

ESTIMATIVA DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CAMPUS DA UFSC EM JOINVILLE

Simone Malutta^{1}; Jhonatan Cristian Pscheidt²; Tiago Guizoni Neto³; Allan Thiesen⁴; Cesar Augusto Pompêo⁵; Nádia Bernardi Bonumá⁶*

Resumo – O monitoramento hidrológico da bacia hidrológica do campus da UFSC em Joinville iniciou em 2017. Um dos primeiros trabalhos desenvolvido com os dados foi a estimativa do tempo de concentração da bacia (tc). O objetivo deste presente trabalho foi estimar o tc com as fórmulas empíricas e teóricas e através do método de análise dos hidrogramas e hietogramas nas sub-bacias do campus da UFSC em Joinville. A estimativa do tc pelas fórmulas subestimou os tc em relação ao método dos hidrogramas. Na bacia P1, a média dos valores encontrados pelas fórmulas e pela análise do hidrograma foi de 1,04 e 2,25 horas, respectivamente. No P2, os valores foram mais discrepantes. O tc médio estimado pelas fórmulas foi de 2,25 horas e pela análise dos eventos foi de aproximadamente 25 horas. No P3 foi possível evidenciar uma diminuição do tempo de concentração de 6,42 horas para 2,14 após a retirada de vegetação a jusante do ponto de monitoramento. Para melhor entendimento de quais variáveis mais influenciam o tc , foi feita a matriz de correlação de Pearson para encontrar as variáveis que melhor correlacionavam com o tc . Na sub-bacia P1 foi I_{max} ($R^2 = 0,82$), no P2 o Pt ($R^2 = 0,57$) e no P3-Antes Q_{med} ($R^2 = 0,80$).

Palavras-Chave – Tempo de concentração, bacia do campus da UFSC.

CONCENTRATION TIME ESTIMATION IN THE CATCHMENT BASIN OF THE UFSC CAMPUS IN JOINVILLE

Abstract – The hydrological monitoring of the catchment basin of the UFSC campus in Joinville began in 2017. One of the first works developed with the data was the estimation of the basin concentration time. The objective of this work was to estimate the time of concentration (tc) with the empirical and theoretical formulas and through the method of analysis of the hydrograms and hietograms in the subbasins of the UFSC campus in Joinville. The estimation of tc by the formulas underestimated the tc in relation to the hydrographs method. In the P1 basin, the average values found by the formulas and by the hydrogram analysis were 1.04 and 2.25 hours, respectively. In P2, the values were more discrepant. The mean tc estimated by the formulas was 2.25 hours and by the events analysis it was approximately 25 hours. In P3, it was possible to notice a decrease in the concentration time from 6.42 hours to 2.14 after vegetation removal downstream of the monitoring point. Toward a better understanding of which variables most influence the tc , the Pearson correlation matrix was made to find the variables that best correlated with tc . In subbasin P1 it was I_{max} ($R^2 = 0.82$), in P2 the Pt ($R^2 = 0.57$) and in P3-Before Q_{med} ($R^2 = 0.80$).

Keywords – Time of concentration, UFSC campus catchment.

^{1*} Professora, Departamento de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC. Fone: +55(48)3721- 7493. E-mail: simone.malutta@ufsc.br.

² Graduação de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC. E-mail: jhonypscheidt@hotmail.com

³ Graduação de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC. E-mail: tiagoguizoni@gmail.com

⁴ Graduação de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC. E-mail: allanthiesen@gmail.com

⁵ Professor, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Fone: +55(48)3721-7708. E-mail: cesar.pompeo@ufsc.br.

⁶ Professora, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Fone: +55(48)3721-2604. E-mail: nadia.bonuma@ufsc.br.

INTRODUÇÃO

O campus universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em Joinville será implantado ao sul do Bairro Santa Catarina, na altura do Km 51 da BR 101. O Plano de Ocupação da área foi condicionado por diversas variáveis apresentadas no Estudo Ambiental Simplificado (EAS), entre elas o estudo hidrológico (UFSC, 2010).

Com o estudo hidrológico, foi possível identificar que a bacia hidrográfica onde será implantado o campus é passível de inundações devido às características físicas da região como por exemplo o fenômeno do barramento parcial da vazão devido ao maciço da rodovia e ainda há presença de um lençol freático elevado.

Com a instalação do Campus e a expansão de atividades industriais presentes na região, haverá também a evolução do processo de ocupação urbano/industrial da área. Os impactos sobre os processos de cheias e inundações decorrentes da urbanização podem ser intensificados com o aumento do escoamento superficial, resultante da impermeabilização das superfícies, que ainda é agravado pelo relevo bastante suave. O estudo hidrológico do EAS também mostra que a urbanização acontecerá principalmente a montante da bacia e, conseqüentemente, a montante do campus da UFSC.

Visto esta problemática da área do campus, foi firmado o programa de controle e monitoramento hidrológico das sub-bacias que constituem o terreno. Este programa integra uma das medidas mitigatórias apresentadas no estudo hidrológico (UFSC, 2010) realizado para atender ao processo de licenciamento ambiental da unidade acadêmica.

O monitoramento dos processos de chuva e vazão da bacia hidrográfica do campus da UFSC em Joinville (BHCUI) iniciou em 2017 e um dos primeiros estudos realizado com os dados monitorados foi a estimativa do tempo de concentração (t_c) das sub-bacias monitoradas. O t_c foi definido pela primeira vez por Mulvany (1850) como o tempo necessário para a chuva que cai no ponto mais remoto da bacia chegar à exutória, ou ainda, até que toda a área da bacia contribua para a vazão na exutória. Mota (2010) e Silveira (2005) sintetizaram as principais fórmulas de t_c e avaliaram sua aplicabilidade para suas áreas de estudo.

A maioria das análises hidrológicas necessitam dos parâmetros de tempo, sendo o t_c o mais frequentemente utilizado. O t_c é utilizado, por exemplo, no método racional, que é o método utilizado para dimensionamento dos sistemas de drenagem. Por isto, McCuen et al. (1984) cita que os parâmetros de tempo são de grande importância no gerenciamento de recursos hídricos.

Visto a importância da determinação do t_c para gerenciamento da BHCUI, este estudo tem como objetivo estimar o t_c com dez fórmulas experimentais e empíricas e pelo método da análise do hidrograma e hietograma.

ÁREA DE ESTUDO

A BHCUI (12 km²) está localizada na parte sul do município de Joinville (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, em Joinville predomina o clima do tipo “mesotérmico”, úmido, sem estação seca. A precipitação média anual é de 2.205,3 mm, sendo a menor média de precipitação no mês de junho, com 82,0 mm, e a maior média no mês de janeiro, com 355,6 mm. De acordo com o Levantamento de Cobertura Pedológica de Joinville, os tipos de solos predominantes na BHCUI são os Cambissolos, Neossolos e Argilossos (UBERTI, 2011).

Para fins de monitoramento hidrológico, a BHCUI foi dividida em seis sub-bacias. Duas sub-bacias foram delimitadas com exutórias no rio Braço Comprido, duas no rio Lagoa Grande,

uma no rio sem denominação e a exutória principal na interseção da BHCUIJ com a bacia do rio Pirai.

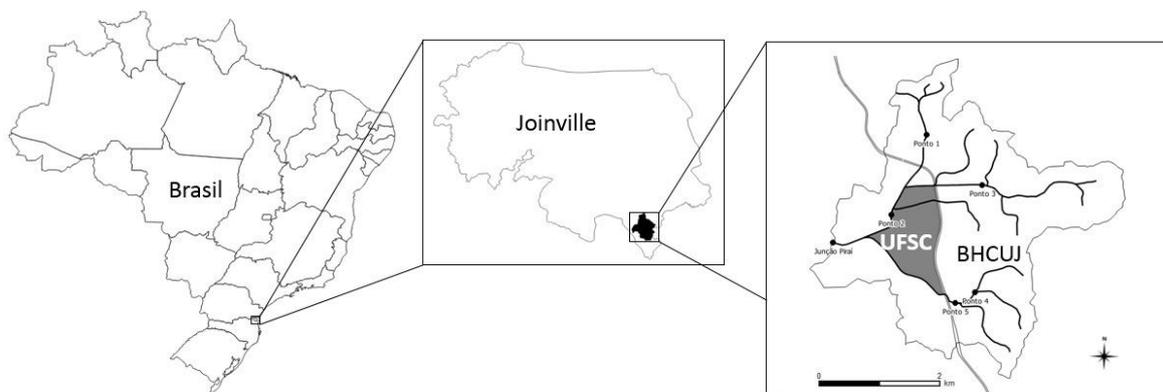


Figura 1 – Localização da BHCUIJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cálculo dos parâmetros para estimativa do tempo de concentração

Para a estimativa do t_c pelas fórmulas da literatura foi necessário o cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia e dados de uso e cobertura vegetal para estimativa do Curve Number (CN), número de Manning (n) e estimativa de intensidade máxima de precipitação (I_{max}). Para os parâmetros morfométricos foi utilizado o mapa disponível no Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas de Joinville (SimGeo) e ferramentas de geoprocessamento. O CN foi estimado pelo mapa de uso e cobertura vegetal da bacia elaborado pelo estudo hidrológico do EAS (UFSC, 2010). O n foi estimado baseado na análise visual do leito e margens do canal e pela literatura (CHOW, 1959) e a I_{max} foi estimada pela média da intensidade máxima de todos os eventos do período de janeiro a abril de 2017.

Estimativa do tempo de concentração

Para a estimativa do tempo de concentração para cada sub-bacia foram utilizadas as fórmulas empíricas e teóricas listadas na Tabela 1. Os resumos das fórmulas bem como as considerações das mesmas estão descritos em Mota (2010) e Silveira (2005). Nas fórmulas da Tabela 1 foram utilizados parâmetros morfométricos das bacias, sendo que: A é a área de contribuição da bacia (km²), S é a declividade do canal principal (m/m), L é o comprimento da bacia em linha reta da exutória até o divisor (km), H_m é a elevação média da bacia (m), D_t é a declividade do talvegue principal, n é o número de Manning e I_{max} é a intensidade máxima dos eventos analisados (mm/5min).

Tabela 1 – Fórmulas para estimativa do tempo de concentração.

Equações com t_c em horas			
Kirpich	$t_c = 0,620 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{Dt}}\right)^{0,80}$	Kerby-Hathaway	$t_c = 0,6061 \cdot \left(\frac{L \cdot N}{\sqrt{S}}\right)^{0,467}$
Pasini	$t_c = 0,108 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{A} \cdot L}{\sqrt{Dt}}\right)$	Chow	$t_c = 0,1602 \cdot L^{0,64} \cdot S^{-0,32}$
Giandotti	$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{Hm}}$	Morgali & Linsley (Onda Cinemática)	$t_c = \frac{7,3015 \cdot n^{0,6} \cdot L^{0,6}}{i^{0,4} \cdot S^{0,3}}$
Johnstone	$t_c = 0,4623 \cdot L^{0,5} \cdot S^{-0,25}$	Papadakis & Kazan	$t_c = \frac{2,1539 \cdot n^{0,52} \cdot L^{0,5}}{i^{0,38} \cdot S^{0,31}}$
Dooge	$t_c = 0,3649 \cdot A^{0,41} \cdot S^{-0,17}$	Simas-Hawkins	$t_c = 0,3209 \cdot A^{0,5937} \cdot L^{-0,5937} \cdot S^{-0,1505} \cdot S_{scs}^{-0,3131}$ $S_{scs} = \left(\frac{25400}{CN} - 254\right)$

Monitoramento de precipitação e vazão

O monitoramento está sendo realizado nos pontos de monitoramento localizados nas exutórias das sub-bacias da Figura 1. O pluviógrafo e os sensores de nível foram acoplados ao EPOSMote-III (sistema de hardware e software com tecnologia de comunicação por GPRS) e transmitidos em tempo real para a plataforma Grafana. O EPOSMote-III foi desenvolvido pelo Laboratório de Software e Hardware (LISHA) da UFSC. O método de estimativa da vazão e as curvas chaves utilizadas estão descritas em Guizoni (2017).

Estimativa de T_c através da análise dos hidrogramas e hietogramas

McCuen (2009) cita seis métodos para estimar o t_c com base no hidrograma e hietograma. Um dos métodos mais utilizados é estimar o t_c como o tempo entre o fim do evento de precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma, que representa o fim do escoamento superficial. O fim do escoamento superficial foi determinado através do hidrograma (utilizando a vazão em escala logarítmica). No hidrograma, onde identifica-se a mudança de inclinação da curva, traçam-se duas retas tangentes a curva, sendo uma antes e outra após a mudança de inclinação, e o ponto de interseção das duas retas será o final do escoamento superficial.

Foram selecionados eventos no período de monitoramento da bacia para então identificar o tempo de concentração pela análise dos hidrogramas e hietograma.

Variáveis hidrológicas de precipitação e vazão

Foram calculadas as variáveis de precipitação e vazão dos eventos analisados para verificar as correlações com o t_c nas sub-bacias. O P_t é a precipitação total no evento, I_{max} é a intensidade máxima em 5 minutos, D é a duração do evento de chuva, P_t/D é a intensidade média do evento e Q_{med} é a vazão média na sub-bacias.

Foram calculados também o índice de precipitação antecedente (API) para 1, 3, 6, 12 e 24 horas e 3, 5, 10 e 30 dias.

O API é calculado pela Equação 1.

$$API_i = b_1 \times P_1 + b_2 \times P_2 + \dots + b_i \times P_i \quad (1)$$

Onde P_i é o acumulado de chuva que ocorreu no i -ésimo período anterior à chuva do evento, em mm, e b_i é uma constante calculada como $b_i = I/i$.

Foi feita a matriz de correlação linear de Pearson para verificar a correlação das variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cálculo dos parâmetros para estimativa do tempo de concentração

A Tabela 2 mostra os parâmetros morfométricos da BHCUIJ para cada sub-bacia.

As áreas das sub-bacias variam entre 0,8 km² a 12 km², o comprimento do rio principal chega a 6 km (Rio Lagoa) e o Rio Braço Comprido até o P5 chega até 4 km. Os rios principais tem declividade aproximada de 0,04 m/m. Apenas o P3 o P5 apresentam maiores declividades, pois estão mais próximos das nascentes dos rios.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos da BHCUIJ para cada sub-bacias.

Parâmetros	Simbologia	Unidade	Bacias					
			BHCUIJ	P1	P2	P3	P4	P5
Área	A	Km ²	12,49	0,83	6,92	2,89	1,23	2,17
Comp. do Rio Principal	Lr	Km	5,68	2,22	5,06	2,85	1,16	3,95
Comp. da Bacia em Linha Reta Enx. Divisor Princ.	L	Km	4,86	1,29	3,81	2,37	1,12	1,32
Altitude Enxutória	He	m	5,00	10,80	10,00	14,30	14,50	10,00
Elevação Média	Hm	m	13,97	18,48	15,20	18,91	22,51	19,70
Declividade do Talvegue Principal	Dt	m/m	0,025	0,036	0,025	0,038	0,065	0,087
Declividade do Canal Principal	S	-	0,004	0,004	0,004	0,006	0,014	0,005
Parâmetro Curver Number	CN	-	73					
Precipitação Máxima dos Eventos Analizados	i _{max}	mm/5min	3,47					

Estimativa do tempo de concentração

Com os dados morfométricos da bacia, número de Manning e intensidade da chuva foi elaborada a Tabela 3. A Tabela 3 mostra os resultados das aplicações equações do t_c para as sub-bacias.

Tabela 3 – Resultados das aplicações equações do t_c para as sub-bacias.

Equações	Tempo de Concentração (horas)					
	BHCUIJ	P01	P02	P03	P04	P05
Kirpich	0,97	0,29	0,79	0,46	0,20	0,21
Pasini	2,71	0,58	2,03	1,05	0,47	0,52
Giandotti	7,17	1,62	5,21	2,98	1,61	2,22
Johnstone	3,96	2,07	3,60	2,61	1,42	1,96
Dooge	2,58	0,86	2,07	1,36	0,82	1,22
Kerby-Hathaway	2,93	1,60	2,68	1,99	1,12	1,53
Chow	2,50	1,09	2,21	1,47	0,67	1,02
Morgali & Linsley (Onda Cinemática)	3,86	1,77	3,44	2,35	1,13	1,67
Papadakis & Kazan	1,43	0,57	0,99	0,71	0,36	0,53
Simas-Hawkins	0,31	0,14	0,25	0,19	0,15	0,23
Média	2,84	1,06	2,33	1,52	0,80	1,11

A fórmula de Giandotti apresentou a maior estimativa do t_c para quase todas as sub-bacias. Já a fórmula de Simas-Hawkins, o menor valor. A fórmula de Giandotti foi estimada em bacias montanhosas, portanto talvez não seja indicado utilizá-la para sub-bacias planas. A fórmula de Simas-Hawkins apesar de ter sido estimada com base em eventos de bacias de áreas similar às deste trabalho, talvez não apresentem o mesmo comportamento chuva-vazão.

Monitoramento de precipitação e vazão

Com os dados do monitoramento de precipitação e vazão foram selecionados eventos no período de monitoramento disponível (janeiro a abril de 2017) das sub-bacias P1, P2 e P3. As sub-bacias P4, P5 e BHCUIJ ainda não possuem dados para análise.

Nas sub-bacias P1 e P2, foram selecionados 13 e 14 eventos, respectivamente. No P3-Antes e P3-Depois evento, 6 e 3 eventos, respectivamente. Utilizou-se esta nomenclatura pois no dia 02/03/2017, após um evento significativo de precipitação, ocorreu a erosão de aproximadamente 41 centímetros no leito do P3. É possível que esta erosão tenha sido causada pela “limpeza” realizada pela prefeitura a jusante da seção. Nesta limpeza foi dragado o trecho do canal entre o P3 e o P2 e retirada toda a vegetação das margens.

Estimativa de Tc através da análise dos hidrogramas e hietogramas

A Tabela 4 mostra as estimativas do *tc* para o P1, P2, P3-Antes e P3-Depois. Na sub-bacia P1 o *tc* médio encontrado foi de 2,25 horas, com máximo de 2,58 e mínimo de 1,58 horas. O menor *tc* foi evidenciado no evento do dia 17/02/2017. Este evento houve também a maior intensidade de chuva e menor duração.

Na sub-bacia P2 o *tc* médio encontrado foi de aproximadamente 25 horas. O *tc* no evento do dia 17-19/04 chegou a quase 32 horas. Com as atividades de medição de vazão em campo foi possível constatar que esse realmente é o comportamento da sub-bacia P2. Os moradores locais relataram que o Rio Pirai represa o Rio Lagoa. Outra explicação deste fenômeno é que o lençol freático é muito alto e junto com a baixa declividade causa a característica desta sub-bacia.

Na sub-bacia P3, que é a jusante da P2, foi estimada um *tc* antes do evento (P3-Antes) de 6,4 horas e para o P3-Depois de 2,14 horas. Apesar de poucos eventos após o evento em P3, foi possível notar um aumento da velocidade da água na seção e também, como já foi citado, a erosão do canal.

Tabela 4 – Estimativa do *tc* com análise dos hidrogramas e hietogramas.

Subbacias							
P1		P2		P3-Antes		P3-Depois	
Evento	tc (horas)	Evento	tc (horas)	Evento	tc (horas)	Evento	tc (horas)
25/01/2017	2,33	12-14/02/2017	27,88	19/01/2017	5,29	03/03/2017	2,13
26/01/2017	2,13	23-25/02/2017	28,13	30/01/2017	6,25	04/03/2017	2,71
29/01/2017	2,13	01-03/03/2017	23,42	31/01/2017	6,33	17/03/2017	1,59
30/01/2017	2,09	03-04/03/2017	25,13	31-01/02/2017	8,84		
30-31/01/2017	2,42	04-05/03/2017	23,76	01-02/02/2017	7,67		
31/01/2017	2,46	05-07/03/2017	27,59	03/04/02/2017	4,13		
01/02/2017	2,42	08-10/03/2017	20,09				
17/02/2017	1,58	17-19/03/2017	31,25				
05/03/2017	2,17	23-26/03/2017	23,83				
16/03/2017	2,42	28-29/03/2017	23,88				
17/03/2017	2,34	02-03/04/2017	17,96				
08/04/2017	2,21	05-06/04/2017	24,09				
11/04/2017	2,58	06-07/04/2017	25,63				
		08-11/04/2017	31,71				
Média	2,25	Média	25,31	Média	6,42	Média	2,14

De maneira geral as fórmulas da literatura subestimaram os t_c calculados pelos eventos. O P2 foi o que apresentou maior diferença entre os dados.

Variáveis hidrológicas e Matriz de correlação de Pearson

A Tabela 5 mostra as correlações do t_c com as variáveis de precipitação e vazão. Na sub-bacia P1 o t_c apresentou correlação negativa com a I_{max} ($R^2 = 0,66$) e Pt/D ($R^2 = 0,82$). No P2 o t_c apresentou relativa correlação com o Pt ($R^2 = 0,57$) e a Q_{med} ($R^2 = 0,51$). No P3-Antes o t_c apresentou alta correlação com o Q_{med} ($R^2 = 0,80$) e $API3$ ($R^2 = 0,66$). O P3-Depois evento não foi analisado, pois haviam poucos eventos.

Tabela 5 – Síntese da matriz de correlação de Pearson para os t_c das sub-bacias P1, P2 e P3.

	Tc do P1 (horas)	Tc do P2 (horas)	Tc do P3 (horas)
Tc(horas)	1,00	1,00	1,00
Pt (mm)	-0,29	0,57	0,24
I _{max} (mm/5 min)	-0,66	0,31	0,48
D (horas)	0,13	0,36	0,76
Pt/D (mm/hora)	-0,82	0,25	0,04
Q _{med} (m ³ /s)	0,01	0,51	0,80
API3	0,48	0,11	0,66
API5	0,47	-0,05	0,63
API10	0,47	-0,17	0,61
API30	0,41	-0,10	0,55
API1	-0,16	0,02	-0,33
API3	-0,07	-0,29	0,21
API6	-0,03	-0,28	0,14
API12	0,16	0,10	-0,12
API24	0,26	0,37	0,20

CONCLUSÕES

A BHCUIJ está sendo monitorada com o objetivo de caracterizar os processos hidrológicos. Essa caracterização auxiliará para os projetos do sistema de drenagem da bacia e estudo das mudanças dos processos com a urbanização que será implantada na região.

Com os dados do EAS, do monitoramento e características morfométricos das sub-bacias foi possível calcular o t_c para as sub-bacias. As fórmulas teóricas subestimaram o t_c para as sub-bacias. A sub-bacia P1 foi estimada em 1,04 horas e 2,5 horas, média das fórmulas teóricas e hidrograma, respectivamente. Na sub-bacia P2 que houve a maior diferença. As fórmulas estimaram em 2,29 horas e pela análise do hidrograma a média foi de 25,31 horas. No P3 pela análise do hidrograma foi possível constatar que no P3 depois da intervenção no canal e alteração do leito do canal o t_c diminuiu de 6,42 para 2,1 horas.

Na matriz de correlação de Pearson foi possível identificar as variáveis que mais correlacionavam com o t_c . Na sub-bacia P1 o t_c apresentou maior correlação com a Pt/D ($R^2 = 0,82$). No P2 a maior correlação do o t_c foi com o Pt ($R^2 = 0,57$). No P3-Antes o t_c apresentou alta correlação com o Q_{med} ($R^2 = 0,80$).

O presente trabalho iniciou o estudo na BHCUIJ analisando as características das sub-bacias e analisando o t_c em alguns eventos. Nos próximos estudos será analisado o t_c do P3 após a volta da vegetação do canal. Também será feita a análise das sub-bacias P4 e P5. Serão também aplicados os

outros métodos citados em McCuen (2009) e verificado a correlação entre as variáveis de precipitação, vazão.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, C. D. Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestas plantadas. São Carlos, 2004. Tese (Doutor em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CHOW, V.T. (1959). Open Channel Hydraulics. International student Edition. Ed. McGraw-Hill Kogakusha, LTD.

McCUEN, R.H. Uncertainty Analyses of Watershed Time Parameters. Journal of Hydraulic Engineering, v. 14, n. 5, p. 490–498, 2009.

GUIZONI, T. Elaboração e extrapolação das curvas-chave nos pontos de monitoramento da bacia hidrográfica do campus da UFSC em Joinville. 2017. 85 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville.

McCUEN, R.H.; WONG, S.L.; RAWLS, W.J. Estimating urban time of concentration. J. Hydraul. Eng., v.110, n.7, p. 887-904, 1984.

MOTA, A.A. Tempo de concentração em pequena bacia experimental. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – PPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MULVANY, T.J. On the use of self registering rain and flood gougues. Proc. Inst. Civ. Eng. (Irel.), v.4, n.2, p.1-8, 1850.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 10, 2005. p.5-23.

TOEBES, C.; OURRYVAEV, V. Representative and experimental basins: an international guide for research and practice. Haarlem: UNESCO, 1970. 348p.

UBERTI, Antônio A. A. Boletim técnico do levantamento da cobertura pedológica do município de Joinville. Município de Joinville, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro de Engenharia da Mobilidade. Estudo Ambiental Simplificado - EAS do Centro de Engenharia da Mobilidade - a ser edificado na localidade de Lagoa Grande, Joinville/SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/125875>>. Acesso em: 17 maio 2017.

RIGOTTI, J. A.; POMPÊO, C. A. Estudo de revitalização de cursos d'água: Bacia Hidrográfica do Futuro Campus UFSC, Joinville - SC. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió.