

## ESTIMATIVA DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO EM MICROBACIA RURAL NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ

Éricles Leonardo dos Santos<sup>1</sup>, Eduardo Augusto Agnellos Barbosa<sup>2</sup>, Fabrício Tondello Barbosa<sup>3</sup>, Neyde Fabíola Balarezo Giarola<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrícola, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UEPG, [ericlesleonardo3519@gmail.com](mailto:ericlesleonardo3519@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, Professor do Depto. Ciência do solo e Engenharia Agrícola

<sup>3</sup>Doutor, Dep. de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa

<sup>4</sup>Doutora, Dep. de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O tempo de concentração ( $T_c$ ) é um dos parâmetros mais importantes para prever a resposta de uma bacia hidrográfica a um determinado evento de chuva e desempenha um papel fundamental para o entendimento dos processos hidrológicos. A obtenção do  $T_c$  pode ser de forma direta, por meio de hietogramas e hidrogramas, ou de forma indireta, por meio de equações empíricas, estando sujeito às imprecisões e incertezas. O estudo objetivou estimar o tempo de concentração pelo método gráfico e comparar com métodos indiretos para microbacia com área de 67,83 ha com predominância de cultivo em semeadura direta na região dos Campos Gerais do Paraná. Na microbacia predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com presença próxima às margens de Organossolo. O  $T_c$  foi estimado de forma direta a partir da análise gráfica chuva-vazão de 2 eventos, relacionando o  $T_c$  e o time lag (TL) ( $T_c = TL/0,6$ ). Posteriormente, foi comparado o valor médio entre os  $T_c$  obtidos graficamente, com 11 equações empíricas aplicadas para bacias rurais. As equações analisadas tendem a subestimar o valor do  $T_c$  (45 min) da microbacia Lajeado da Onça, com exceção da equação SCS Lag. As equações que apresentaram menor diferença percentual foram Johnstone (0,3%) e Giandotti (5%).

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação, vazão, modelos empíricos.

## ESTIMATE OF CONCENTRATION TIME IN RURAL CATCHMENT IN THE CAMPOS GERAIS DO PARANÁ REGION

**ABSTRACT:** The time of concentration ( $T_c$ ) is one of the most important parameters for predicting the response of a watershed to a given rainfall event and plays a key role in understanding hydrological processes. Obtaining the  $T_c$  can be done directly, using hyetographs and hydrographs, or indirectly, using empirical equations, subject to inaccuracies and uncertainties. The study aimed to estimate the time of concentration by the graphical method and compare with indirect methods for a watershed with an area of 67.83 ha with predominance of no-tillage cultivation in the Campos Gerais region of Paraná. The dystrophic Red-Yellow Latosol predominates in the watershed, with a presence close to the margins of the Organosol. The  $T_c$  was estimated directly from the graphical analysis of rain-flow of 2 events, relating the  $T_c$  and the time lag (TL) ( $T_c = TL/0.6$ ). Subsequently, the mean value between the  $T_c$  obtained graphically was compared with 11 empirical equations applied to rural watersheds. The analyzed equations tend to underestimate the  $T_c$  value (45 min) of the Lajeado da Onça watershed, with the exception of the SCS Lag equation. The equations that showed the smallest percentage difference were Johnstone (0.3%) and Giandotti (5%).

**KEYWORDS:** precipitation, flow rate, empirical models.

**INTRODUÇÃO:** O entendimento dos processos hidrológicos em bacias rurais é fundamental para o adequado uso e ocupação das bacias, bem como o desenvolvimento de projetos hidráulicos. No Brasil, existe uma grande demanda por informações sobre o fluxo de água em bacias hidrográficas relacionadas, principalmente, às práticas agrícolas (SIMEDO et al., 2020). Parâmetros como a análise de hietogramas, hidrogramas, e o tempo de concentração (Tc) são fundamentais para entender os componentes da bacia hidrográfica. Os hietogramas e os hidrogramas estão relacionados à duração da precipitação, sendo responsáveis pela descrição de um evento pluviométrico envolvendo ou não o escoamento. O escoamento superficial assim como a vazão sofre influência das características da bacia em que está situada, dependendo das características fisiográficas, infiltração, armazenamento e da evapotranspiração (COLLISCHONN; TASSI, 2008). Além disso, o entendimento do Tc permite estimar o intervalo temporal em que toda a bacia hidrográfica está contribuindo para o escoamento superficial no seu exutório (FARIAS JÚNIOR; BOTELHO, 2011). O Tc é influenciado pela forma da bacia, a sua declividade média, a sinuosidade e a declividade do seu curso principal, entre outros (SILVEIRA, 2005). A obtenção do Tc pode ser de forma direta, através de hietogramas e hidrogramas, ou de forma indireta, por meio de equações empíricas, estando sujeito às imprecisões e incertezas que se devem ao tipo de escoamento, chuva e local de obtenção dos parâmetros para desenvolvimento da equação (ARAÚJO et al., 2011). O estudo objetivou estimar o tempo de concentração pelo método gráfico e comparar com métodos indiretos para microbacia com predominância de cultivo em semeadura direta na região dos Campos Gerais do Paraná.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na microbacia Lajeado da Onça (25°05'53,04" S e 50°02'19,58" W), sendo uma bacia hidrográfica de segunda ordem, tributária do Rio Verde. O Rio Lajeado da Onça está localizado na divisão nordeste da Fazenda-Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, situado no segundo planalto paranaense. Na microbacia predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com presença próxima às margens de Organossolo. A microbacia possui uma área de 67,83 ha, com declividade média de 12%, extensão de talvegue de 908,2 m e declividade média do talvegue de 5,18%. Para aquisição dos dados de vazão, foi instalada uma calha Parshall (W 48), acoplada a um linígrafo de pressão e datalogger (SL 2000 PNV, SOLAR®) com coleta a cada 5 minutos. As chuvas foram coletadas em pluviógrafo de balança (Davis Agrosystem) instalado em estação agrometeorológica automatizada (CAMPBELL). Para estimar o Tc foram utilizados o método direto e métodos indiretos (equações empíricas), sendo que o método direto foi realizado a partir da análise gráfica da precipitação e vazão, relacionando o Tc e o time lag (TI) ( $Tc = TI/0,6$ ) (TORRICO, 1974). Quanto aos métodos indiretos foram testadas 11 equações listadas na Tabela 1, que correspondem às fórmulas aplicadas para bacias rurais.

TABELA 1. Equações empíricas testadas para determinação do tempo de concentração (Tc).

Equação	Equação	Equação	Equação
Kirpich	$Tc = 0,0663.L^{0,77} S^{-0,385}$	Giandotti	$Tc = 0,0559(4,0.A^{0,5}+1,5L)L^{-0,5} S^{-0,5}$
SCS Lag	$Tc = 0,057(1000/CN-9)^{0,7} L^{0,8} S^{-0,5}$	Pasini	$Tc = 0,107.A^{0,333} L^{0,333} S^{-0,5}$
Ven te Chow	$Tc = 0,160L^{0,64} S^{-0,32}$	Ventura	$Tc = 0,127.A^{0,5} S^{-0,5}$
Dooge	$Tc = 0,365.A^{0,41} S^{-0,17}$	Picking	$Tc = 0,0883.L^{0,667} S^{-0,333}$
Johnstone	$Tc = 0,462.L^{0,5} S^{-0,25}$	DNOS	$Tc = 0,419k^{-1}A^{0,3}L^{0,2}S^{-0,4}$
Corps Engineers	$Tc = 0,191.L^{0,76} S^{-0,19}$		

Fonte: Adaptado de Silveira (2005).

Para a análise dos dados e elaboração das tabelas, gráficos e hidrogramas utilizou-se o programa de planilhas Microsoft Office Excel, posteriormente determinou-se a diferença percentual do valor médio do Tc obtido pelo método gráfico com as equações.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os hidrogramas e hietogramas produzidos durante os eventos de chuva analisados estão na Figura 1. Do evento (A) para o (B), observa-se que a chuva teve duração de 85 min e 65 min e intensidade de 31 mm/h e 40 mm/h, respectivamente. Em decorrência da maior umidade antecedente do solo para, o hidrograma (A) teve uma ascensão mais rápida até a vazão de pico 50 min e 55 min para o (B) e devido à chuva mais prolongada, uma recessão mais lenta 85 min e 65 min respectivamente.

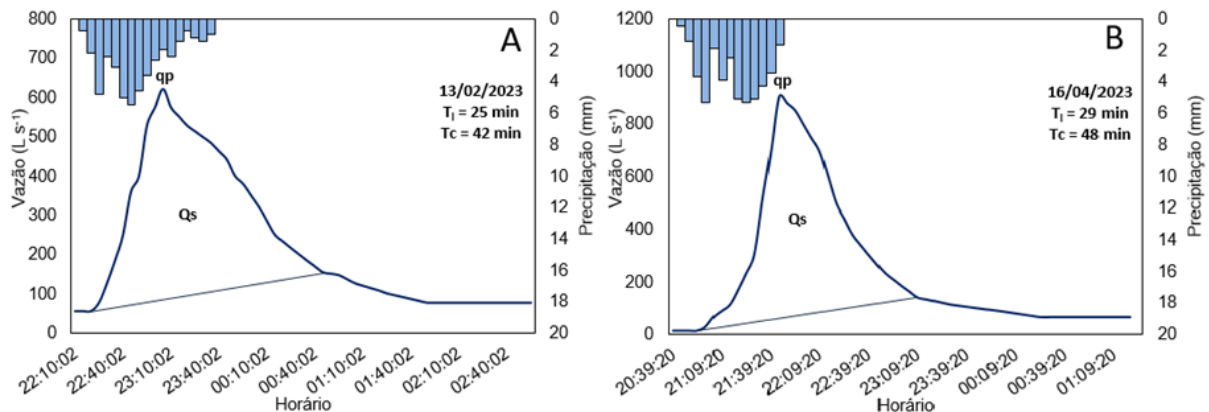


FIGURA 1. Hietograma e hidrograma dos eventos analisados.

A maior umidade antecedente do solo, pode ter influenciado para o menor Tc no evento (A). Mesmo o solo no evento (B) estando com menor cobertura vegetal, já que nos dias anteriores foram realizados a colheita da soja, deixando a área mais propícia para o escoamento superficial. Com o valor médio de Tc (45 min) foi realizado a comparação com as equações propostas na Tabela 1. Os resultados de Tc referentes a aplicação de cada equação e a diferença percentual em módulo entre o método gráfico com as equações empíricas podem ser visualizados na Figura 2.

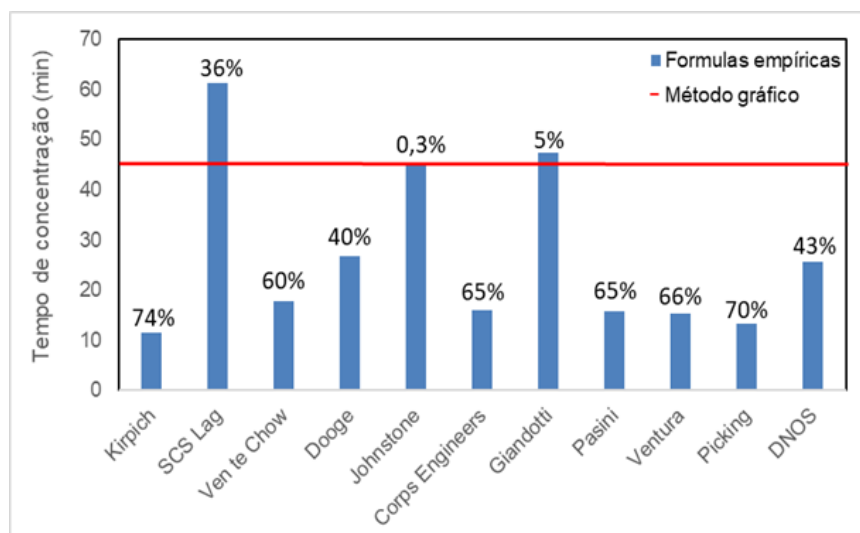


FIGURA 2. Comparação entre o Tc estimado pelo método gráfico e pelas equações empíricas para a microbacia.

A equação de Kirpich, muito utilizado no Brasil, foi a que apresentou maior diferença percentual. Indicada para bacias muito pequenas (até 45 ha), quando se extrapola sua aplicação a bacias maiores, como a microbacia (67,83 ha) é de se esperar obter tempos de concentração menores que os reais (SILVEIRA, 2005). Para uma faixa (até 8 km<sup>2</sup>), a equação de SCS Lag é dependente da Curva Número (CN), essa superestimativa pode ter ocorrido devido a diferença do solo dos EUA local de obtenção da equação. As equações de Ven te Chow e Dooge, são para bacias de médio a grande porte com área de (1 a 19 km<sup>2</sup>) e (140 a 930 km<sup>2</sup>) respectivamente. Conforme Tucci et al. (1995) a equação de Dooge reflete melhor o Tc em bacias onde predomina o escoamento em canais. Podendo ser esse o motivo da subestimação, mesmo com dimensões muito superiores à microbacia estudada. Em uma faixa mais estendida Johnstone e Corps Engineers (65 a 4.200 km<sup>2</sup>) e até cerca de (12.000 km<sup>2</sup>) respectivamente, essas bacias grandes poderiam, superestimar os Tc quando aplicadas a bacias muito menores. Mas não foi o que aconteceu para a microbacia, a equação de Johnstone foi a que mais se aproximou do valor obtido graficamente e a Corps Engineers, subestimou. Para as equações de Giandotti, Ventura, Pasini e Picking, não se tem na literatura informações precisas de sua obtenção e aplicabilidade (SILVEIRA, 2005). Por fim, a equação de DNOS, assim como para equação de Kirpich, recomendadas para bacias rurais de pequeno porte (até 45 ha), subestimaram os valor de Tc para a microbacia estudada, este resultado indica a necessidade de estudos e monitoramento hidrológicos de pequenas bacias rurais.

**CONCLUSÕES:** No geral, as equações analisadas tendem a subestimar o valor do tempo de concentração da microbacia, com exceção da equação SCS Lag. As equações que melhor se ajustaram para a microbacia foram as de Johnstone e Giandotti.

**AGRADECIMENTOS:** Às instituições financiadoras do Projeto, Fundação Araucária, FAEP, SENAR-PR e a Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de mestrado (001).

## **REFERÊNCIAS:**

- ARAÚJO, B. A. M. et al. Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1-18, 2011.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. 6. ed. Porto Alegre, RS: IPH UFRGS, 2008.
- FARIAS JÚNIOR, J.E.F.F.; BOTELHO R.G.M. Análise comparativa do tempo de concentração: Um estudo de caso na bacia do rio Cônego. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. P. 1-20, 2011.
- SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10, p.5 – 23, 2005.
- SIMEDO, M.B.L.; et al., The assessment of hydrological availability and the payment for ecosystem services: a pilot study in a brazilian headwater catchment. **Water**, v. 12, p.2726, 2020.
- TORRICO, J. J. T. **Práticas hidrológicas**. Rio de Janeiro. Transcon, p.120, 1974.
- TUCCI, C.E.M; PORTO, R. L. L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**: Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, v. 5, 1995.