

**CIEA**

Congresso Internacional de Engenharia Ambiental  
&

**10ª REA**

Reunião de Estudos Ambientais

**ANAIS**

Artigos Completos

- VOLUME 1 -

**Recursos Hídricos e Qualidade da água**



***Organizadores***

Cristiano Poletto

Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves

Guilherme Fernandes Marques

José Gilberto Dalfré Filho

**ANAIS do Congresso Internacional de  
Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de  
Estudos Ambientais  
Artigos Completos**

- VOLUME 1 -

**Recursos Hídricos e Qualidade da água**

**Copyright © 2020, by Editora GFM.**

Direitos Reservados em 2020 por **Editora GFM.**

**Editoração:** Cristiano Poletto

**Organização Geral da Obra:** Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho

**Diagramação:** Juliane Fagotti

**Revisão Geral:** Espaço Histórico e Ambiental

**Capa:** Eventos Consulting Design Informática

**CIP-Brasil. Catalogação na Fonte**

---

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores)

ANAIS do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais – Artigos Completos – Volume 1 – Recursos Hídricos e Qualidade da Água / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2020.

573p.: il.;

ISBN 978-65-87570-08-2

CDU 502.3/.7

***É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.***

---



## COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DE PARÂMETROS HIDROLÓGICOS OBTIDOS A PARTIR DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

| ID 15762 |

**Sheila Mena Barreto Silveira<sup>1</sup>, Alfonso Risso<sup>2</sup>, Julia Machado Pelegrini<sup>3</sup>, Thawara Giovanna Souza da  
Fonseca Guidolin<sup>4</sup>, Viviane Mezzomo<sup>5</sup>**

*1e-mail: sheila@ufrgs.br; 2Universidade Federal do Rio Grande do Sul e-mail: risso@iph.ufrgs.br; 3Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul e-mail: julia.pelegrini26@gmail.com; 4 e-mail: thawara.guidolin@gmail.com; e-  
mail: vivianemmezzomo@gmail.com*

### | RESUMO |

Estudos hidrológicos, por envolverem diversos processos naturais complexos, exigem que sejam adotadas inúmeras premissas de projetos (PORTO, 1998 *apud* MARTINS, 2012). A determinação destes parâmetros é uma etapa essencial para que o projeto hidrológico possa ser desenvolvido de forma eficaz, correspondendo o mais próximo da realidade (ALMEIDA *et. al*, 2013). Neste viés que se engloba o presente estudo, o qual visa comparar os resultados de dois parâmetros hidrológicos obtidos através de dois modelos digitais de elevação (MDE) distintos. Os parâmetros analisados são a área de contribuição e tempo de concentração, ambos diretamente relacionados aos dados altimétricos utilizados. Os MDE's utilizados foram obtidos através da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 90 metros e 30 metros. Para o processamento das informações foi utilizado o software de geoprocessamento ArcGis 10.3 (rotina básica do módulo hidrologia), a fim de obter a área de contribuição. O tempo de concentração foi estimado através da equação de Kirpich. As áreas de contribuição apresentaram valores de elevação máximos e mínimos próximos, 940 metros e 942 metros e mínimos, 865 metros e 874 metros para os MDE's de resoluções de 90 metros e 30 metros, respectivamente. No entanto as áreas de contribuição extraídas divergiram em 24%, sendo 0,87 km<sup>2</sup> e 0,66 km<sup>2</sup> para as resoluções de 90 metros e 30 metros, respectivamente. Os parâmetros L (comprimento) e S (declividade) da Fórmula de Kirpich (Equação 01) obtidos nos dois cenários foram 1,55 km e 0,04 m/m para a área de contribuição do MDE de 30 metros e 1,70 km e 0,04 m/m para o MDE de 90 metros, respectivamente. O parâmetro L possui uma diferença de 8,8% enquanto o parâmetro S é idêntico. Os valores dos tempos de concentração estimados foram de 3,1 horas e 3,3 horas para os cenários com MDE de 30 metros e 90 metros, respectivamente. A diferença entre ambos resultados foi de, aproximadamente, 6,6%. Logo, a diferença obtida nos dois parâmetros hidrológicos analisados foi de 24% e 6,6%, sendo mais significativa a área de contribuição, devido à dependência direta do MDE utilizado. Portanto, a seleção das premissas básicas de projeto em estudos hidrológicos necessita que seja averiguada a bibliografia correlata assim como os dados públicos disponíveis, permitindo o aumento da garantia de que os resultados correspondam o mais próximo da realidade possível, não superdimensionando as obras e, conseqüentemente os custos associados, e tampouco comprometendo as estruturas hidráulicas executadas.

**Palavras-chave:** parâmetros hidrológicos; modelos digitais de elevação; hidrologia



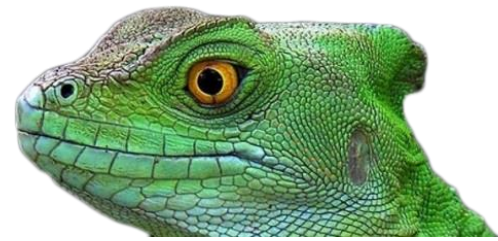
## | INTRODUÇÃO |

Estudos hidrológicos exigem que sejam compreendidos diversos processos naturais complexos, os quais são de suma importância na gestão ambiental, hídrica e execução de obras hidráulicas (PORTO, 1998 *apud* MARTINS, 2012; MELLEK, 2012). Projetos que envolvem questões hidrológicas, exigem que sejam adotadas inúmeras premissas de projetos, as quais envolvem inúmeras incertezas (PORTO, 1998 *apud* MARTINS, 2012). A determinação dos parâmetros hidrológicos é uma etapa vital para que o projeto possa ser desenvolvido de forma eficaz, correspondendo o mais próximo da realidade. Neste viés que se engloba o presente estudo, o qual visa comparar os resultados de dois parâmetros hidrológicos obtidos através de dois modelos digitais de elevação (MDE) distintos, obtendo dois cenários distintos. Os parâmetros analisados são a área de contribuição e tempo de concentração, ambos diretamente relacionados aos dados altimétricos utilizados.

A área (ou bacia) de contribuição corresponde à área que contribui com o escoamento para o exutório, sendo um parâmetro relacionado diretamente com a topografia da região. A área de contribuição é dependente dos dados altimétricos utilizados.

O tempo de concentração ( $T_c$ ) pode ser definido de diversas formas, dependendo da ênfase que o autor deseja expor. Para MATA-LIMA *et al.* (2007) *apud* BOHNEN, SCHUCH E BASTOS (2017), MC CUEN *et al.* (1984) *apud* SILVEIRA (2005) e CHOW *et al.* (1988) *apud* ALMEIDA *et. al.* (2013) o  $T_c$  corresponde como o tempo do trajeto da gota d'água precipitada desde o ponto mais afastado até o exutório da bacia de contribuição. Para PAVLOVIC E MOGLEN (2008) *apud* ALMEIDA *et. al.* (2013) o  $T_c$  corresponde à celeridade em que o divisor de águas em responde à eventos de precipitação. Eagleson (1970) *apud* ALMEIDA *et. al.* (2013) afirma que o  $T_c$  é o tempo estabelecido para que o escoamento superficial alcance o estado de equilíbrio. SILVEIRA (2005) afirma que o  $T_c$  é o tempo entre o término da chuva efetiva e o fim do escoamento superficial direto na bacia.

Os modelos digitais de elevação utilizados no estudo em tela foram obtidos a partir da missão espacial, desenvolvida em 2000, denominada de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Esta missão espacial possuía o objetivo de mapear o relevo da superfície terrestre, cujos dados estão disponíveis, de forma gratuita, pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) em seu website (WEBER, HASENACK e FERREIRA, 2004; SILVEIRA, 2018; CASTRO *et al.* 2011). O resultado da primeira missão espacial foram modelos digitais de elevação de terreno denominados de SRTM-1 e SRTM-3, possuindo o primeiro a resolução espacial de aproximadamente 30 metros e correspondendo um pixel a 1 arc-second enquanto o segundo as valorações são de, aproximadamente, 90 metros e 3 arc-second (SILVEIRA, 2018).



Modelo digital de elevação (MDE) pode ser definido como a representação digital de superfícies, formada por uma matriz de pixels que exhibe conjuntos de coordenadas x, y e z (elevação) (VALERIANO, 2008 *apud* NICOLETE *et al.*, 2015; BARBOSA, CICERELLI ALMEIDA, 2019; BRAZ, XAVIER, MIRANDOLA, 2018; LUIZ, *et al.*, 2007 *apud* MELLEK, 2012). Em aplicações hidrológicas, a partir do MDE podem ser extraídos parâmetros de forma direta como a área de contribuição e de forma indireta, como o tempo de concentração.

### | MATERIAL E MÉTODOS |

A área de estudo localiza-se no município de Uberlândia, Minas Gerais, e corresponde à área em que será implantada uma usina fotovoltaica, conforme ilustrado na Figura 1. Para tanto, se faz necessária a realização de um estudo hidrológico, a fim de projetar o sistema de drenagem pluvial. Este é o contexto em que será realizada a comparação dos valores dos parâmetros hidrológicos, área de contribuição e tempo de concentração, apenas alterando o modelo digital de elevação.



Figura 1: Localização da Área de Estudo destacada no polígono vermelho.

A primeira etapa realizada foi a obtenção das matrizes altimétricas da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução de 90 e 30 metros. WEBER, HASENACK e FERREIRA (2004) disponibilizou o MDE procesado para a primeira resolução enquanto que para a segunda, o MDE foi extraído diretamente de USGS (2020).



Para a determinação da área de contribuição foram processados os dois modelos digitais de elevação no software de geoprocessamento ArcGis 10.3, de acordo com a rotina básica do módulo de hidrologia: preenchimento das depressões do MDE, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação da bacia. Com esta metodologia foi possível determinar a área de contribuição, que é idêntica à bacia delimitada a partir do exutório. Destaca-se que por se tratar de um polígono, foram efetuados diversos exutórios, os quais coincidiam com a delimitação do polígono, englobando todos os pixels dos modelos.

Para SILVEIRA (2005), as equações que estimam o tempo de concentração são empíricas e obtidas a partir de preceitos estatísticos precários, ocasionando alta variabilidade de resultados assim como possibilidade de limitação na aplicação. O mesmo autor ainda afirma que estas equações usualmente possuem variáveis relativas ao tamanho da área (bacia) de contribuição, declividade, rugosidade ou resistência ao escoamento e aporte de água. Considerando que o método de Kirpich é um dos métodos mais utilizados no Brasil (MOTA e KOBAYAMA, 2015 *apud* FERREIRA *et. al*, 2017), foi selecionada esta equação para ser estimado o tempo de concentração. A equação 01 exibe a Fórmula de Kirpich, segundo SILVEIRA (2005).

$$T_c = 0,0663 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (1)$$

Onde:  $t_c$  é o tempo de concentração (horas),  $L$  o comprimento do rio principal (km) e  $S$  a declividade do rio (m/m).

## | RESULTADOS E DISCUSSÃO |

Os dois MDE's (Figura 02) apresentam, para a mesma seção de controle, valores de elevação similares, sendo os máximos 952 metros e 958 metros e mínimos, 564 metros e 560 metros para as resoluções de 90 metros e 30 metros, respectivamente. Analisando este dado bruto já é possível identificar que os valores de elevação, apesar de próximos, podem originar resultados divergentes.

As Figuras 2 e 3 demonstram os MDE's das áreas de contribuição, sendo os valores máximos, 940 metros e 942 metros e mínimos, 865 metros e 874 metros para as resoluções de 90 metros e 30 metros, respectivamente. Este resultado demonstra que os valores máximos de elevação são similares (com diferença de 2 metros) enquanto nos valores mínimos de elevação, a diferença é de 11 metros.

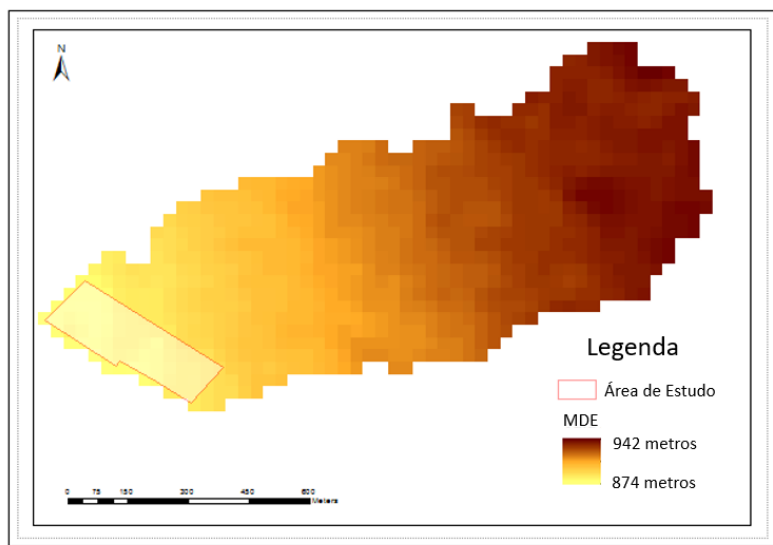


Figura 2: Modelo Digital de Elevação para a resolução de 30 metros da área (bacia) de contribuição da área de estudo.

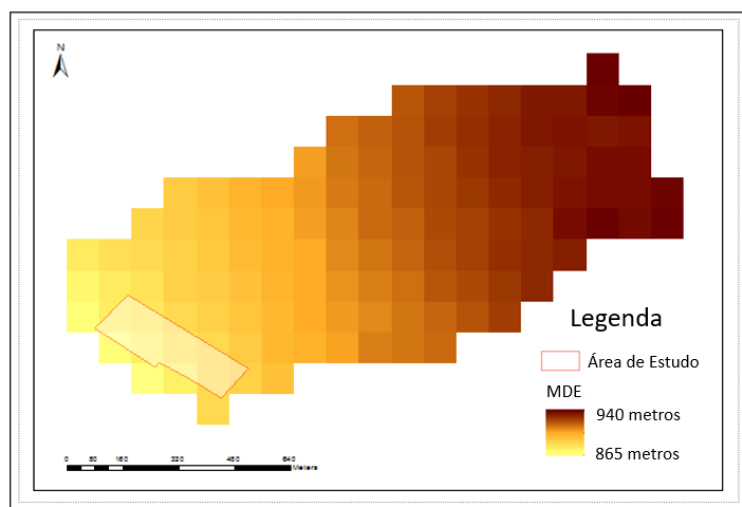


Figura 3: Modelo Digital de Elevação para a resolução de 90 metros da área (bacia) de contribuição da área de estudo.

A Figura 4, a exibe a sobreposição das áreas (bacias) de contribuição extraídas após a rotina realizada no software de geoprocessamento. Nesta imagem é possível notar a tendência de similaridade no formato destas áreas, no entanto, os valores numéricos obtidos foram  $0,87 \text{ km}^2$  e  $0,66 \text{ km}^2$  para as resoluções de 90 metros e 30 metros, respectivamente. Nota-se a diferença de, aproximadamente, 24% entre os valores.



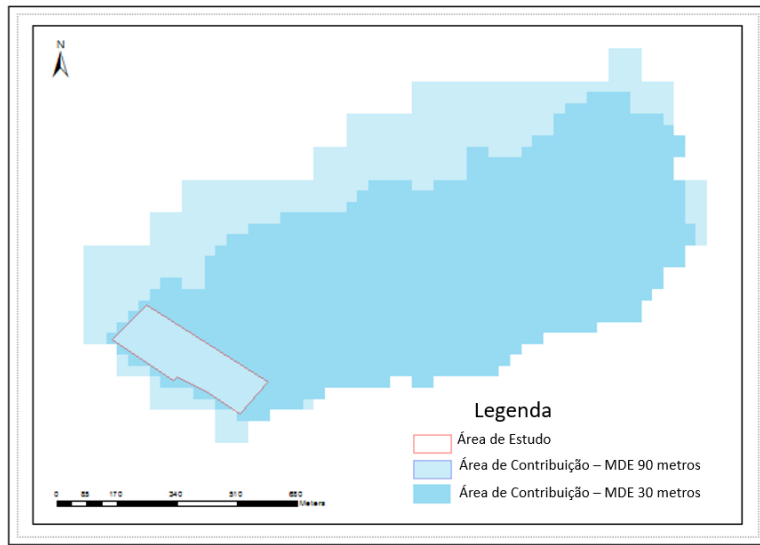


Figura 4: Áreas de Contribuição obtidas através dos MDE's com resolução de 30 metros e 90 metros.

As áreas de contribuição obtidas foram plotadas em imagens aéreas (Google Earth), a fim de ilustrar a abrangência no local de estudo, as quais estão expostas nas Figuras 5 até 7.



Figura 5: Área de Contribuição obtida através dos MDE's com resolução de 30 metros exibida em imagem aérea.



Figura 6: Área de Contribuição obtida através dos MDE's com resolução de 90 metros exibida em imagem aérea.



Figura 7: Áreas de Contribuição exibidas em imagem aérea.

Os parâmetros L (comprimento) e S (declividade) da Fórmula de Kirpich (Equação 01) obtidos nos dois cenários foram 1,55 km e 0,04 m/m para a área de contribuição do MDE de 30 metros e 1,70 km e 0,04 m/m para o MDE de 90 metros, respectivamente. O parâmetro L possui uma diferença de 8,8% enquanto o parâmetro S é idêntico.

Os valores dos tempos de concentração estimados, a partir da Equação 01 (Fórmula de Kirpich), foram de 3,1 horas e 3,3 horas para os cenários com MDE de 30 metros e 90 metros, respectivamente. A diferença entre ambos resultados foi de, aproximadamente, 6,6%.



### | CONSIDERAÇÕES FINAIS |

O estudo demonstrou a comparação dos dois parâmetros hidrológicos alterando apenas a variável altimétrica (MDE), resultando na diferença de valores para a área de contribuição e o tempo de concentração em 24% e 6,6%. Os valores de área de contribuição foram significativamente mais distintos do que o tempo de concentração, pois a resolução espacial do MDE é mais dependente para este parâmetro do que para o tempo de concentração.

Em relação ao tempo de concentração, a proximidade de valores é originada da similaridade dos parâmetros utilizados (L e S). Nota-se que, caso fosse utilizada outra metodologia para a sua estimativa, a tendência é de divergência nos valores obtidos, conforme exposto por SILVEIRA (2005).

Destaca-se que a diferença pode ser mais significativa se a área de estudo for maior, assim como se forem utilizados MDE's de resoluções espaciais menores, como 12,5 metros obtido através do satélite ALOS PALSAR.

Portanto, a seleção das premissas básicas de projeto em estudos hidrológicos necessita que seja averiguada a bibliografia correlata assim como os dados públicos disponíveis, permitindo o aumento da garantia de que os resultados correspondam o mais próximo da realidade possível, não superdimensionando as obras e, conseqüentemente os custos associados, e tampouco comprometendo as estruturas hidráulicas executadas.

### **Agradecimentos**

Os Autores gostariam de agradecer à empresa ENGM ENERGIA pela disponibilidade de informações e à UFRGS, pela formação técnica de qualidade e disposição dos professores do departamento de pesquisas hidráulicas para auxiliar os ex-alunos sempre que solicitado.

### | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS |

- Almeida, I. K. de, Anache J. A. A., Almeida, V. R., Sobrinho, T. A. 2013. Estimativa de tempo de concentração em bacia hidrográfica. Anais XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1-2.
- Barbosa, V. R. F., Cicerelli, R. E., Almeida, T. de. 2019. Análise Comparativa entre Modelos Digitais de Elevação (MDE) do satélite ALOS. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos.
- Bohnen, H. R., Schuch, F. S., Bastos, M. De A. 2017. Determinando o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica considerando seu uso e ocupação do solo. V – Gestão Territorial e Cadastro Técnico Multifinalitário.



- BRAZ, A. M., XAVIER, F. V., MIRANDOLA, P. H. M. G. 2018. Análise da diferença entre dados altimétricos em uma bacia hidrográfica através da comparação entre modelos digitais de elevação. *Ateliê Geográfico - Goiânia-GO*, v. 12, n. 1, abr/2018, p. 71-96.
- Castro, F. da S., Xavier, A. C., Cecílio, R. A., Moreira, A. de A., Pena, F. E. da R., Souza, J. M. de. 2011. Uso de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) na espacialização da temperatura do ar no estado do Espírito Santo. In: *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8154.*
- Ferreira, P.; Allasia, D.; Tassi, R.; Mello, I.; Fensterseifer, P. 2017. Correção da Estimativa do Tempo de Concentração através do Método de Kirpich para algumas bacias urbanas brasileiras. *Anais do XXII do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. pp.02-03.
- Nicolete, D. A. P., Carvalho, T. M., Polonio, V. D., Leda, V. C., Zimback, C. R. L. 2015. Delimitação automática de uma bacia hidrográfica utilizando MDE TOPODATA: aplicações para estudos ambientais na região da Cuesta de Botucatu – SP. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. p.3988- 3994.*
- Martins, L. G. B. 2012. Determinação de parâmetros hidrológicos por técnicas de sensoriamento remoto em macrodrenagem urbana. *Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências. P. 26.*
- Mellek, J. E. 2012. Determinação de Parâmetros Hidrológicos da Sub-bacia do Rio Belém usando Sistemas de Informações Geográficas. JOSÉ ELIAS MELLEK. Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento. Programa de Especialização em Geoprocessamento, Setor de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- USGS. 2020. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acessado em 06/04/2020.
- Silveira, A. L. L. da. 2005. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) Volume 10 n.1 Jan/Mar 2005. pp.05-07.*
- Silveira, S. M. B. S. Comparação de metodologias para realização de estudos de estimativa de potencial hidroelétrico em pequenas bacias: estudo de caso na Bacia do Arroio São João – RS. Trabalho de conclusão apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Hídrico. pp.31-33.
- WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. 2004. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9.