

ANÁLISE HIDROLÓGICA DA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA OBTENÇÃO DE UMA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS (IDF)

Tatiana Tumelero Martinotto*

Loivo Bertoldi **

Andre Tiago dos Santos***

Leonardo Souza Lezonier****

RESUMO

O conhecimento da magnitude das chuvas intensas é de fundamental importância para a elaboração de projetos hidráulicos de engenharia civil, promovendo benefícios sociais e econômicos. O objetivo com este trabalho de pesquisa foi o desenvolvimento das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para a região de São Miguel do Oeste, SC, e para isso foram considerados os dados pluviométricos diários da estação meteorológica de São José do Cedro, Município próximo a São Miguel do Oeste, durante um período de 30 anos. Aplicou-se a distribuição estatística de Gumbel para obtenção das alturas de chuvas para os tempos de retorno de dois a 100 anos. Empregou-se o método da desagregação de chuvas diárias de “1 DIA” e obtiveram-se as alturas máximas esperadas entre cinco e 1.440 minutos e suas respectivas intensidades médias máximas. Os resultados obtidos mostram-se satisfatórios, pois as curvas apresentaram um típico comportamento das curvas IDF, mostrando que quanto maior o tempo de retorno, maiores as chances de uma chuva de grande magnitude, e maior será sua intensidade em um período muito curto de duração.

Palavras-chave: Curva IDF. Chuva intensa. Drenagem urbana.

1 INTRODUÇÃO

A impermeabilização do solo, causada pelo desenvolvimento da malha urbana, altera profundamente o escoamento superficial das águas pluviais. O volume que, anteriormente à urbanização era retido pela vegetação e infiltrava no solo, passa a escoar rapidamente até atingir os canais de drenagem, o que resulta em um aumento significativo da vazão máxima dos rios, causando inundações que podem ter consequências catastróficas (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, 2012).

Os impactos das enchentes urbanas podem ser minimizados a partir da manipulação das variáveis hidrológicas, desde que seja aplicada a ferramenta estatística adequada.

Segundo Tucci (2009), para projetos de obras hidráulicas, como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (ou tempo de retorno).

A relação entre a intensidade, a duração e a frequência das precipitações varia entre largos limites, de local para local, e somente pode ser determinada empiricamente por meio de análise estatística de uma longa série de observações (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Correlacionando intensidades e durações das chuvas, verifica-se que quanto mais intensa for a precipitação, menor será sua duração. A relação cronológica das maiores intensidades para cada duração pode ser obtida de uma série

* Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; tati_martinotto@hotmail.com

** Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; engcivil.smo@unoesc.edu.br

*** Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Santa Maria; mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria; Professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; andre.dossantos@unoesc.edu.br

**** Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; leo_lezonier@hotmail.com

de registros pluviográficos de tormentas intensas. Da mesma forma, quanto menor for o risco, maior será a intensidade (TUCCI, 2009).

A definição de uma equação de chuva para a região de São Miguel do Oeste tem como principal relevância os efeitos benéficos para a sociedade como um todo. As equações de chuvas são importantes ferramentas de engenharia civil, servindo para que os órgãos públicos e empresas privadas tomem decisões adequadas no dimensionamento de estruturas de drenagem urbana (micro e macrodrenagem).

Neste trabalho tem-se como objetivo a elaboração da equação de chuvas intensas para São Miguel do Oeste e região, visando ao adequado dimensionamento das obras de drenagens públicas e privadas para a redução dos impactos dos alagamentos que poderão ocorrer a partir dos eventos de chuva de grande magnitude.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados sobre as precipitações máximas registradas foram obtidos do posto pluviométrico de São José do Cedro, SC, Extremo-Oeste catarinense, sob as coordenadas geográficas de Latitude Sul 26°27'54", Longitude Oeste 53°27'13" e altitude de 720 metros, pertencentes ao banco de informações hidrológicas da rede da Agência Nacional de Águas (ANA).

Mapa 1 – Identificação dos Municípios de São Miguel do Oeste e São José do Cedro



Fonte: os autores.

A utilização dos dados da estação pluviométrica de São José do Cedro ocorreu em razão de sua série histórica ser mais extensa (1972-2015) e pelo município pertencer à região de São Miguel do Oeste, compartilhando a mesma bacia hidrográfica.

A análise estatística da série histórica utilizada são as séries anuais, pois representam um período superior a 12 anos, considerando a máxima precipitação diária ocorrida em cada ano da série.

Em razão da escassez de dados pluviográficos ou mesmo a falta de pluviógrafos no Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) (1979) propôs o método de desagregação de chuvas diárias, que consiste no emprego de coeficientes para transformar a chuva de um dia obtida pelos pluviômetros em chuvas com menor duração.

A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. Essas precipitações são retratadas pelas curvas de intensidade, duração e frequência (IDF), que relacionam a duração, a intensidade e o risco de a precipitação ser igualada ou superada (TUCCI, 2009).

Conforme explicam Cardoso, Ullmann e Bertol (1998), após um grande número de observações das chuvas intensas, os hidrólogos chegaram a uma equação que melhor expressa a relação frequência, intensidade e duração das chuvas, para o ajuste de dados experimentais, denominada “equação intensidade-duração-frequência”, como mostra a Equação 1.

$$I = \frac{K \cdot Tr^a}{(t + b)^c} \quad [1]$$

Sendo:

I: intensidade máxima média de precipitação, em mm/h;

t: duração do evento chuvoso, em minutos;

Tr: tempo de retorno, em anos;

K, a, b, c: parâmetros de ajuste relativos à localidade.

Foram analisadas séries históricas de chuvas máximas de “1 DIA” de cada ano dos registros pluviométricos, dos quais foram preenchidas as falhas segundo critérios propostos pela hidrologia estatística e foram desconsiderados períodos com falhas extensas de observações, sendo selecionados 30 anos de observações consecutivas (1985-2014). A série de 30 anos ocorre em razão de que, em um período extenso é possível perceber as alterações de clima e as mudanças que as precipitações sofrem ao longo do tempo.

Os dados foram, então, organizados em ordem decrescente de magnitude de precipitação, sendo calculados a média aritmética e o desvio padrão. A partir dessa classificação inicial, foram calculados os tempos de retorno das chuvas intensas e a probabilidade de ocorrência de acordo com a distribuição de Gumbel.

O método de distribuição de Gumbel permite o ajuste de forma satisfatória dos valores extremos superiores das variáveis hidrológicas, sendo o mais consagrado e bem-aceito na literatura técnica.

A frequência de valores extremos de grandezas hidrológicas permite prever a frequência de ocorrência das chuvas máximas em certa localidade, conforme explica Cardoso, Ullmann e Bertol (1998), sendo obtida por meio da Equação 2.

$$Fi = \frac{mi}{n + 1} \quad [2]$$

Sendo:

Fi: frequência observada;

mi: número de ordem da chuva máxima anual;

n: número de anos da série analisada.

Após o cálculo da frequência foi calculada a variável reduzida de Gumbel (y), por meio da Equação 3.

$$y = \frac{Sn}{Sx} \left[Xi - \left(Xm - Sx \frac{Yn}{Sn} \right) \right] \quad [3]$$

Sendo:

x: desvio padrão da amostra;

Xi: valor de um elemento da amostra;

Xm: média da amostra;

Sn: desvio padrão da variável reduzida (y), conforme o método estatístico de Gumbel;

Yn: média da variável reduzida (y), conforme o método estatístico de Gumbel.

Para a série histórica de 30 anos, chegou-se aos seguintes valores: média da variável reduzida (Yn) igual a 0,5362 e desvio padrão da variável reduzida (Sn) igual a 1,1124.

Considerando o método de Gumbel, o tempo de retorno pode ser definido como o intervalo de tempo, em anos, em que um evento é igualado ou superado, e foi determinado pela Equação 4. Consta-se, a partir da Equação 4, que o tempo de retorno é o inverso da probabilidade de ocorrência do evento hidrológico.

$$Tr = \frac{1}{P} \quad [4]$$

Sendo:

Tr: tempo de retorno, em anos;

P: $X \geq X_i$, probabilidade teórica.

Uma vez determinadas as variáveis reduzidas, foi calculada, a partir da Equação 5, a probabilidade teórica esperada de um valor extremo ser atingido ou superado utilizado na Equação 4.

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad [5]$$

Sendo:

P: $X \geq X_i$, probabilidade teórica;

e: base do logaritmo neperiano;

y: variável reduzida de Gumbel.

Uma vez definidos os parâmetros das equações citadas, foram plotados os tempos de retorno e as intensidades de chuva em um gráfico com escalas log probabilísticas. Ajustando-se uma tendência linear, em que o tempo de retorno (abscissa) terá escala logarítmica, e a intensidade de chuva (ordenada), escala aritmética.

Em uma mesma área de gráficos, foram feitas correlações de intensidades para diferentes tempos de retorno e durações, ajustando equações para os seguintes tempos de retorno: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100, para precipitações máximas de um dia de duração.

A partir das precipitações máximas diárias, foram estimadas as intensidades médias para durações de chuva que variam de cinco a 1.440 minutos, por meio da desagregação de chuva diária, de acordo com o método proposto pela Cetesb (1979 apud GONÇALVES, 2001) e conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Constantes do modelo de desagregação de chuvas diárias

Relação	Constante	Multiplicada por	Desagrega para
24 h / 1 dia	1,14	x(dia, Tr)	x(24 h, Tr)
12 h / 24 h	0,85	x(24 h, Tr)	x(12 h, Tr)
10 h / 24 h	0,82	x(24 h, Tr)	x(10 h, Tr)
8 h / 24 h	0,78	x(24 h, Tr)	x(8 h, Tr)
6 h / 24 h	0,72	x(24 h, Tr)	x(6 h, Tr)
4 h / 24 h	0,63	x(24 h, Tr)	x(4 h, Tr)
2 h / 24 h	0,52	x(24 h, Tr)	x(2 h, Tr)
1 h / 24 h	0,42	x(24 h, Tr)	x(1 h, Tr)
30 min / 1 h	0,74	x(1 h, Tr)	x(30 min, Tr)
25 min / 30 min	0,91	x(30 min, Tr)	x(25 min, Tr)
20 min / 30 min	0,81	x(30 min, Tr)	x(20 min, Tr)
15 min / 30 min	0,70	x(30 min, Tr)	x(15 min, Tr)
10 min / 30 min	0,54	x(30 min, Tr)	x(10 min, Tr)
5 min / 30 min	0,34	x(30 min, Tr)	x(5 min, Tr)

Fonte: Cardoso, Ullmann e Bertol (1998).

A partir das alturas pluviométricas máximas, para cada tempo de retorno e respectivas durações, as IDF's foram geradas. Para análise da eficiência da IDF gerada por este trabalho foi utilizado o coeficiente de determinação (r^2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a série selecionada de 30 anos de chuvas máximas diárias que foram registradas na estação meteorológica de São José do Cedro.

Tabela 2 – Série selecionada de 30 anos de chuvas máximas diárias para região de São Miguel do Oeste, SC, no período de 1985 a 2014

Ordem cronológica			
Ano	Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)
1985	59,3	2000	89
1986	102,1	2001	132,1
1987	86,3	2002	94,7
1988	119,5	2003	210,3
1989	119,5	2004	80,6
1990	143,4	2005	87,4
1991	123,4	2006	87,6
1992	108,3	2007	99,4
1993	160	2008	92,2
1994	98,4	2009	110,5
1995	92,5	2010	136,7
1996	96,1	2011	196,9
1997	99,7	2012	100,5
1998	101,7	2013	140,5
1999	78,9	2014	162,3

Fonte: Agência Nacional de Águas (2016).

Chegou-se na amostra dos 30 anos de elementos de chuva máxima de “1 DIA” de cada ano após o tratamento estatístico de preenchimento de falhas. Os valores referentes a essa série foram organizados em ordem decrescente, conforme metodologia da Cetesb. Calculou-se, então, a média aritmética e o desvio padrão da amostra, utilizando-se o método da distribuição de Gumbel, que permite ajustar satisfatoriamente os valores extremos das grandezas hidrológicas, estabelecendo uma análise estatística da probabilidade e do tempo de retorno das chuvas intensas. A média e o desvio padrão dos dados de precipitação foram de 113,66 mm e 34,29 mm, respectivamente.

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos por meio das equações já mostradas, com o intuito de achar o tempo de retorno para as precipitações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 3 – Definição dos períodos de retorno com a Distribuição de Gumbel para as chuvas máximas de “1 DIA” da região de São Miguel do Oeste, SC, no período de 1985 a 2014

Ano	Ordem	Precipitação máxima (mm)	Frequência (Fi) %	Variável reduzida (y)	Probabilidade (P) ($X \geq X_i$) %	Tempo de retorno (Tr) (Ano)
2003	1	210,3	3,2	3,7	2,5	39,7
2011	2	196,9	6,5	3,2	3,8	26,0
2014	3	162,3	9,7	2,1	11,4	8,8
1993	4	160,0	12,9	2,0	12,2	8,2
1990	5	143,4	16,1	1,5	20,0	5,0
2013	6	140,5	19,4	1,4	21,7	4,6
2010	7	136,7	22,6	1,3	24,3	4,1
2001	8	132,1	25,8	1,1	27,6	3,6
1991	9	123,4	29,0	0,9	34,8	2,9
1988	10	119,5	32,3	0,7	38,2	2,6
1989	11	119,5	35,5	0,7	38,2	2,6
2009	12	110,5	38,7	0,4	47,8	2,1
1992	13	108,3	41,9	0,4	50,2	2,0
1986	14	102,1	45,2	0,2	57,3	1,7
1998	15	101,7	48,4	0,1	57,7	1,7
2012	16	100,5	51,6	0,1	59,2	1,7
1997	17	99,7	54,8	0,1	60,3	1,7
2007	18	99,4	58,1	0,1	60,6	1,6
1994	19	98,4	61,3	0,0	61,7	1,6
1996	20	96,1	64,5	0,0	64,3	1,6
2002	21	94,7	67,7	-0,1	66,2	1,5
1995	22	92,5	71,0	-0,2	68,7	1,5
2008	23	92,2	74,2	-0,2	69,1	1,4
2000	24	89,0	77,4	-0,3	72,7	1,4
2006	25	87,6	80,6	-0,3	74,4	1,3
2005	26	87,4	83,9	-0,3	74,8	1,3
1987	27	86,3	87,1	-0,4	75,8	1,3
2004	28	80,6	90,3	-0,5	82,0	1,2
1999	29	78,9	93,5	-0,6	83,5	1,2
1985	30	59,3	96,8	-1,2	96,7	1,0

Fonte: os autores.

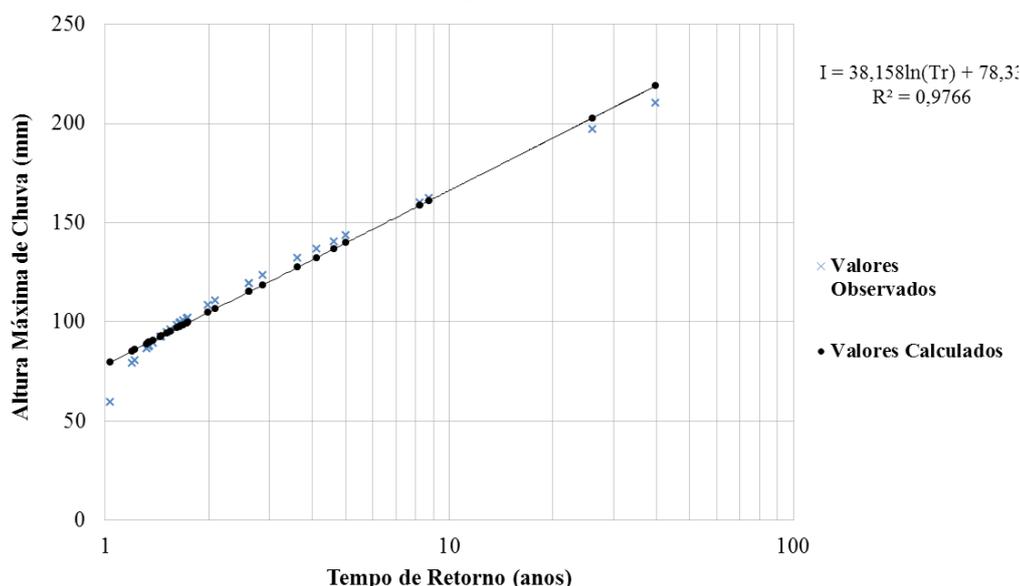
A Tabela 3 foi obtida a partir da série histórica estudada (1985-2014) e de suas respectivas precipitações máximas, que foram inseridas em uma ordem para cada ano para se poder calcular as demais colunas, utilizando as equações já apresentadas até chegar no tempo de retorno que estava sendo buscado.

Os valores dos períodos de retorno (T_r) correspondentes às chuvas máximas da amostra de 30 elementos da Tabela 2 necessitam estar na forma inteira de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, conforme a metodologia adotada. Para isso, foram plotados os pontos correspondentes às alturas máximas de chuva (I), na ordenada, em escala aritmética, e o tempo de retorno, em anos, na abscissa, em escala logarítmica, traçando-se a reta de melhor ajuste. Foi possível, assim, obter informações como a probabilidade de determinado extremo ser igualado ou superado, e a grandeza esperada do evento para determinado período de retorno.

É importante estimar tempos de retorno, para poder calcular obras hidráulicas. Os bueiros, por exemplo, necessitam de intervalos de tempo elevados pelo fato de que chuvas de grandes magnitudes ocorrem nesse período; portanto, faz-se necessário, para o cálculo da drenagem, uma chuva que ocorrerá uma vez a cada 50 ou 100 anos, para que vença as vazões geradas pela chuva, caso contrário, grandes inundações ou tragédias podem vir a acontecer. Para obras hidráulicas de grande magnitude em geral, é muito mais importante ter conhecimento sobre uma chuva de grande intensidade, porque por mais rara que ela seja, sempre há a possibilidade de acontecer, e se ocorrer, é de suma importância que a obra funcione em perfeito estado, garantindo a segurança da obra, do entorno e da população.

O Gráfico 1 mostra o ajuste da série amostral das alturas máximas de precipitação para a região de São Miguel do Oeste no papel log probabilístico. A reta do ajuste mostrou-se boa, com $r^2 = 0,98$, o que significa que as alturas de chuvas correspondem, com 98% de confiança, ao tempo de retorno estimado.

Gráfico 1 – Ajuste dos dados de precipitação máxima em relação ao tempo de retorno



Fonte: os autores.

A partir da equação gerada na análise de regressão do Gráfico 1, calcularam-se as alturas de chuvas para os períodos de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, conforme dados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tempo de retorno e suas correspondentes alturas de chuvas obtidas.

Tempo de retorno (anos)	Altura de chuva (mm)
2	104,8
5	139,7
10	166,2
15	181,7
20	192,6
25	201,2
50	227,6
100	254,1

Fonte: os autores.

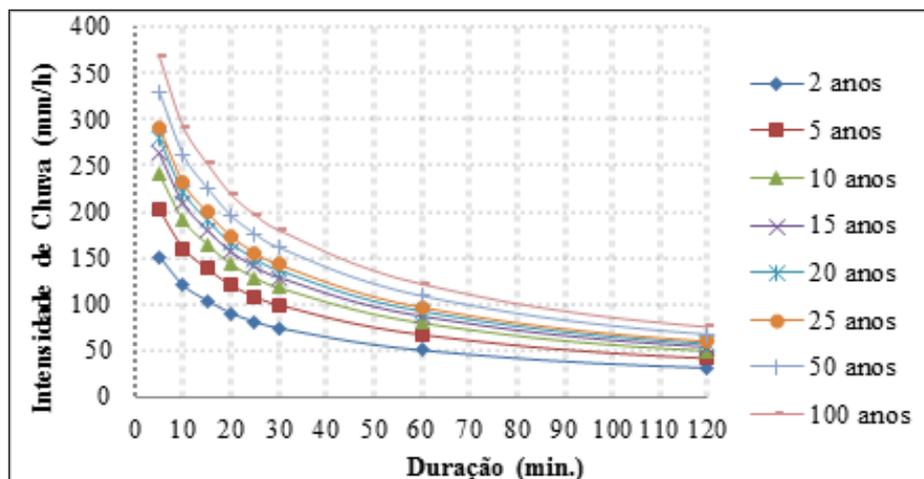
Tabela 5 – Desagregação de chuvas máximas de “1 DIA” em mm/h da região de São Miguel do Oeste, SC, para os períodos de retorno de cinco a 100 anos e duração selecionadas

Tempo de retorno (anos) / Intensidade máxima da chuva (mm/h)								
Duração (min)	2	5	10	15	20	25	50	100
1440	5,0	6,6	7,9	8,6	9,2	9,6	10,8	12,1
720	8,5	11,3	13,4	14,7	15,6	16,2	18,4	20,5
600	9,8	13,1	15,5	17,0	18,0	18,8	21,3	23,7
480	11,6	15,5	18,5	20,2	21,4	22,4	25,3	28,2
360	14,3	19,1	22,7	24,9	26,4	27,5	31,1	34,8
240	18,8	25,1	29,8	32,6	34,6	36,1	40,9	45,6
120	31,1	41,4	49,3	53,8	57,1	59,6	67,5	75,3
60	50,2	66,9	79,6	87,0	92,2	96,3	109,0	121,6
30	74,2	99,0	117,8	128,7	136,5	142,5	161,3	180,0
25	81,1	108,2	128,6	140,6	149,1	155,7	176,1	196,6
20	90,2	120,3	143,1	156,4	165,9	173,2	196,0	218,7
15	103,9	138,6	164,9	180,2	191,1	199,6	225,8	252,0
10	120,3	160,4	190,8	208,5	221,1	230,9	261,3	291,6
5	151,5	202,0	240,2	262,6	278,5	290,8	329,0	367,3

Fonte: os autores.

Com base nos dados apresentados na Tabela 6 foram elaboradas as curvas de chuvas intensas para a região de SMO, conforme Gráfico 1, tendo no eixo das abscissas o \ln (logaritmo neperiano) das durações, e no eixo das ordenadas, o \ln das intensidades, sendo que cada curva é relativa ao seu período de retorno.

Gráfico 2 – Família de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas intensas da região de São Miguel do Oeste, SC



Fonte: os autores.

É possível observar que a intensidade é inversamente proporcional à duração, o que caracteriza um comportamento típico das curvas IDF, ou seja, quanto maior a intensidade da precipitação, menor é a sua duração. Consta-se, também, que há pouca diferença de intensidade entre todos os tempos de retorno conforme a duração seja maior e de menor intensidade, e que essa diferença também é maior conforme menor a duração e maior a intensidade.

Já em relação ao tempo de retorno, verifica-se que é diretamente proporcional à intensidade, quanto maior o tempo de retorno, maiores as chances da ocorrência de uma grande chuva de curta duração, deixando evidente que o tempo de retorno é essencial para o dimensionamento de obras hidráulicas. Ou seja, para obras hidráulicas mais com-

plexas é necessária a previsão das grandezas hidrológicas de grandes magnitudes, as quais são mais raras, mas também de maior importância, tanto para questões econômicas quanto para o correto dimensionamento.

4 CONCLUSÃO

As curvas apresentaram um típico comportamento das curvas IDF, mostrando que quanto maior o tempo de retorno, maiores as chances de uma chuva de grande magnitude, e maior será sua intensidade em um período muito curto de duração.

Fica clara a importância dos conhecimentos sobre as precipitações de um local ao longo do tempo para o correto dimensionamento de obras hidráulicas, garantindo que as grandes vazões geradas por essas precipitações sejam vencidas.

Sugere-se, assim, que em um próximo trabalho sejam estudados os coeficientes que melhor se encaixam na Equação 1, gerando a equação adequada para a região de São Miguel do Oeste. E que haja, também, a ampliação da rede de monitoramento hidrométrico na região, para que novos estudos tenham acesso a dados cada vez mais confiáveis, possibilitando confirmar o que se obteve com o presente estudo e conseguindo resultados ainda mais satisfatórios.

Hydrological analysis for São Miguel do Oeste and region to obtaining intense rainfall equation (IDF)

Abstract

Understanding the magnitude of intense rainfall has a fundamental importance for the development of hydraulic projects of civil engineering, promoting social and economic benefits. The objective of this research was the development of Intensity-Duration-Frequency curves (IDF) in the region of São Miguel do Oeste, SC, and it was considered the daily rainfall data from the meteorological station of São José do Cedro, a town near São Miguel do Oeste, for over a period of 30 years. It was applied the Gumbel's statistical distribution to obtain the rainfall heights for return times from two to 100 years. It was used the disintegration method of daily rainfall of "1 DAY", and it was obtained the maximum heights expected between five and 1,440 minutes and their average maximum intensities. The results show to be satisfactory, because the curves showed a typical behavior of IDF curves, demonstrating that the higher the return time, the greater the chances of a large magnitude of rain, and greater intensity in a very short period of time.

Keywords: IDF curves. Heavy rain. Urban drainage.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 09 jun. 2016.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 22, n. 1, p. 131-140, 1998.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1988. 291 p.

GONÇALVES, L. S. **Relações intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. 2011. Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: aspectos tecnológicos: fundamentos. São Paulo, 2012. 222 p.

TREVISOL, J. V. **Diretrizes de elaboração de artigos científicos**. Joaçaba: Ed. Unoesc, 2009. 79 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009. 943 p.

