



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO EM FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS EM BACIAS RURAIS

Amanda Sousa Sampaio¹; Pétrus Eduardo Feliciano de Sá²; Tatiane Lima Batista³; Ticiane Marinho de Carvalho Studart⁴

RESUMO – O conhecimento do tempo de concentração de uma bacia é necessário para determinação segura da vazão de projeto. Existem inúmeras fórmulas na literatura (empíricas e semi-empíricas) que foram criadas para calcular o valor desse parâmetro. A escolha da fórmula a ser utilizada pode alterar significativamente o valor de tempo de concentração. Neste trabalho foram aplicadas 11 fórmulas empíricas em 37 bacias de grande porte do estado do Ceará. A sensibilidade das fórmulas aos parâmetros de área, declividade e comprimento do talvegue foi analisada. Os resultados encontrados revelaram uma alta variabilidade de valores de tempo de concentração. Isso está relacionado às condições iniciais para as quais foram determinadas cada uma das fórmulas.

ABSTRACT – The knowledge of the time of concentration of a basin is necessary for a reliable determination of the design flow. There are many equations in the literature (empirical and semi-empirical) that were created to calculate the value of this parameter. The choice of the formula to be used can significantly alter the time of concentration value. In this work we applied 11 empirical equations in 37 large basins of the state of Ceará. The sensitivity of the equations to area, steepness and channel length parameters was analyzed. The results showed a high variability in the values of the time of concentration. This is related to the initial conditions which were determined for each of the equations.

Palavras-Chave – Tempo de concentração. Kirpich. Bacias hidrográficas.

¹ Mestranda em Eng. Civil – Recursos Hídricos (UFC): amandasousampaio@gmail.com

² Mestrando em Eng. Civil – Recursos Hídricos (UFC): petruscrato@gmail.com

³ Mestranda em Eng. Civil – Recursos Hídricos (UFC): tatianelima.eng@gmail.com

⁴ Doutora em Eng. Civil – Recursos Hídricos (UFC); Professora associada I (DEHA/UFC). Centro de Tecnologia-Bloco 713- Pici - 60451-970–Fortaleza/CE. E-mail: tstudart@fortalnet.com.br

1 INTRODUÇÃO

O tempo de concentração pode ser definido como um parâmetro hidrológico necessário para a determinação da vazão de projeto, sendo imprescindível no dimensionamento de obras hidráulicas. Esse parâmetro representa o tempo necessário para que toda a área natural de captação da água precipitada esteja contribuindo com a descarga na seção de controle da bacia hidrográfica e também pode ser entendido como o intervalo de tempo em que uma gota d'água leva para realizar todo seu percurso hidráulico, indo do ponto mais distante da bacia até o seu exutório (MCCUEN et al, 1984).

Várias são as equações, em sua maioria de caráter empírico, que visam possibilitar a determinação do tempo de concentração, essas fórmulas se baseiam nas características geomorfológicas da bacia que devem ser anteriormente conhecidas para determinação desse parâmetro. (ESTEVES; MENDIONDO, 2003).

A avaliação do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa, devido aos inúmeros condicionantes envolvidos. As várias fórmulas existentes para calcular o tempo de concentração das bacias hidrográficas, muitas vezes são utilizadas de forma indiscriminada, através de sua aplicação errônea fora do seu campo de validade. Como exemplo pode-se citar a fórmula de Kirpich, utilizada universalmente em bacias de tamanhos e formas variadas, quando na verdade o seu campo de aplicação restringe o seu uso a bacias hidrográficas muito pequenas (KIRPICH, 1940).

ARAÚJO et. al. (2011) realizou a avaliação da aplicabilidade de alguns métodos de cálculos do tempo de concentração em bacias hidrográficas urbanas no município de Fortaleza com áreas variando entre 1,16 e 41,18 km². Este trabalho propõe a realização de uma análise semelhante, porém com 37 bacias rurais do estado do Ceará de áreas variando entre 156 e 11.210 km², buscando avaliar a sensibilidade de 11 fórmulas de tempo de concentração, para os parâmetros: área, declividade e comprimento do talvegue.

2 FÓRMULAS DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

As equações utilizadas para determinar o tempo de concentração em bacias hidrográficas se dividem em dois grupos: estritamente empíricos e semi-empíricos. Os métodos estritamente empíricos derivam do estudo estatístico de informações de campo da bacia, que resultam na relação entre o tempo de concentração da bacia e suas características geomorfológicas. Dessa forma, consistem em métodos rígidos e que por sua vez não consideram a variabilidade no tempo e no espaço das características da bacia em análise (MATA-LIMA, 2007).

As Bacias rurais têm como característica possuírem um escoamento superficial menor do que as bacias urbanas. Estas bacias detêm solos com uma capacidade de infiltração mais elevada, fato que proporciona o retardamento do escoamento, pois a cobertura vegetal do terreno funciona como um agente potencializador da rugosidade oferecendo resistência ao escoamento (CHAVECA, 1999; RAMINHOS, 2002). Por outro lado, a interceptação da precipitação pelo coberto (e.g. árvores e arbustos) é fundamental para redução da quantidade e o impacto do escoamento (MATA-LIMA, 2007).

Dessa forma observa-se que o tempo de concentração é um importante parâmetro para bacias hidrográficas rurais e sua determinação depende de características topográficas da região onde a bacia se encontra. Muitas das fórmulas utilizadas para calcular o tempo em que toda a bacia, através do escoamento, contribui com o valor da vazão na seção de controle têm natureza empírica o que torna a atenção as suas condições de uso um fator bastante importante.

As bacias possuem diversas características geomorfológicas que influenciam no escoamento superficial das águas pluviais, dentre elas a Área de Drenagem, a Declividade e o Comprimento da Linha de Talvegue (L) possuem maior destaque para o cálculo do tempo de concentração. A área de drenagem, segundo Tucci (1993), é um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica, porque seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. Silveira (2005) constatou que a maioria das fórmulas que utiliza a área da bacia como uma variável explicativa exibe a tendência de superestimação do tempo de concentração independente da amplitude das áreas aceitas para as fórmulas. A declividade dos terrenos de uma bacia é um conceito importante, pois controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, já que quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes maiores (ARAÚJO, 2011). Por fim, tem-se o comprimento da linha de Talvegue que corresponde ao perfil longitudinal da altura sobre o plano, ou seja, da seção de saída – exutório - até a nascente principal.

Silveira (2005), avaliou o desempenho de 23 fórmulas de tempo de concentração e constatou que no caso do método de Kirpich há uma espécie de confirmação da teoria de que ela pode ser usada com bons resultados em bacias rurais de médio e grande porte, uma vez que, essa fórmula, cuja validade teórica seria para bacias até 0,45 km², funcionou bem para bacias entre 153 e 11.162 km². A de Ven te Chow, também com validade teórica restrita a bacias de até 19 km², funcionou igualmente bem de 6 a 11.162 km².

A tabela abaixo (Tabela 1) dispõe sobre as fórmulas empíricas elencadas, os parâmetros necessários e o campo de aplicação de cada uma delas:

Tabela 1 – Fórmulas utilizadas para determinação do tempo de concentração.

Método	Equação	Termos da equação	Comentários/ Campo de aplicação	Fonte
1- Kirpich	$T_C = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	tc[min], L [m] e H [m]	O valor de tc obtido deve ser multiplicado por 0,2 ou 0,4, conforme sejam canais de betão ou superfícies asfaltadas, respectivamente. Foi desenvolvida a partir de pequenas bacias agrícolas dos EUA, com declividades variando entre 3 e 10% e áreas de no máximo 0,5 km². Quando extrapola-se sua aplicação a bacias maiores é de se esperar obter tempos de concentração menores do que os reais	Kirpich (1940), AISI (1984), Chow etii. (1988), USDA (1996) e (Silveira, 2005)
2- Ven Te Chow	$T_C = 0,8773 \left(\frac{L}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,64}$	tc[h], L [km], e i [m/Km]	Baseada em dados de 20 bacias rurais com A de 1 a 19km².	Lança (2000)
3- Dodge	$T_C = 21,88 \cdot A^{0,41} \cdot S^{-0,17}$	tc [h], A [km²], e S [m/m]	Obtidas a partir de dados de dez bacias rurais com áreas de 140 a 930 Km². Deve refletir melhor o tempo de concentração em bacias onde predomina o escoamento em canais.	(Porto et al,2000)e (Silveira, 2005)
4- Ventura	$T_C = 76,3 (A/S)^{1/2}$	tc [min], A= [km2], L = [km], e H = [m]	DNIT(2005) recomenda seu uso para bacias grandes e pequenas.Recomendado pela École Nationale des Ponts et Chaussées (France)	IEP (2001)
5- Passini	$T_C = 64,8 \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{S}}$	tc[h], L [km], A[km2], e i [m/m]	Derivada a partir de dados de bacias hidrográficas italianas. Não há informações acerca de sua aplicabilidade.	Lo Bosco et al. (2002)
6- Giandotti	$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$	tc[h], L [km], A[km2], H = altura média da bacia [m]	DNIT(2005) recomenda seu uso para bacias grandes. Derivada a partir de dados de bacias hidrográficas italianas.	Giandotti (1940)
7- Picking	$T_C = 5,3 \left(\frac{L^3}{S_1} \right)^{0,333}$	tc[h], L [km], A[km2], e i [m/m]	DNIT(2005) não recomenda seu uso para bacias grandes.	Lança (2000)
8-TEMEZ	$T_C = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	tc [h], L= comprimento da linha de água principal [km], i = declive médio da linha de água principal da bacia [m/m].	Esse método é recomendado pelo IEP. É um método muito testado nas bacias hidrográficas da Espanha e é recomendado para bacias naturais de área até 3000km²	Temez (1978) e LNEC (1995)
9-Kerby	$T_C = 37 \left(\frac{La}{I} \right)^{0,47}$	tc[min], L [km] e i [m/m]	Baseada em bacias com A< 0,05km², S<1% e L< 0,37km. Sua extrapolação para bacias maiores pode não gerar bons resultados.	Kerby (1959) e Silveira (2005)
10- USC	$T_C = 0,30 \left(\frac{L}{I^{1/4}} \right)^{0,76}$	tc[h], L [km] e i [m/m]	Baseada em bacias rurais de até 12000km², S<14% e L<257km. Podem superestimar os tempos de concentração quando aplicadas a bacias menores.	Silveira (2005)
11- Kirpich modificada	$T_C = 1,42 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	tc[min], L [m] e H [m]	Desenvolvido a partir de pequenas bacias montanhosas da Califórnia	Chow et alii (1988)

tc = tempo de concentração [min], A= área da bacia [km2], L = comprimento de talvegue [km], e H = diferença de cotas [m] do talvegue entre o ponto mais afastado e a seção de referência da bacia [m] quando não forem especificados

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se examinar a sensibilidade das fórmulas utilizaram-se os dados geomorfológicos de 37 bacias rurais do interior do Estado do Ceará (Tabela 2) que possuem área variando entre 11210 km² e 156 km². Os dados foram provenientes da Secretaria dos Recursos Hídricos – Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH, 1992). Foram então aplicadas as 11 fórmulas mostradas anteriormente na Tabela 01 aos dados dessas bacias, a fim de analisar a sensibilidade dessas fórmulas às variações de alguns parâmetros como área, declividade e talvegue, assim como, associar os resultados obtidos com o campo de aplicação recomendado para as fórmulas e, especificamente, comparar os resultados do método de Kirpich (método mais utilizado atualmente no Brasil) com os resultados dos outros 10 métodos de cálculo do tempo de concentração.

Tabela 2 – Dados geomorfológicos das bacias analisadas

Bacia	Área (Km ²)	Talvegue (Km)	Declividade (%)	Bacia	Área (Km ²)	Talvegue (Km)	Declividade (%)
1 Acarape do Me	205	37,5	16,53	20 Granja	3786	135,0	2,85
2 Acaraú Mirim	494	40,0	3,63	21 Groaíras	2698	138,8	4,89
3 Açude Araras	3501	135,0	6,24	22 Jaburu I	314	35,0	9,71
4 Aires de Sousa	1092	57,5	12,35	23 Jaburu II	906	55,0	4,36
5 Aracoiaba	449	40,0	18,50	24 Pacoti	1080	75,0	11,00
6 Arariúis	561	35,0	13,86	25 Pereira de miranda	3264	117,5	3,06
7 Baú	239	25,0	12,40	26 Pompeu Sobrinho	320	27,5	4,73
8 Caio Prado	1577	65,0	4,32	27 Realejo	219	27,5	15,82
9 Carão	305	46,3	15,33	28 Sta Maria Aracatiáçu	156	17,5	14,29
10 Carnaubal	2045	112,5	4,44	29 Santo Antônio Aracatiáçu	637	47,5	8,00
11 Caxitoré	1259	82,5	4,61	30 São Luís do Curú	7330	150,0	4,07
12 Chorozinho	3726	172,0	2,16	31 São Mateus	226	37,5	7,47
13 Cristais	2037	90,0	1,80	32 São Pedro Timbauba	1550	82,5	5,39
14 Croatá	1050	50,0	8,80	33 Sítios Novos	410	52,5	11,47
15 Edson Queiroz	1782	82,5	7,27	34 Sobral	11210	195,0	4,58
16 Faz. Cajazeiras	1530	105,0	7,33	35 Tejuçuoca	230	28,0	11,61
17 Forquilha	191	20,0	5,50	36 Trapiá	1505	86,5	6,71
18 Frios	279	30,0	17,33	37 Tucunduba	503	31,2	4,17
19 General Sampa	1574	87,5	6,51				

4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA AS BACIAS RURAIS DO CEARÁ ESTUDADAS

Os valores obtidos do tempo de concentração de acordo com os 11 métodos de cálculo avaliados resultaram em valores bastante divergentes para uma mesma bacia. Na bacia 34 o tempo de concentração variou de 2,60h (pelo método de Kerby) a 65,49h (Pelo método de Picking), apresentando assim a maior variação dentre todas as bacias analisadas. Vale ressaltar que essa é a bacia com maior área e comprimento do talvegue. A menor variação do tempo de concentração ocorreu na bacia 28, variando de 4,20h (pelo método de Giandotti) a 0,49h (pelo método de Kerby), essa é a bacia com menor área e comprimento do talvegue, e sexta maior declividade.

Os valores de tempo de concentração das bacias analisadas mostraram basicamente o mesmo comportamento de variação com as diferentes fórmulas. O método de Giandotti sempre se aproxima

do resultado de Picking, assim como Passini, Temez, USC e Kirpich também mostraram resultados semelhantes entre si, e Ven the Chow se aproximou de Dodge. Já a fórmula de Kerby e Kirpich Modificada apresentaram valores divergentes de qualquer um dos outros métodos analisados.

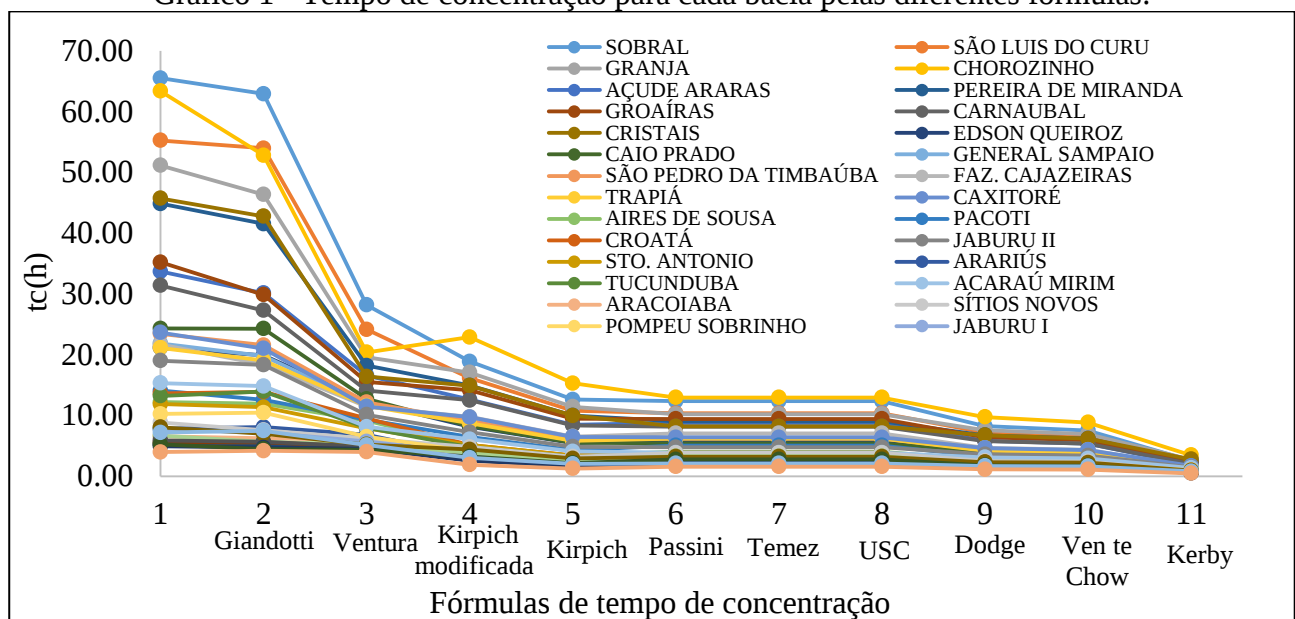
Na Tabela 3 pode-se verificar a classificação dos tempos de concentração calculados em blocos e frequências. Percebe-se que a maior parte apresenta tempo de concentração inferior a 5 horas. Os resultados do método de Kerby sempre foram os menores para todas as bacias analisadas, e na maioria delas o maior valor de t_c encontrado foi pela fórmula de Picking, entretanto seis dos maiores tempos de concentração foram observados no método de Giandotti, nas bacias 6, 37, 26, 7, 17 e 28.

No Gráfico 1 é possível visualizar melhor a variação entre os tempos de concentração (ordenadas) calculados para cada uma das bacias.

Tabela 3 – Classificação dos tempos de concentração calculados.

Bloco	$t_c < 5h$	$5h < t_c < 10h$	$10h < t_c < 20h$	$20h < t_c < 30h$	$30h < t_c < 40h$	$40h < t_c < 50h$	$50h < t_c < 60h$	$60h < t_c < 70h$
Frequência	200	117	58	16	4	5	4	3

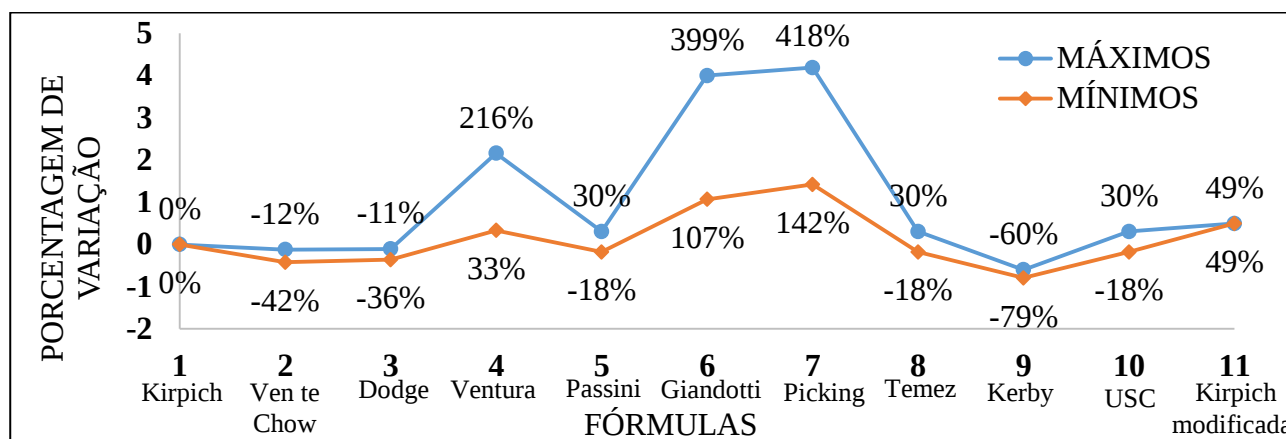
Gráfico 1 - Tempo de concentração para cada bacia pelas diferentes fórmulas.



4.1 VARIAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO EM RELAÇÃO À FÓRMULA DE KIRPICH

O Gráfico 2 mostra as máximas superestimações e as mínimas subestimações em comparação com o método de Kirpich para cada uma das outras 10 fórmulas de cálculo do tempo de concentração analisadas.

Gráfico 2 - Envoltória de variação do tempo de concentração em relação à fórmula de Kirpich.



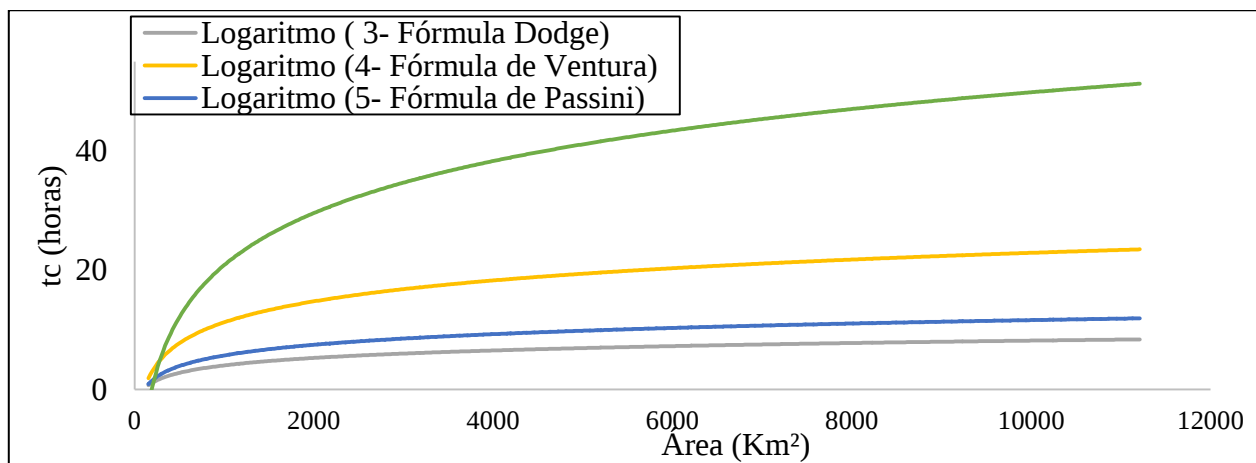
Dentre os métodos de cálculo do tempo de concentração estudados no presente trabalho, Picking foi o que apresentou resultados mais divergentes dos valores encontrados por Kirpich, mostrando um comportamento de superestimação que varia de 142%, na bacia 1, a 418%, na bacia 34. O método de Dodge mostrou a menor variação dentre todos, de -11% a -36%. A medida que a área foi diminuindo, os valores encontrados pela fórmula de Dodge foram se aproximando dos resultados de Kirpich. Entretanto a menor média de variação, 8%, ocorreu nos métodos de Passini, Temez e USC que variaram de 30% a -18%. A máxima superestimação para esses três métodos ocorreu na mesma bacia, Acacoiaba, e a mínima subestimação na bacia Cristais. Esse fato mostra a semelhança entre esses métodos. Ventura, Giandotti e Kirpich Modificada mostraram resultados de superestimação no todo. Já os valores de Ven te Chow e Kerby ficaram todos abaixo dos resultados de Kirpich, sendo que Kerby apresentou os valores mais subestimados.

4.2 INFLUÊNCIA DA ÁREA NO CÁLCULO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

As fórmulas que utilizam a área de drenagem são: Ventura, Passini, Giandotti e Dodge. O Gráfico 3 mostra como o tempo de concentração varia com o aumento da área das bacias estudadas, no eixo das abscissas tem-se as áreas em ordem crescente. Foi utilizada uma linha de tendência em escala logarítmica, para melhor visualização da sensibilidade das fórmulas.

O método que apresentou maior sensibilidade para a variação da área foi o de Giandotti. Para a mesma variação de área, Giandotti mostrou um percentual de aumento entre o menor e o maior tc de 13,97%, Passini 6,75%, Dodge 6,27% e Ventura 6,00%. A alta variação do método de Giandotti ocorre principalmente até as bacias com área por volta de 2000km², nas áreas maiores a variação é mais amena. As fórmulas de Ventura, Passini e Dodge possuem uma estrutura semelhante, exceto o fato de que Passini utiliza também o comprimento do talvegue. Talvez por isso, a fórmula de Giandotti se distancie tanto destas três.

Gráfico 3 – Variação do Tempo de Concentração em relação à Área.



Outra característica exposta pelo gráfico é que quanto menor a área, mais próximos são os valores do tempo de concentração calculados. Esse fato pode ser explicado porque a maioria das fórmulas possuem um campo de aplicação para bacias de pequeno porte, e a aplicação destas em bacias de grandes áreas pode resultar em valores de t_c incorretos.

O maior valor de t_c para o método de Ventura e Giandotti ocorreu na bacia com maior área, entretanto para os métodos de Dodge e Passini o maior t_c ocorreu na bacia 12, a quarta bacia com maior área, esse aspecto pode ser explicado pelo fato de que a fórmula de Dodge também depende inversamente da declividade, e a bacia 12 apresenta a segunda menor declividade (S) dentre as bacias analisadas. E para a fórmula de Passini que também apresenta como parâmetros o comprimento do talvegue (L) e a declividade, a bacia 12 apresenta o segundo maior L , além da declividade baixa, como já foi citado, desta forma compensando a baixa da área da bacia e aumentando o t_c .

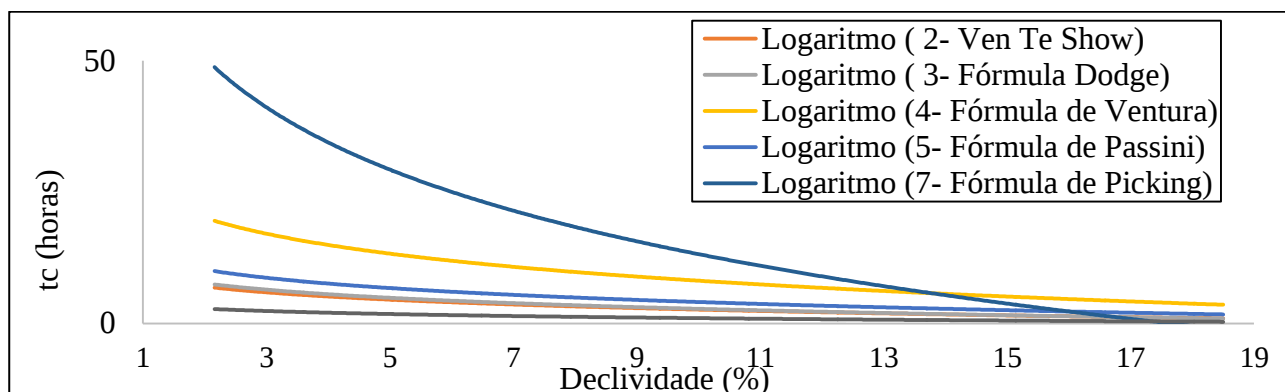
4.3 INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE NO CÁLCULO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

As fórmulas que utilizam a declividade são: Ven Te Chow, Dodge, Ventura, Passini, Picking, Kerby. O Gráfico 4 mostra como o tempo de concentração varia com o aumento da declividade das bacias estudadas, no eixo das abscissas tem-se as declividades em ordem crescente. Foi utilizada uma linha de tendência em escala logarítmica, para melhor visualização da sensibilidade das fórmulas.

Da análise do Gráfico 4 nota-se que as equações de Ven Te Chow, Dodge, Kerby, e Passini apresentam maior proximidade. O método de Picking mostrou uma variabilidade maior em comparação aos outros métodos. Pode-se considerar, de acordo com o gráfico, que quanto maior for o valor da declividade da bacia, mais próximo será o tempo de concentração encontrado pelas equações. Os maiores t_c para cinco das sete fórmulas ocorreram na bacia com segunda menor

declividade, bacia 12. Já para Ventura e Picking, o maior tc ocorreu na bacia 34 que apresenta maior área e comprimento do talvegue, que também são parâmetros presentes nesses dois métodos.

Gráfico 4 - Variação do Tempo de Concentração em relação à Declividade.

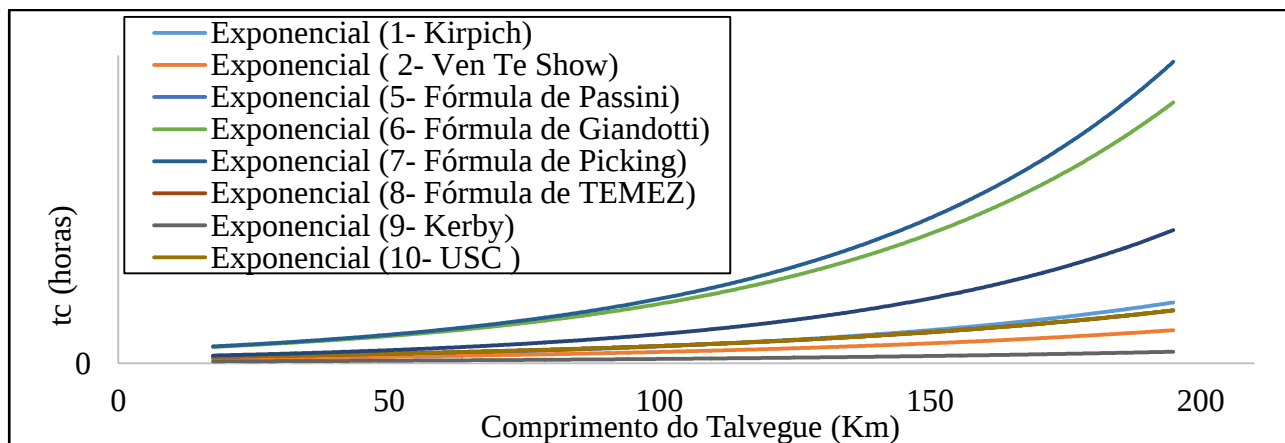


4.4 INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DA LINHA DE TALVEGUE NO CÁLCULO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Dez das Onze fórmulas consideradas dispõem desse parâmetro em suas fórmulas. O Gráfico 5 mostra como o tempo de concentração varia com o aumento do comprimento do talvegue das bacias estudadas, no eixo das abscissas tem-se L em ordem crescente. Foi utilizada uma linha de tendência em escala exponencial, para melhor visualização da sensibilidade das fórmulas.

As fórmulas que apresentaram valores mais próximos para o tempo de concentração foram Ven Te Chow, Kirpich, Passini, Kirpich modificada, Temez, Kerby e USC. Picking e Giandotti foram as que apresentaram maior variação, esses dois métodos também apresentaram o mesmo comportamento (sensibilidade mais acentuada) para os outros parâmetros presentes nas suas fórmulas. Da análise do gráfico pode-se inferir que quanto menor for o comprimento da linha de talvegue mais próximos serão os valores do tempo de concentração calculados pelas equações.

Gráfico 5 – Variação do Tempo de concentração em relação ao Comprimento do Talvegue.



5 CONCLUSÃO

Este artigo avaliou o desempenho de 11 fórmulas de tempo de concentração aplicadas a bacias rurais do estado do Ceará de áreas variando entre 156 e 11.210km², comparando os seus resultados com os valores obtidos por Kirpich e analisando a sensibilidade das fórmulas com três parâmetros: Área, Declividade e Comprimento do talvegue.

Os resultados obtidos com as diferentes fórmulas revelaram uma alta variabilidade de valores de tempo de concentração para uma mesma bacia, e mostraram basicamente o mesmo comportamento de variação com as diferentes fórmulas. Isso está relacionado às condições iniciais para as quais foram determinadas cada uma das fórmulas e com as variáveis que cada fórmula necessita para ser utilizada.

Essa pesquisa mostrou que para determinar o tempo de concentração de uma bacia hidrológica existem diferentes métodos na literatura, com campos de aplicação variados e muitas vezes indeterminados e essas fórmulas resultam em resultados muito divergentes quando aplicados a uma mesma bacia rural.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, B.A.M, et al. Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas.In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, Alagoas, nov.2011 – ABRH.

CHAVECA, C.S. Resistência ao escoamento sobre o terreno. Efeitos da macrorrugosidade e vegetação. Lisboa:Instituto Superior Técnico, 1999. (Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos).

ESTEVES, R.L.; MENDIONDO, E.M. Análise comparativa entre equações e observações do tempo de concentração em uma bacia urbana de São Carlos, SP.In: **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Curitiba, nov.2003 – ABRH.

KIRPICH, Z.P. Time of concentration in small agricultural watersheds, Civil Engineering, v. 10, n. 6, p.362-, 1940.

McCuen, R.H. (1982) A Guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

MATA-LIMA, et al. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 60(3): 525-536, jul. set. 2007

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p.5-23,03/2005.

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1998. 669 p.