

3.07.01 – Engenharia Sanitária/ Recursos Hídricos

**INCORPORAÇÃO DO TRAÇADO DAS RUAS E LOTES PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE DESLOCAMENTO DO ESCOAMENTO EM ÁREAS URBANAS**

Deborah Lopes C. Lima<sup>1\*</sup>, Adriano Rolim da Paz<sup>2</sup>

1. Estudante de IC do Centro de Tecnologia da UFPB

2. Professor- doutor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB / Orientador

**Resumo:**

Ao utilizar ferramentas de geoprocessamento atreladas aos modelos hidrológicos a principal fonte de informações é o Modelo Digital de Elevação (MDE). Alguns fatores estão relacionados com a precisão com que o MDE reflete a hidrologia e por isso existem procedimentos para melhorar a sua representatividade. Dentre esses métodos está o *street burning*, que significa incorporar o traçado das ruas no MDE. Diante disso, o presente estudo tem por objetivo entender como o *street burning* influencia em subprodutos do MDE e como isso reflete no parâmetro tempo de deslocamento do escoamento. Os resultados mostraram que o *street burning* gerou alterações em alguns subprodutos do MDE, porém em outros não provocou mudanças expressivas. Analisou-se que o método utilizado tendeu a aumentar os valores máximos de tempo de deslocamento. Quando comparados os tempos de deslocamento provenientes dos MDEs com e sem *street burning* viu-se que os valores de tempo não apresentaram diferenças significativas.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Método NRCS; *Street burning*.

**Apoio financeiro:** CNPq/UFPB

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UFPB

**Introdução:**

A impermeabilização do solo está diretamente relacionada ao processo de urbanização. Como alguns dos resultados dessa impermeabilização estão o aumento das vazões máximas e a antecipação do tempo que essas vazões levam para ocorrer (Campana e Tucci, 1999). Soma-se ainda, os sistemas de drenagem urbana ineficientes, que apenas transferem o problema do escoamento para jusante, levando ao aumento da intensidade e frequência das inundações urbanas (Silva, 2017).

Para gerir os recursos hídricos de uma forma eficiente é essencial entender o comportamento da bacia hidrográfica. Esse entendimento pode ser obtido através dos modelos hidrológicos, por meio deles pode-se prever a resposta da bacia a diferentes ações, como por exemplo modificações no uso do solo. Com base nessas informações é possível antecipar-se aos eventos e então se tomar medidas preventivas (Paz e Collischonn, 2008; Tucci, 1998).

A heterogeneidade física da bacia hidrográfica é um fator limitante da modelagem hidrológica (Tucci, 1998). Isso tem levado ao desenvolvimento de modelos chamados distribuídos. Para a elaboração desse tipo de modelos é crescente o uso de geoprocessamento (Costa, 2013), onde as informações da bacia são obtidas através do processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE).

A alteração de processos hidrológicos causadas por ações antrópicas é um dos fatores relacionados à precisão com que o MDE reproduz a realidade hidrológica da bacia. No entanto, existem procedimentos que podem ser realizados com o intuito de melhorar a sua representatividade, como por exemplo, incorporar o traçado das ruas no MDE, processo conhecido como *street burning*. (Callow et al., 2007).

Os produtos resultantes do processamento do MDE são a base para se determinar parâmetros hidrológicos. Entre esses parâmetros, está o tempo de deslocamento do escoamento, necessário para determinar o tempo de concentração (Tc) da bacia, que segundo McCuen (2009) é o tempo que a gota de chuva leva para chegar no exutório partindo do ponto mais distante da bacia. O Tc está relacionado com a velocidade com que a bacia hidrográfica responde a eventos de precipitação (Almeida et al., 2013).

Diante disso, este trabalho tem por objetivo entender como o *street burning* influencia em produtos derivados do MDE e nos valores de tempo de deslocamento do escoamento e como isso repercute no valor de Tc. Como área de estudo foi utilizada a sub-bacia Cascata I, do Arroio Dilúvio, localizada em Porto Alegre (RS).

**Metodologia:**

O MDE utilizado foi obtido a partir do LiDAR (*Light Detection and Ranging*), um sistema de sensoriamento remoto a laser aerotransportado cuja resolução espacial é de 1 metro. Para realizar a incorporação do traçado das ruas no MDE foi realizado primeiramente uma adequação desse traçado, um procedimento denominado *buffer*, que consiste em gerar polígonos que contornam um certo objeto a uma determinada distância. Após uma análise visual de imagens de satélite observou-se ruas com larguras semelhantes, então elas foram divididas em 3 classes de acordo com sua largura e o *buffer* a ser gerado, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** – Classificação do *buffer* das ruas

Classe	Buffer (m)	Largura da rua (m)
1	2,5	5
2	5	10
3	15	30

Fonte: Elaborado pela autora.

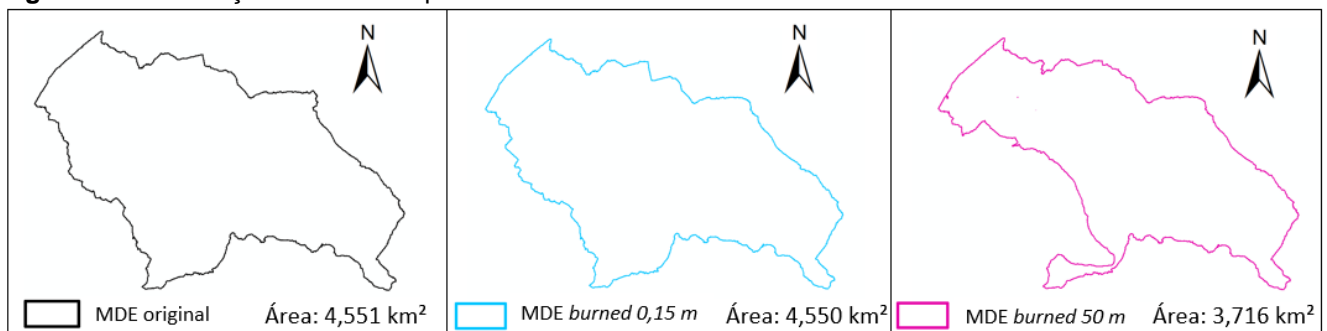
Após a geração do *buffer* o passo seguinte foi a incorporação do traçado no MDE, ou seja, o *street burning*, que consiste em um algoritmo que modifica o MDE para refletir os caminhos de fluxo conhecidos e tem como objetivo facilitar que no processamento de direções de fluxo as ruas vistas como caminho preferencial de escoamento. Nesse procedimento é necessário informar a qual profundidade se irá rebaixar as células pertencentes ao traçado das ruas. Neste estudo foram utilizadas duas profundidades, 0,15 m e 50 m. A escolha das profundidades objetivou observar qual o comportamento do MDE quando se rebaixava a rua a uma altura equivalente ao meio fio (0,15 m) e a uma altura maior (50 m), forçando mais o fluxo a caminhar pelo traçado das ruas. A profundidade de 50 m também foi utilizada em trabalhos anteriores, como Serra e Paz (2013), para o rebaixamento dos pixels.

O passo seguinte foi realizar o processamento inicial do MDE, que consiste em uma série de operações realizadas com o MDE, por meio dos *softwares* de geoprocessamento, com o objetivo de gerar subprodutos, como por exemplo direções de fluxo e rede de drenagem, que alimentarão o modelo hidrológico utilizado no estudo. Esse processamento foi realizado para os três MDEs, o MDE original, o MDE com o *street burning* de 0,15 m e o com o *street burning* de 50 m.

Com base nos dados obtidos foi aplicado o método NRCS, amplamente utilizado nos Estados Unidos (Grimaldi et al., 2012). Tal método foi desenvolvido em 1997 pelo *National Research Conservation Service* e tem por objetivo calcular o tempo de deslocamento do escoamento. Possui duas equações, uma para o tempo de deslocamento na superfície e outra para tempo de deslocamento no canal de drenagem. Para a aplicação desse método via geoprocessamento empregou-se uma rotina computacional para obter os tempos de deslocamento para cada pixel pertencente ao MDE. Foram obtidos então mapas de tempo de deslocamento do escoamento que ocorre no canal bem como do escoamento que ocorre na superfície. Também foi gerado um mapa de tempo total, que relaciona o escoamento no canal e na superfície. Todos os mapas foram gerados para os três MDEs utilizados. A partir disso determinou-se o tempo de concentração da bacia e então comparou-se os valores de tempo obtidos para cada MDE.

### Resultados e Discussão:

Como se trabalhou com três MDEs (original, *burned* 0,15 m e *burned* 50 m), foram geradas três delimitações para a bacia hidrográfica (Figura 1). É possível notar que entre o MDE original e o *burned* 0,15 m não houve mudanças significativas em relação à delimitação e ao valor da área da bacia. As diferenças mais expressivas em relação ao MDE original são notadas no MDE com *street burning* de 50 m, onde a diferença percentual relativa à delimitação baseada no MDE original foi de 83,49%. Quando verificados os contornos mostrados na Figura 1, fica evidente que essa diferença ocorreu mais na parte sudoeste da delimitação e que no restante da bacia os contornos se assemelham.

**Figura 1** – Delimitações da bacia a partir de cada MDE

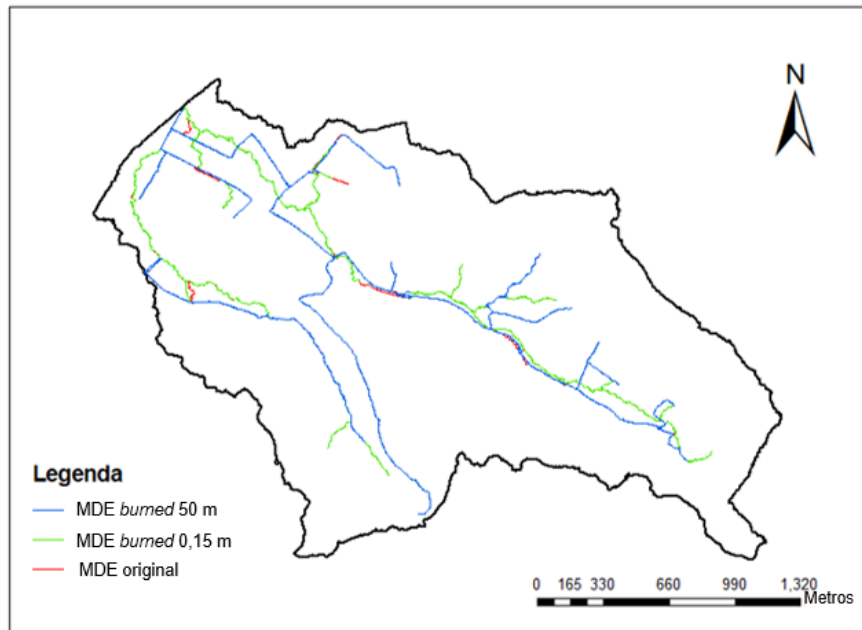
Fonte: Elaborado pela autora.

Para quantificar a influência do *street burning* sobre o formato da delimitação da bacia foi realizado uma sobreposição de mapas. Tomou-se como referência a bacia do MDE original. Foi possível então verificar a proporção de áreas em concordância e discordância entre as bacias, isto é, áreas em comum ou não. Viú-se que a bacia proveniente do MDE *burned* 50m apresenta 19% de sua área em discordância com a bacia do MDE original, enquanto que a bacia do MDE *burned* 0,15m apresenta apenas 0,79%.

Quando observadas as redes de drenagem para cada MDE (Figura 2), vê-se que entre o MDE original e o MDE *burned* 0,15 m as redes de drenagem diferiram pouco. As mudanças mais aparentes foram verificadas para o MDE *burned* 50m, onde o traçado da rede ficou bastante retificado em certos trechos, mostrando que quando rebaixado a uma altura maior o traçado das ruas exerceu uma maior influência no percurso da água. Foram analisados também o comprimento total das redes de drenagem e foi visto que o

MDE original apresentou um comprimento de rede de drenagem de 11935 m, o MDE *burned* 0,15m de 11447 m enquanto que para o MDE *burned* 50m esse valor foi de 12309 m. Percebe-se que enquanto o *street burning* de 0,15m tendeu a diminuir o comprimento total da rede de drenagem, o de 50m tendeu a aumentar esse comprimento.

**Figura 2** – Traçado da rede de drenagem obtido do processamento de cada MDE



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da aplicação do método NRCS foram gerados mapas de tempo de deslocamento para os pixels pertencentes à superfície, isto é, o tempo que o escoamento gerado em cada pixel leva até alcançar a rede de drenagem mais próxima, e àqueles pertencentes ao canal, bem como mapas de tempo total, que representam o escoamento total da água até chegar no exutório da bacia. Por meio de histogramas acumulados foi feito um estudo para entender como os tempos se distribuíam pelos pixels.

Analisando o histograma acumulado referente aos mapas de tempo de deslocamento no canal viu-se que 95% dos pixels da rede de drenagem possuem tempo de deslocamento de até 26 min, isso para todos os MDEs. Quando analisados os histogramas dos tempos de deslocamento do escoamento na superfície foi visto que 95% dos pixels da superfície do MDE original e do MDE *burned* 0,15 m, apresentam tempo de deslocamento de até 200 min; já para o MDE *burned* 50 m esse valor vai para 230 min.

Por fim, foram gerados os mapas de tempo de deslocamento total do escoamento por pixel. Entendendo que o tempo de concentração é dado pelo maior valor dos tempos de deslocamento, o Tc da bacia para cada MDE seria dado pelo maior valor de tempo encontrado nos mapas. Porém ao analisar a distribuição desses tempos por pixel, percebe-se que uma pequena parcela de pixels, em torno de 5%, apresentou os valores de tempos de deslocamento muito mais altos. Essa mesma situação foi observada por Castro (2015), onde viu-se que, utilizando esse método, se fosse considerado o tempo máximo de deslocamento para obtenção do tempo de concentração, haveria uma tendência em superestimar o Tc.

Observando os histogramas acumulados, tem-se que para o MDE original e o MDE *burned* 0,15m o Tc está entre 210 e 220 min, já para o MDE *burned* 50m está entre 240-250 min. Então, após essa análise, percebe-se por exemplo, que o valor de Tc para o MDE *burned* 50 m que antes era de 603 min, na verdade está próximo dos 240 min (Tabela 2).

**Tabela 2** – Valores de tempo de concentração real e teórico para cada MDE

	MDE original	MDE <i>burned</i> 0,15m	MDE <i>burned</i> 50m
Tc teórico (min)	470	482	603
Tc real (min)	210 - 220	210 - 220	240 - 250

Fonte: Elaborado pela autora.

### Conclusões:

Diante das análises feitas e dos resultados obtidos neste estudo fica evidente que o uso de ferramentas de geoprocessamento na modelagem hidrológica é uma tendência, pois além de poupar tempo por viabilizar o processamento automático, permite que sejam levadas em consideração as características físicas da bacia. Porém, deve se ter em mente que alguns fatores podem influenciar os resultados obtidos.

Quando analisado o efeito da incorporação das ruas nos produtos do processamento do MDE foi visto que na delimitação da bacia, o MDE *burned* 50 m apresentou diferenças expressivas em relação ao MDE original. Já quando observadas as redes de drenagem viu-se que o *street burning* não gerou uma tendência

significativa de aumentar ou diminuir o comprimento total dos rios.

Diante dos resultados obtidos para os tempos de deslocamento, notou-se que o método de cálculo do tempo de concentração tendeu a aumentar os valores de Tc, mas após a análise da distribuição dos tempos por pixel viu-se que para a o MDE original e o MDE *burned* 0,15m o Tc está em torno de 3 horas e 40 min; já para o MDE *burned* 50m, o Tc assume um valor em torno de 4 horas e 10 min.

Conclui-se então que com a incorporação do traçado das ruas e um rebaixamento na altura do meio fio (15 cm) o MDE não gerou resultados de tempo de deslocamento com diferenças expressivas em relação ao MDE original, o que resultou em um mesmo valor de Tc para ambos. Já o MDE *burned* 50m apresentou valores de tempo de deslocamento que variaram um pouco mais em relação ao MDE original, o que levou a um valor de Tc numericamente diferente.

Mesmo que a incorporação do traçado das ruas não tenha gerado mudanças significativas no valor de tempo de concentração, entende-se que ao considerar as ruas no MDE, está sendo representada uma variável a mais no modelo hidrológico que está se construindo, aproximando-o assim mais da realidade.

### Referências bibliográficas

ALMEIDA, I. K.; ANACHE, J. A. A.; ALMEIDA, V. R.; SOBRINHO, T. A. Estimativa de tempo de concentração em bacia hidrográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20 ed., 2013. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). p. 1-8.

CALLOW, J. N.; VAN NIEL, K. P.; BOGGS, G. S. How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis? *Journal of Hydrology*, p.30-39, 2007.

CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M. Previsão da vazão em macrobacias urbanas: arróio Dilúvio em Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 4, n. 1, p.19-33, 1999.

CASTRO, V.L.S. Aplicabilidade de ferramentas de geoprocessamento para determinação do tempo de concentração. Relatório final de projeto de iniciação científica, UFPB, João Pessoa, p.17, 2015.

COSTA, A. H. A. Simulação dos impactos da urbanização sobre as inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Cuiá (PB), 91 f, Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

GRIMALDI, S.; PETROSELLI, A.; TAURO, F.; M. PORFIRI. Time of concentration: a paradox in modern hydrology, *Hydrological Sciences Journal*, v. 57, n. 2, p. 217-228, 2012.

MCCUEN, R. H. Uncertainty analyses of watershed time parameters. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 14, n. 5, p. 490–498, 2009.

PAZ, A, R.; COLLISCHONN, W, Derivação da Rede de Drenagem a Partir de Dados SRTM, *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 2, n. 2, p. 84-95, 2008.

SERRA, L. S.; PAZ, A. R. (2013). Determinação de caminhos de fluxo em área urbana com incorporação do traçado das ruas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do XVI SBSR, 2013. p. 5713-5720.

SILVA, M. R. de F. Efeito da resolução espacial na modelagem chuva- vazão da bacia hidrográfica do rio Cuiá, em João Pessoa - PB. 2017. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

TUCCI, C. E. M., Modelos Hidrológicos, Editora da Universidade (ABRH/UFRGS): Porto Alegre (RS), p. 669, 1998.