

RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUENCIA DE CHUVAS INTENSAS A PARTIR DA DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS DIÁRIAS PARA LAGES, SC.

Célio Orli Cardoso¹, Olívio José Soccol¹, Mario Nestor Ullmann²

ABSTRACT - The intense rainfall magnitude is very important for the elaboration of hydraulic projects, management of water resources in engineering and structures dimensionality for the water erosion control. Being the rainfall a aleatory climatic phenomenon, the interest is concentrates on determining, besides the maximum intensity for each duration, the frequency with that she can happen. In this study a historical series of maximum rainfall of "one day" was used, obtained from pluviometers, during 30 consecutive years (1975 – 2004) in the Meteorological Station of EPAGRI, in Lages (SC). The Gumbel statistic distribution was applied to obtain the rainfall height in the return periods between 2 and 100 years. After that, the daily rainfall disaggregation model was applied to provide the expected maximum rainfall height for duration times varying between 24 hours and 5 minutes and their corresponding maximum average intensities. With the results obtained, it was possible to get the intensity-duration-frequency (I-D-F) curves as well as their mathematic relations. The equation of the curves I-D-F family came with the following notação: $i = 2050 \cdot Tr^{0.2} \cdot (t + 29,4)^{-0.89}$, where i is the rain intensity, t the duration and Tr the time of return.

INTRODUÇÃO

Para diversos usos em dimensionamento de obras hidráulicas ou manejo de recursos hídricos, deve-se conhecer a magnitude e frequência com que podem ocorrer as chuvas intensas, caracterizadas pela sua duração e intensidade. Portanto, há a necessidade da predição das chuvas extremas, valendo-se dos princípios de probabilidade. Em geral, a frequência de valores extremos (máximo e mínimo) de grandezas hidrológicas ajusta-se à distribuição do Tipo I de Fisher-Tippet (Villela & Mattos, 1975), conhecida como distribuição de Gumbel. Mediante este tipo de análise estatística, com a distribuição de Gumbel, pode-se prever a frequência de ocorrência das chuvas máximas em uma certa localidade.

Necessita-se estabelecer as relações intensidade-duração-frequência, em regiões onde as únicas informações disponíveis são as chuvas de "um dia", obtidas por pluviômetros. Nestes casos, pode-se avaliar a chuva de 24 horas de determinada frequência, e a partir dessa, as chuvas de menor duração, utilizando-se um modelo de desagregação de chuvas diárias. As alturas pluviométricas das chuvas máximas de 24 horas e de um dia guardam uma relação quase constante e independente do período de retorno (Occhipinti e Santos, 1966), cujo valor encontrado no Brasil é de 1,14, praticamente coincidente com o valor adotado pelo U.S. Weather Bureal (1946), que é de 1,13. Relações constantes entre chuvas de diferentes durações (24 horas e menores durações), também foram verificadas no Brasil (DNOS, 1957), com valores bastante próximos dos encontrados nos Estados Unidos. Vários pesquisadores, tais como Bell (1969) e

Hershfield (1962), têm demonstrado que as relações verificadas nos Estados Unidos são aplicáveis, em geral, em outras partes do mundo. Essas relações independem do período de retorno, pois, para cada relação, os valores encontrados para períodos de retorno de 2 a 100 anos são bastante próximos uns dos outros (Bell, 1969). Portanto, a partir das chuvas diárias pode-se obter as chuvas de 24 horas de duração com determinada frequência e desagregá-las para durações menores, utilizando-se as relações propostas por DNOS (1957).

Em Hidrologia, é comum expressar a frequência das chuvas em termos de período de retorno (anos). Estas relações só podem ser estabelecidas mediante análise estatística de uma longa série de observações de chuvas locais, cujos resultados não podem ser estendidos para outras regiões. Os resultados dessas análises podem ser apresentados através de uma família de curvas, sendo uma curva para cada período de retorno, relacionando intensidades e durações das chuvas. Expressões matemáticas podem ser ajustadas a estas curvas. Após grande número de observações, os hidrólogos chegaram a um tipo de equação que melhor se ajusta aos dados experimentais, denominada "equação intensidade-duração-frequência, como a seguir: $i = k \cdot Tr^m \cdot (t + b)^{-n}$ onde, i é a intensidade da chuva para um tempo de duração " t " e para um período de retorno " Tr "; k , m , n e b são parâmetros de ajuste estatístico.

Assim, objetivou-se analisar as relações intensidade-duração-frequência das chuvas observadas em pluviômetros, determinando-se a equação que melhor caracteriza àquelas relações, para os diferentes períodos de retorno de chuva para Lages, SC.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de chuva máxima de "um dia" foram obtidos da Estação Meteorológica da EPAGRI de Lages-SC, situada a 27°49' de latitude Sul, 50°20' de longitude Oeste, com 937 metros de altitude. Foi analisada a série histórica de chuvas máximas de "um dia" dos registros de pluviômetro, da qual selecionou-se 30 anos de observações consecutivas (1975-2004) para cada local.

Para a análise estatística da probabilidade e período de retorno das chuvas intensas pela distribuição de Gumbel, obteve-se, em cada ano da série histórica, a máxima altura de chuva de um dia, constituindo-se, dessa forma, a série de chuvas máximas anuais. As chuvas máximas anuais foram organizadas em ordem decrescente e, em seguida, os elementos estatísticos da amostra foram calculados; As frequências observadas foram calculadas segundo Kimbal, a variável reduzida da distribuição estatística e a probabilidade teórica esperada foram obtidas segundo Gumbel. O período de retorno esperado, considerado como o inverso da probabilidade, foi calculado e plotado no papel de Gumbel, obtendo-se a

¹ Prof. Dr. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV Univ. Estado de Santa Catarina – UDESC - CP 281 - CEP 88520-000 - Lages SC, Brasil. (a2coc@cav.udesc.br a2ojs@cav.udesc.br)

² Prof. Esp. Depto de Engenharia Rural (ENR), CAV – UDESC.

reta de melhor ajuste. A reta analítica para a estimativa das alturas de chuva, em função dos períodos de retorno desejados, foi obtida dispensando-se o uso do gráfico.

Com a reta analítica do modelo de GUMBEL, estimou-se a variável hidrológica (altura de chuva de um dia) para os períodos de retorno selecionados e, a seguir, utilizou-se as relações de desagregação de alturas pluviométricas para diferentes durações. Obtidas as alturas das chuvas, estimou-se as prováveis intensidades máximas médias para todas as durações de chuva consideradas e para o período de retorno desejado.

Na estimativa dos parâmetros de ajuste das equações intensidade-duração (I-D) aplicou-se o processo de anamorfose, mediante a linearização das mesmas. Após a linearização das equações, os parâmetros "a", "b", "c" e "d" foram obtidos analiticamente pelo método estatístico dos Mínimos Quadrados.

A equação genérica que descreve a relação entre intensidades, durações e frequências (períodos de retorno) das chuvas, foi obtida para cada local mediante o ajuste dos parâmetros da equação, denominada de "equação intensidade-duração-frequência" (I-D-F). Procurou-se, então, estabelecer os parâmetros de uma equação que fornecesse a intensidade para os vários tempos de duração de chuva considerados, para qualquer período de retorno, para os locais estudados. O parâmetro "b" foi obtido através da média aritmética dos coeficientes "b" das equações de TAL-BOT que foram obtidas para os períodos de retorno selecionados. Os demais parâmetros, "n", "m" e "k", foram obtidos pelo processo dos Mínimos Quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se a reta analítica de frequência na forma: $x_i = 22,5088 \cdot (-\ln(-\ln(1 - Tr^{-1}))) + 69,3709$

onde, x_i é a altura de chuva esperada para o tempo de retorno Tr_i ,

Esta permite-nos uma maior comodidade e precisão na obtenção das alturas máximas de chuva esperadas, para os períodos de retorno desejados e a partir destas aplicou-se o modelo de desagregação de alturas pluviométricas para diferentes durações.

As intensidades de chuvas máximas médias esperadas foram obtidas através do quociente entre a altura de chuva e tempo de duração, e são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Intensidades máximas médias de chuva para os tempos de retorno e durações selecionados para Lages -SC.

Duração	Período de retorno (ano)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
	(mm.h ⁻¹)							
24 h	3,7	4,9	5,7	6,2	6,5	6,7	7,5	8,2
12 h	6,3	8,3	9,7	10,5	11,0	11,4	12,7	14,0
6 h	10,6	14,1	16,4	17,7	18,7	19,4	21,5	23,7
4 h	14,0	18,5	21,6	23,3	24,5	25,4	28,2	31,1
2 h	23,1	30,6	35,6	38,4	40,4	41,9	46,6	51,3
1 h	37,3	49,5	57,5	62,1	65,3	67,7	75,3	82,8
30 min	55,1	73,2	85,2	91,9	96,6	103,3	111,5	122,6
25 min	60,2	79,9	93,0	100,4	105,5	109,5	121,7	133,9
20 min	67,0	88,9	103,5	111,7	117,4	121,8	135,4	149,0
15 min	77,2	102,5	119,2	128,7	135,3	140,4	156,1	171,6
10 min	89,3	118,6	138,0	148,9	156,5	162,4	180,6	198,6
5 min	112,5	149,3	173,7	187,5	197,1	204,5	227,4	250,1

Na Tabela 2 encontram-se os coeficientes das equações intensidade-duração (I-D) para cada período de retorno estudado para Lages. Os coeficientes "a" e "b" são usados nas equações para durações de chuva entre 5 a 120 minutos (equação de TALBOT) e os coeficientes "c" e "d" nas equações para durações de chuva superiores a 120 minutos. Os altos valores de coeficiente de determinação demonstram o bom ajuste dos dados a estas equações obtidas.

Tabela 2. Coeficientes "a", "b", "c" e "d" das equações intensidade-duração e coeficientes de determinação para os períodos de retorno selecionados, para Lages - SC

Equação	t entre 5 a 120 min.			t maior que 120 min.			
	Tr \ coef.	a	b	r ²	c	d	R ²
2		3410,39	29,52	0,995	847,75	0,745	0,999
5		4515,09	29,39	0,996	1133,47	0,747	0,998
10		5250,65	29,37	0,996	1330,56	0,748	0,998
15		5663,62	29,34	0,995	1392,95	0,743	0,999
20		5960,43	29,40	0,996	1496,97	0,746	0,999
25		6179,70	29,36	0,996	1577,78	0,749	0,999
50		6874,01	29,38	0,995	1701,84	0,744	0,999
100		7568,59	29,44	0,995	1921,22	0,748	0,998

Obteve-se também a equação Intensidade-duração-frequência (I-D-F), a qual permite prever intensidades máximas médias de chuva a partir da sua duração e período de retorno.

A equação obtida para Lages apresenta-se como: $i = 2050 \cdot Tr^{0,2} \cdot (t + 29,4)^{-0,89}$.

Na figura 1 são apresentadas as curvas que relacionam as intensidades, durações e frequências das chuvas com duração até 24 horas para Lages.

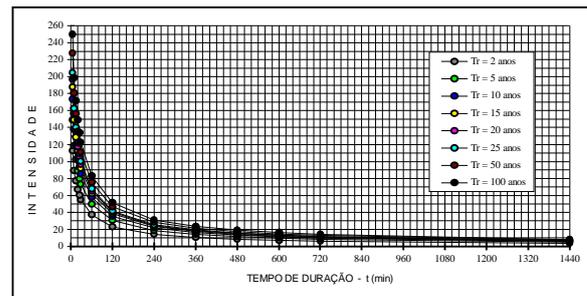


Figura 1. Curvas Intensidade-duração-frequência a partir da desagregação de chuvas diárias no período de 1966-1995 para Lages-SC

REFERÊNCIAS

- Bell, F. C. Generalized rainfall duration frequency relationships. Journal of the Hydraulics Division. American Society of Civil Engineers. New York, v.95, n.1, jan, 1969.
- DNOS. Chuvas intensas no Brasil. DNOS. R.J, 1957.
- EPAGRI. Registros Meteorológicos. EPAGRI-Florianópolis. Santa Catarina, 2004.
- Hershfield, D.M. Extreme rainfall relationships. Journal of the Hydraulics Division. American Society of Civil Engineers. New York, vol 88, n.6. p 73-92, 1962.
- Occhipinti, A. G. e Santos, P. M. dos. Relações entre as Precipitações Máximas de "um dia" e de "24 horas" na Cidade de São Paulo. Instituto Astronômico e Geofísico, USP. São Paulo, 1966.
- Villela, Swami Marcondes & Mattos, Arthur. Hidrologia Aplicada. Mcgraw-Hill do Brasil. S.P. 245p, 1975.