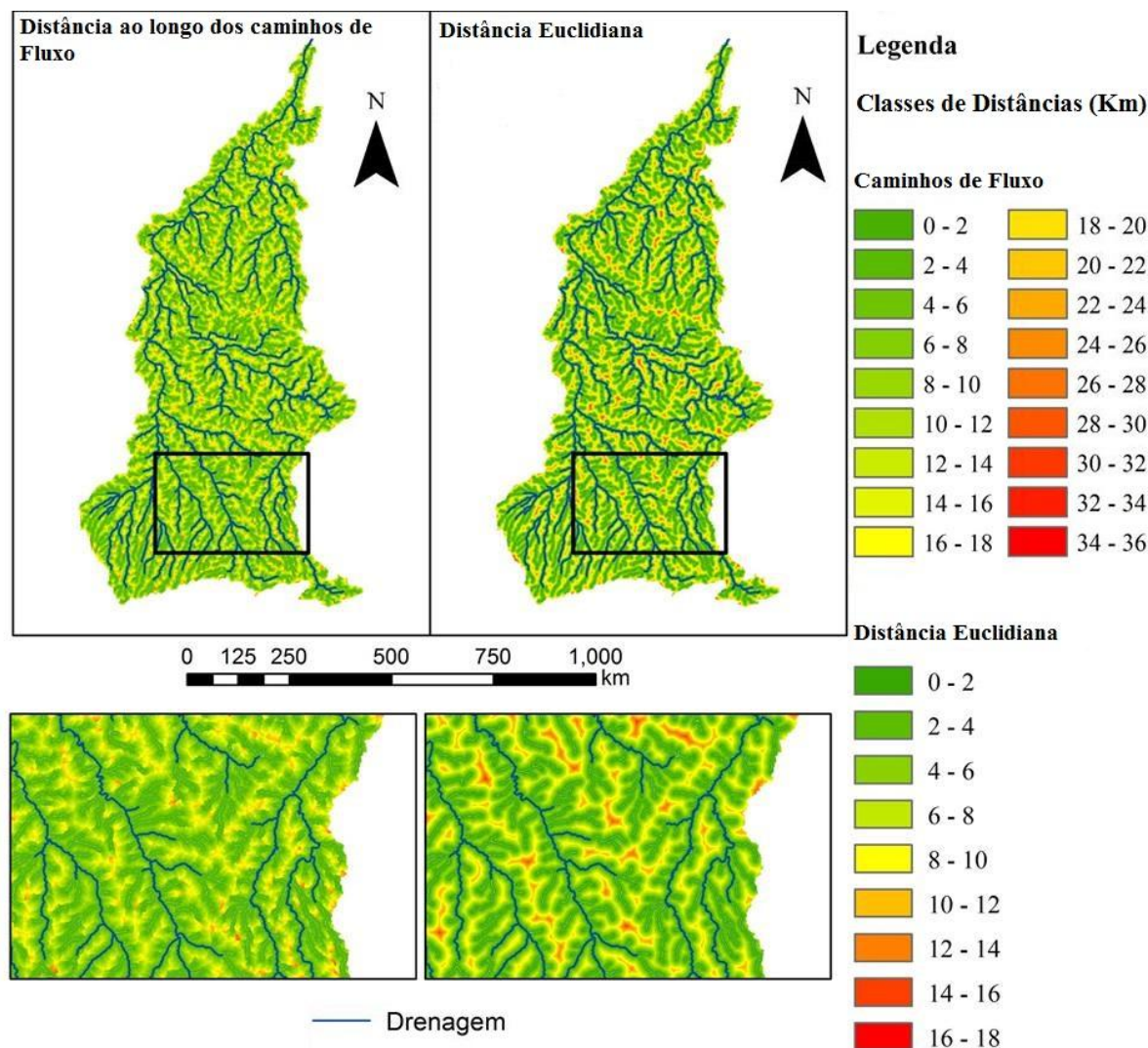


Figura 4. Classes de distância na bacia do rio Tapajós.

A Figura 5 apresenta mais claramente a distribuição das classes de distâncias em ambos os métodos. Desta forma, percebe-se que se um determinado estudo ambiental tiver o interesse de identificar e delimitar áreas situadas a, por exemplo, 10 km da rede de drenagem principal, então, ao utilizar o método de distâncias euclidianas esta área estaria situada geograficamente em uma posição e ao utilizar o método de distâncias ao longo dos caminhos de fluxo a área de interesse estaria localizada em outra posição diferente.

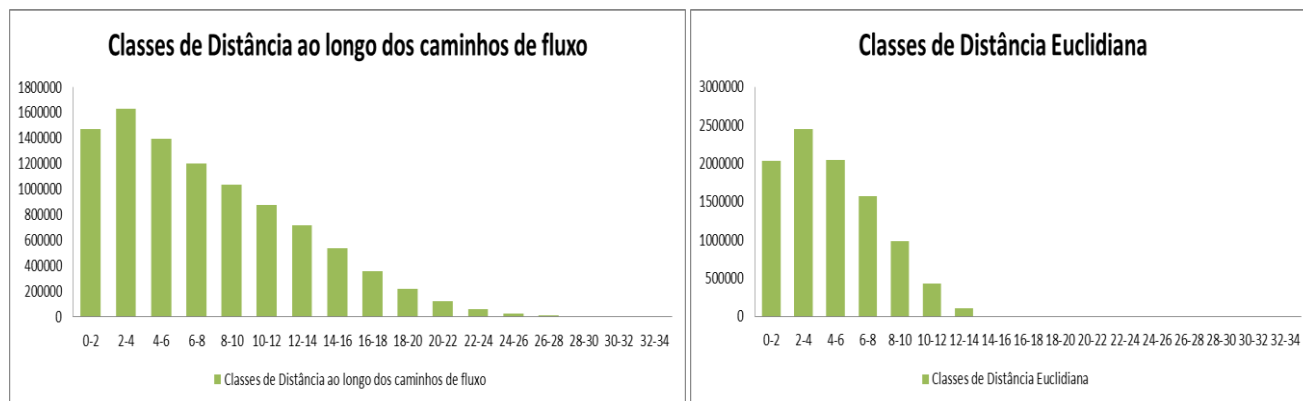


Figura 5. Distribuição das classes de distâncias euclidiana (a) e ao longo dos caminhos de fluxo (b)

4 Conclusões

Constatou-se que as distâncias encontradas ao longo dos caminhos de fluxo, foram de modo geral maiores que as distâncias encontradas pelo método euclidiano. Deste modo, se determinado estudo tem por objetivo a identificação e delimitação de determinada área contida em uma faixa de distância específica da rede de drenagem principal, a escolha de um ou outro método pode repercutir significativamente nos resultados encontrados e em toda a análise posterior.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos à primeira autora.

Referências Bibliográficas

- Buarque, D. C. *et al.* Comparação de Métodos para Definir Direções de Escoamento a partir de Modelos Digitais de Elevação. RBRH — **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 14 n.2 Abr/Jun 2009, 91-103.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. 1998. **Principles Of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems And Geostatistics**. Oxford University Press. Oxford, 333 P.
- Collischonn, B. *et al.* Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. **Journal of Hydrology**. 360 , 207– 216. 2008
- Cordeiro, L. L.; Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Abreu, M. V. S. **Influência Da Resolução Espacial De Modelos Digitais De Elevação Na Delimitação Automática De Áreas De Preservação Permanente Em Topos De Morros**. Anais Xvi Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto - Sbsr, Foz Do Iguçu, Pr, Brasil. 2013.
- Eash, D. A. A., **Geographic Information System Procedure To Quantify Drainage-Basin Characteristic**. Water Resources Bulletin, 30: 1-8, 1994.
- Farr, T. G., et al. 2007. **The Shuttle Radar Topography Mission**. Rev. Geophys., 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG00183.
- Florenzano, T. G. (Org.) (2008). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos.

Garbrecht, J. & Martz, L. W. **Digital elevation model issues in water resources modeling**. In : 1999 ANNUAL ESRI USERS CONFERENCE, GARBRECHT J. & MARTZ, L. W. Network and subwatershed parameters extracted from digital elevation models: the bills creek experience. Water Resources Bulletin, 29:909-916, 1993.

Gasparini, K. A. C. **Delimitação Das Áreas De Preservação Permanente Do Município De Seropédica, Rj**. Monografia Apresentada Ao Curso De Engenharia Florestal - Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. 2011.

Junior, R. F. V.; Passos, A. O.; Abdala, V. L.; Ramos, T. G. **Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba – MG, utilizando o sistema de informação geográfica – SIG**. Global Science And Technology (ISSN 1984 - 3801). v. 03, n. 01 p.19 – 29, jan/abr. 2010.

Louzada, F. L. R. O.; Peluzio, T. M. O.; Saito, N. S.; Souza, S. M.; Vieira, M. V. M.; Santos, A. R. **Determinação De Áreas De Preservação Permanente Em Topos De Morros Na Microrregião De Planejamento Do Caparaó, Es**. Anais Do Xiii Encontro Latino Americano De Iniciação Científica E Ix Encontro Latino Americano De Pós-Graduação – Universidade Do Vale Do Paraíba. 2009.

Machado, R. A. **A indenização das áreas de preservação permanentes (APP) do Direito Brasileiro**. Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico, Porto Alegre, nº 9, dez-jan 2007.

Mattos, A. D. M. et al . **Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão São Bartolomeu no Município de Viçosa, MG**. Rev. Árvore, Viçosa, v. 31, n. 2, abr. 2007.

Nascimento, M. C.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A.; Silva, E. **Delimitação Automática De Áreas De Preservação Permanente (App) E Identificação De Conflito De Uso Da Terra Na Bacia Hidrográfica Do Rio Alegre**. Anais Xii Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005, Inpe, P. 2289-2296.

Oliveira, M. J. **Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linha de Cumeada**. Viçosa: UFV, 2002. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

PAZ, A.R. **Manual do Usuário: Modelo hidrológico distribuído MGB-IPH**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. v. 2. 2008.

Paz, A.R., Collischonn, W. 2007. **River reach length and slope estimates for large-scale hydrological models based on relatively high-resolution digital elevation model**. Journal of Hydrology, 343, 127– 139.

Ribeiro, C. A. A. S.; Oliveira, M. J.; Soares, V. P.; Pinto, F. A. C., **Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros e em linhas de cumeada: Metodologia e estudo de caso**. In: Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à Engenharia Florestal, 5, 2002, Curitiba, Paraná. Anais, 7 – 18p.

Silva, A. D. Da; Pinheiro, E. Da S. **A Problemática Dos Resíduos Sólidos Urbanos Em Tefé, Amazonas**. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 22 (2): 297-312, Ago. 2010.

Tribe, A. **Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method**. Journal of Hydrology, v. 139, p. 263-293, 1992.

Victoria, D. C.; Hott, M. C.; Miranda, E. E.; Oshiro, O. T. **Delimitação De Áreas De Preservação Permanente Em Topos De Morros Para O Território Brasileiro**. Rev. Geogr. Acadêmica V.2 N.2. 2008.