

COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES DE INTENSIDADE DE CHUVA OBTIDAS PARA CURITIBA PARA CÁLCULO DE ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM

Lucy Marta Schellin^{1,2}; Maurício Dzedzic²*

Resumo – Para o município de Curitiba, existem três equações principais para o cálculo de intensidade de chuva: equações de Parigot, de Fendrich, e de Fendrich modificada. Para obtenção dessas equações, foram utilizadas séries históricas de precipitação observadas em períodos diferentes. O objetivo deste trabalho é avaliar qual das equações é mais apropriada para cálculo de elementos de microdrenagem. Foram consideradas a intensidade e o número de ocorrência de eventos climáticos El Niño e La Niña, tendo em vista a influência destes no padrão característico de chuvas da região, a adequação espaço temporal dos dados utilizados e ainda os resultados obtidos com a aplicação das equações utilizando tempos de recorrência recomendados para microdrenagem.

Palavras-Chave – Drenagem urbana, chuva de projeto, eventos climáticos El Niño e La Niña.

COMPARISON OF RAINFALL INTENSITY EQUATIONS OBTAINED FOR CURITIBA TO CALCULATE MICRO DRAINAGE ELEMENTS

Abstract – For the municipality of Curitiba, three rainfall intensity equations were obtained from rainfall data. These equations use historical series of rainfall observed in different periods. The objective of this work is to evaluate which of the equations is most appropriate to design elements of urban micro drainage. The intensity and the number of occurrences of El Niño and La Niña climatic events were taken into account, considering their influence on the rainfall patterns. Also considered were the adequacy of the data collection space, and the results obtained with the application of the equations using return periods recommended for micro drainage.

Keywords – Urban drainage, storm design, climatic events El Niño and La Niña.

INTRODUÇÃO

O dimensionamento de elementos que compõem a drenagem urbana envolve algumas variáveis, entre elas a intensidade de precipitação relacionada à duração e frequência de ocorrência da chuva de projeto. Esta é calculada por meio de equação obtida a partir de séries históricas de precipitação pluviométrica (PINTO et al., 2013). Para a região sul do Brasil foram observados acréscimos de precipitação média diária e acréscimos de número de dias chuvosos relacionados à ocorrência de eventos climáticos El Niño e La Niña que influenciaram os regimes de precipitação sazonal (GRIMM; SANTANA, 2000). Considerando que as equações elaboradas para o município

¹ Prefeitura Municipal de Curitiba. lucyschellin@gmail.com

² Universidade Positivo, Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental: dzedzic@up.edu.br

* Autor Correspondente

de Curitiba possuem séries históricas que diferem em tempo de observação de dados e em intensidade e frequência de eventos climáticos ocorridos, este trabalho avalia as equações obtidas por Parigot de Souza e Fendrich quanto à sua utilização para cálculo de elementos de microdrenagem.

CHUVAS DE PROJETO

Chuvas de projeto são normalmente baseadas em séries históricas de dados do local e podem ser estimadas usando o padrão característico de chuvas da região (NNADI et al., 1999).

A primeira equação de chuvas intensas para Curitiba (1) foi estabelecida por Pedro Viriato Parigot de Souza (PINTO et al., 2013) com base em dados pluviométricos da estação DNAEE 02549006 em período compreendido entre 1921 e 1951 para chuvas com duração de 5 minutos a 2 horas (CH2MHILL, 2002).

$$i = \frac{5.950 \cdot T_R^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}} \quad (1)$$

Onde:

i = intensidade máxima de chuva ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$);

T = tempo de recorrência (anos);

t = tempo de duração da chuva (min.).

Utilizando dados pluviométricos da Estação 02549075 situada no bairro Prado Velho (PUCPR) no período compreendido entre 1981 e 1988, Fendrich (2003) obteve a equação (2).

$$i = \frac{3.221,07 \cdot T_R^{0,258}}{(t + 26)^{1,01}} \quad (2)$$

Para a elaboração do PDD 2002, o Instituto de Águas do Paraná (CH2MHILL, 2002), adotou a equação (3) obtida por Fendrich (2003), utilizando dados pluviométricos da Estação Prado Velho (PUCPR) no período compreendido entre 1981 e 2000.

$$i = \frac{5.726,64 \cdot T_R^{0,159}}{(t + 41)^{1,041}} \quad (3)$$

Para cálculo de elementos de projeto em drenagem urbana, o tempo de recorrência recomendado é de 2 a 10 anos (ASCETESB, 1986; SÃO PAULO, 2012; PORTO ALEGRE, 2005).

A Tabela 1 mostra os tempos de recorrência recomendados pela ASCETESB (1986).

Tabela 1 – Períodos de retorno utilizados em projetos de drenagem(ASCETESB, 1986).

Tipo de obra	Ocupação da área	Tempo de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edificações para serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	5-10
Macro-drenagem		100

Para fins de comparação entre as equações de intensidade de chuva estabelecidas para Curitiba, foram calculadas as intensidades máximas de chuva utilizando tempos de recorrência T_2 , T_{10} , T_{25} , T_{50} e T_{100} (NNADI et al., 1999) com durações de 5, 10, 30, 60 e 120 minutos. Com os dados obtidos foi elaborado gráfico para comparação das equações da Tabela 2.

Tabela 2– Comparação de resultados obtidos para equações estabelecidas a partir de dados pluviométricos (FENDRICH, 2003) para o município de Curitiba.

T_r (anos)	T (min)	Equação 1 (mm. h^{-1})	Equação 2 (mm. h^{-1})	Equação 3 (mm. h^{-1})
2	5	133,28	120,06	118,80
	10	112,23	103,23	106,70
	30	67,52	66,07	75,61
	60	41,23	42,84	52,39
	120	22,43	25,10	32,24
10	5	189,00	181,85	153,45
	10	159,14	156,36	137,82
	30	95,74	100,08	97,67
	60	58,46	64,89	67,67
	120	31,81	38,02	41,65
25	5	230,57	230,35	177,52
	10	194,14	198,06	159,44
	30	116,80	126,76	112,98
	60	71,32	82,19	78,28
	120	38,80	48,16	48,18
50	5	268,00	275,46	198,20
	10	225,66	236,85	178,01
	30	135,76	151,59	126,15
	60	82,89	98,29	87,41
	120	45,10	57,59	53,79
100	5	311,49	329,40	221,29
	10	262,28	283,23	198,76
	30	157,80	181,27	140,84
	60	96,35	117,53	97,59
	120	52,42	68,87	60,06

As Tabelas 3 e 4 relacionam os eventos climáticos El Niño e La Niña, suas intensidades e a quantidade de vezes que seus efeitos influenciaram o regime de precipitação pluviométrica no período de observação de dados utilizados para obtenção das equações de intensidade de chuva em Curitiba.

Tabela 3– Períodos de ocorrência de El Niño (RASMUSSEN; CARPENTER, 1983).

1877-1878	1888-1889
1896-1897	1899
1902-1903	1905-1906
1911-1912	1913-1914
1918-1919	1923
1925-1926	1932
1939-1941	1946-1947
1951	1953
1957-1959	1963
1965-1966	1968-1970
1972-1973	1976-1977
1977-1978	1979-1980
1982-1983	1986-1988
1990-1993	1994-1995
1997-1998	2002-2003
2004-2005	2006-2007
2009-2010	-

Tabela 4- Períodos de ocorrência de La Niña (RASMUSSEN; CARPENTER, 1983).

1886	1903-1904
1906-1908	1909-1910
1916-1918	1924-1925
1928-1929	1938-1939
1949-1951	1954-1956
1964-1965	1970-1971
1973-1976	1983-1984
1984-1985	1988-1989
1995-1996	1998-2001
2007-2008	

Legenda:

Forte	Moderado	Fraco
-------	----------	-------

Os dados utilizados para a elaboração da Tabela 5 foram obtidos a partir das Tabelas 3 e 4 que relacionam os períodos em que os eventos El Niño e La Niña ocorreram (RASMUSSEN; CARPENTER, 1983).

Observa-se na Tabela 5 que a série histórica de dados utilizados na equação de Parigot de Souza é a que registra maior influência das variações de precipitação pluviométrica decorrentes dos eventos El Niño e La Niña.

Tabela 5– Ocorrência de eventos climáticos El Niño e La Niña nos períodos de observação de dados pluviométricos utilizados para estabelecer equações de chuva para Curitiba (Adaptado de RASMUSSEN; CARPENTER, 1983 e FENDRICH, 2003).

Eventos	Equações (Duração da série histórica empregada na obtenção)		
	Parigot 1951 (35 anos)	Fendrich 1989 (8 anos)	Fendrich 2003 (20 anos)
El Niño	2 Fortes 3 Moderados 1 Fraco	1 Forte 1 Moderado	3 Fortes 2 Moderados
La Niña	2 Fortes 2 Moderados 1 Fraco	1 Forte 2 Fracos	1 Forte 3 Fracos
El Niño + La Niña	1925 – El Niño Forte La Niña Moderado	1983 – El Niño Forte La Niña Moderado	1983- El Niño Forte La Niña Moderado
	1939 – El Niño Forte La Niña Forte	1988 – El Niño Moderado La Niña Forte	1988- El Niño Moderado La Niña Forte
	1951- El Niño Fraco La Niña Forte		1995 – El Niño Moderado La Niña Fraco
			1998 El Niño Forte La Niña Moderado

De acordo com o Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem (BRASIL, 2005), o tempo mínimo de observações de dados de pluviômetros para garantir um mínimo de confiabilidade da série histórica é de 10 anos. Segundo esta recomendação, a equação de Fendrich obtida em 1989 não seria considerada adequada tendo em vista o período de coleta de dados ser inferior a este.

Observa-se na Figura 1 que para chuvas de curta duração, os resultados obtidos com a equação de Parigot de Souza (1) ficam a favor da segurança.

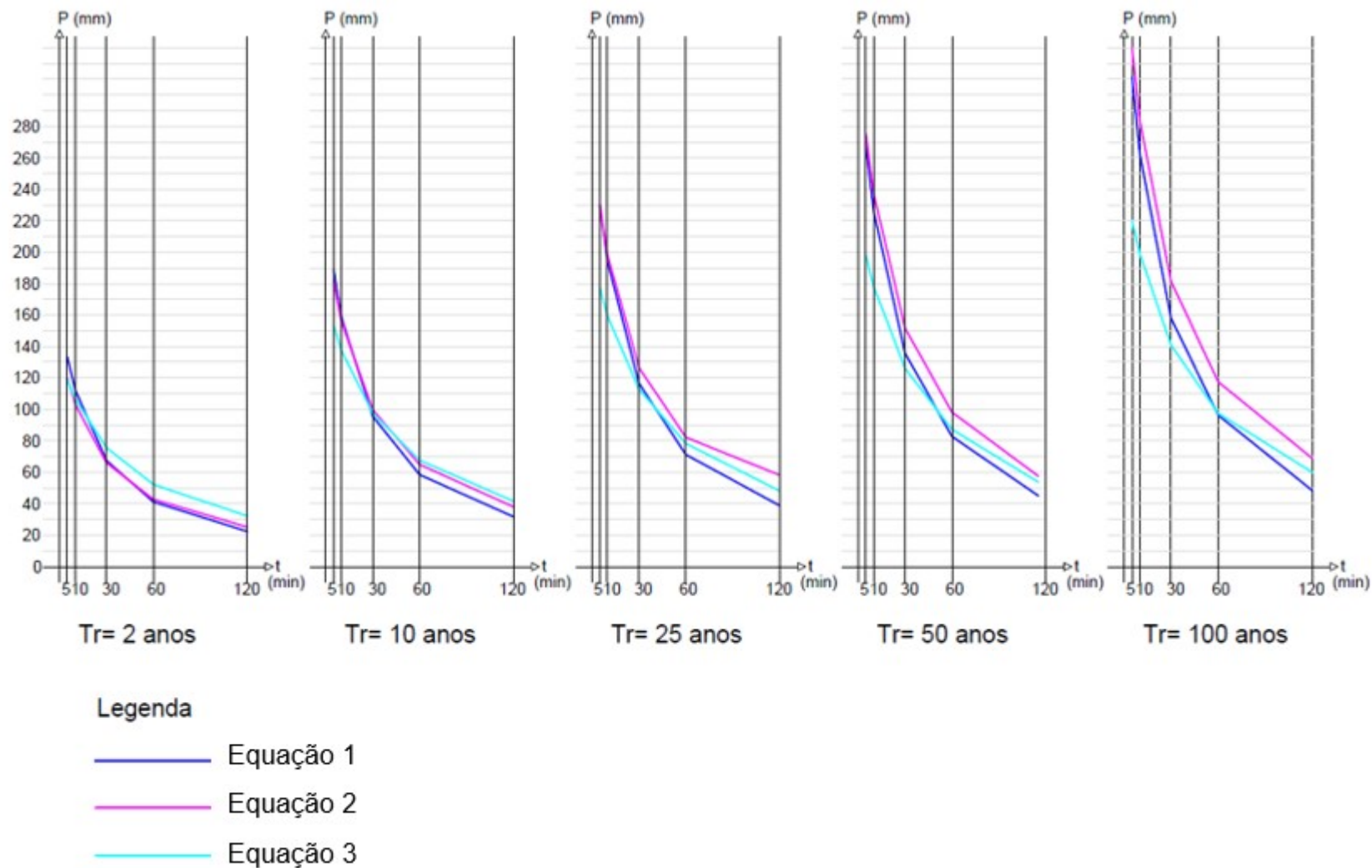


Figura 1- Intensidade máxima de chuva em $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$; para T_2 , T_{10} , T_{25} , T_{50} e T_{100} estimada pelas equações (1) de Parigot de Souza (1959), (2) Fendrich (1989) e (3) Fendrich (2000) (FENDRICH, 2003) para $t= 5, 10, 30, 60$ e 120 minutos

CONCLUSÃO

A equação (1) apresenta maior confiabilidade para estudos relacionados a chuvas de projeto para obras de microdrenagem no município de Curitiba, uma vez que o período de observação de dados pluviométricos é superior a 10 anos, abrange o maior número de eventos climáticos responsáveis por anomalias em padrões característicos de chuvas e os resultados obtidos com a aplicação das equações estão a favor da segurança em relação ao resultado das outras equações para o período de retorno recomendado.

REFERÊNCIAS

ASCETESB. Drenagem urbana: manual de projetos da CETESB/ASCETESB. 3. ed. São Paulo, SP, 1986. 464 p.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes – DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2ª Ed. – Rio de Janeiro, RJ. 2005.

CH2M HILL DO BRASIL. 2002. Plano Diretor de Drenagem para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu 2002.

FENDRICH, R., Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná. Curitiba. Vicentina, 2003.

GRIMM, A. M.; SANTANNA, C. L. da S. Influência de fases extremas da oscilação sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2000.

NNADI, F. N.; KLINE, F. X.; WRAY, H. L.; WANIELISTA, M. P. Comparison of design storm concepts using continuous simulation with short duration storms. Journal of the American Water Resources Association, v. 35 n. 1. p. 61 – 72, fev., 1999.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Blucher, 14 ed., 2013.

PORTO ALEGRE, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Plano Diretor de Drenagem - Manual de drenagem urbana. Porto Alegre, v. 6, RS. 2005. 159 p.

RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperature and rainfall over India and Sri Lanka. Monthly Weather Review, n. 110, p. 354–384, 1983.

SÃO PAULO, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais. São Paulo, SP. 2012. 168 p.