

APLICAÇÃO DO MODELO DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS DIÁRIAS PARA OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO I-D-F PARA CAMPOS NOVOS, SC.

CÉLIO O. CARDOSO¹, CARLOS A. P. SAMPAIO², ANDRÉ M. PRANDO³, DAIANA SCHIMIDT³

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC - Lages SC, Fone: (49) 2101 9133, a2coc@cav.udesc.br; ² Eng. Agrícola, Prof. Dr. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV – UDESC - Lages SC; ³ Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV – UDESC - Lages SC.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: A magnitude de chuvas intensas é de fundamental importância para o planejamento de projetos hidráulicos e o gerenciamento dos recursos hídricos em engenharia, além do dimensionamento de estruturas para o controle da erosão do solo. Sendo a chuva um fenômeno do tipo aleatório, o interesse se concentra em determinar, além da intensidade para cada duração, a frequência com que ela pode ocorrer. Neste estudo utilizou-se uma série histórica de chuvas máximas de um dia, obtidas em pluviômetro na Estação Meteorológica da EPAGRI, situada em Campos Novos (SC), durante um período de 30 anos consecutivos (1977-2006). Aplicou-se a distribuição estatística de GUMBEL para a obtenção das alturas de chuvas em períodos de retorno entre 2 e 100 anos e a partir destas o modelo de desagregação de chuvas diárias, obtendo-se as alturas máximas esperadas para tempos de duração entre 24 horas a 5 minutos e suas respectivas intensidades máximas médias. Com base nos resultados foram obtidas as curvas intensidade-duração-frequência (I-D-F) para os tempos de retorno selecionados, bem como suas relações matemáticas. A equação de curvas I-D-F apresentou-se com a seguinte notação: $i = 2157 \cdot Tr^{0,17} \cdot (t+29,4)^{-0,89}$, onde i é a intensidade de chuva, t a duração e Tr o tempo de retorno.

PALAVRAS CHAVE: Precipitações máximas; Distribuição estatística, Modelagem.

APPLICATION OF THE DISAGGREGATION OF DAILY RAINS MODEL FOR OBTAINING OF THE EQUATION I-D-F FOR CAMPOS NOVOS, SC.

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 phenomenon, the interest is concentrates on determining, besides the 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 (1977 – 2006) in the Meteorological Station of EPAGRI, in Campos Novos (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 came with the following notation: $i = 2157 \cdot Tr^{0,17} \cdot (t+29,4)^{-0,89}$, where i is the rain intensity, t the duration and Tr the time of return.

KEYWORDS: Maximum precipitations; Statistical distribution, Modeling.

INTRODUÇÃO: Em dimensionamento de obras hidráulicas ou manejo de recursos hídricos, deve-se conhecer a magnitude e frequência de chuvas intensas, caracterizadas pela sua duração e intensidade. 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, podendo-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 Bureau (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). 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: $i = k.Tr^m(+b)^{-n}$ 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-Tempo de retorno das chuvas observadas em pluviômetros, determinando-se a equação que melhor caracteriza àquelas relações, para os diferentes períodos de retorno de chuva para Campos Novos, SC.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados de chuva máxima de "um dia" foram obtidos da Estação Meteorológica da EPAGRI de Campos Novos-SC, situada a 27° 24' de latitude Sul, 51° 12' de longitude Oeste, com 947 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 (1977-2006) 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 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 TALBOT 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 cuja equação apresenta a forma: $x_i = 18,8452.(-\ln(-\ln(1 - Tr_i^{-1}))) + 74,6669$ onde, x_i é a altura de chuva intensa esperada para o tempo de retorno Tr_i . Esta equação permite-nos uma maior comodidade e precisão na obtenção das alturas máximas de chuva esperadas em um dia, 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 Campos Novos -SC.

Duração	Período de retorno (ano)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
	(mm.h ⁻¹)							
24 h	3,9	4,9	5,6	5,9	6,2	6,4	7,0	7,7
12 h	6,6	8,3	9,5	10,1	10,6	10,9	12,0	13,0
6 h	7,6	9,6	10,9	11,7	12,2	12,6	13,9	15,1
4 h	9,1	11,4	13,0	13,9	14,5	15,0	16,5	17,9
2 h	11,2	14,1	16,0	17,1	17,9	18,5	20,3	22,1
1 h	14,7	18,5	21,0	22,5	23,5	24,2	26,6	29,0
30 min	24,2	30,5	34,7	37,1	38,7	40,1	43,9	47,8
25 min	39,1	49,3	56,1	59,9	62,6	64,6	71,0	77,3
20 min	57,9	73,0	83,0	88,6	92,6	95,6	105,0	114,3
15 min	63,2	79,7	90,6	96,8	101,1	104,4	114,7	124,9
10 min	70,3	88,7	100,8	107,7	112,5	116,2	129,6	138,9
5 min	81,0	102,2	116,2	124,1	129,6	133,9	147,0	160,1

Correlacionando apenas intensidades e durações das chuvas, para um determinado período de retorno, verifica-se que quanto maior a intensidade da chuva menor será sua duração, cuja curva genérica apresenta um comportamento hiperbólico. Esta relação pode ser representada por dois tipos de equações, ou seja: $i = a.(t + b)^{-1}$ para durações de chuva entre 5 e 120 minutos (equação de TALBOT) e $i = c.t^{-d}$ para durações de chuva superiores a 120

minutos, onde, i é a intensidade da chuva; t o tempo de duração da chuva e a , b , c , d parâmetros de ajuste a determinar estatisticamente para o local. Na Tabela 2 encontram-se os coeficientes das equações intensidade-duração (I-D) para cada período de retorno estudado para Campos Novos. 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 Campos Novos

Equação Tr \ coef.	t entre 5 a 120 min.			t maior que 120 min.		
	A	b	r^2	C	d	r^2
2	3570,58	29,408	0,995	894,96	0,746	0,999
5	4498,58	29,352	0,996	1129,63	0,747	0,999
10	5119,96	29,401	0,996	1250,46	0,742	0,999
15	5474,75	29,459	0,995	1411,77	0,751	0,998
20	5709,60	29,372	0,996	1445,99	0,748	0,999
25	5901,33	29,418	0,995	1491,27	0,748	0,998
50	6477,14	29,384	0,996	1657,66	0,750	0,998
100	7052,54	29,387	0,996	1758,94	0,745	0,999

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 Campos Novos apresenta-se como: $i = 2157.T_r^{0,17}.(t+29,4)^{-0,890,89}$. Na figura 1 são apresentadas as curvas que relacionam as intensidades, durações e frequências das chuvas com duração até 24 horas para Campos Novos.

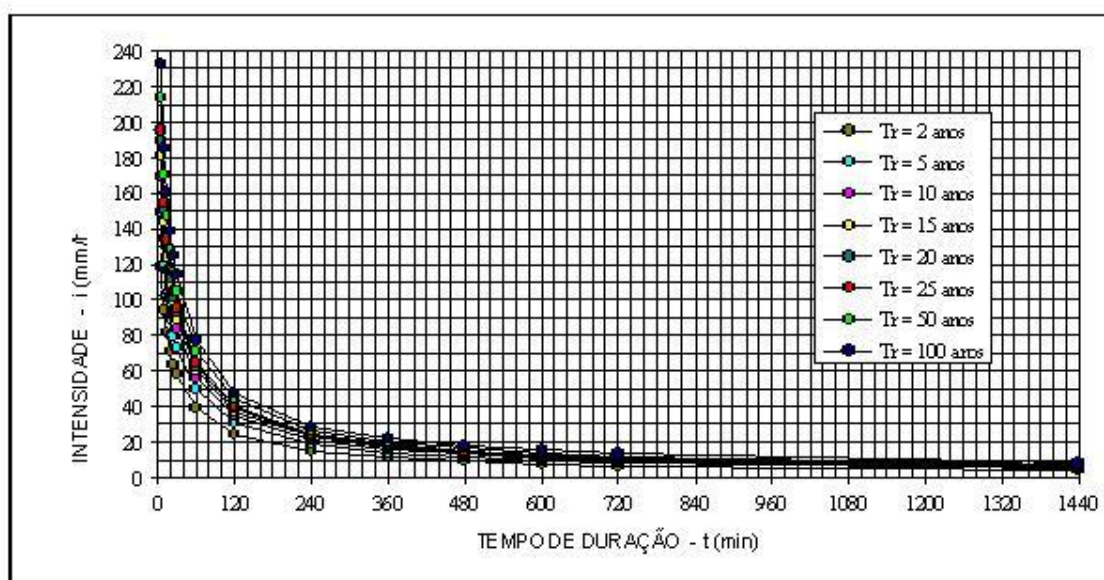


FIGURA 1. Curvas Intensidade-duração-frequência a partir da desagregação de chuvas diárias no período de 1966-1995 para Campos Novos-SC

CONCLUSÃO: Com base nos dados obtidos no estudo, é possível apresentar as seguintes conclusões:

1. As relações altura-duração-frequência e intensidade-duração-frequência das chuvas de curta duração para Campos Novos (SC), podem ser estimadas a partir das chuvas de um dia obtidas em pluviômetros.
2. Com base na série anual de chuvas selecionada de um período de 30 anos, obteve-se a equação intensidades-duração-frequência para Campos Novos apresentando a seguinte notação: $i = 2157.Tr^{0,17}.(t+29,4)^{-0,89}$.
3. As equações obtidas para cada período de retorno, que expressam a relação entre as intensidades e as durações de chuvas máximas, para Campos Novos, apresentaram altos valores de coeficiente de determinação.
4. Sendo assim, as equações obtidas, podem ser usadas para prever a magnitude das chuvas para o local do estudo, nos períodos de retorno de 2 a 100 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- CARDOSO, C. O., ULLMANN, M. N., BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e Campos Novos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p. 131-140, 1998.
- DNOS. Chuvas intensas no Brasil. DNOS. R.J, 1957.
- EPAGRI. Registros Meteorológicos. EPAGRI-Florianópolis. Santa Catarina, 2006.
- 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. & 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, S. M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. Mcgraw-Hill do Brasil. S.P. 245p, 1975.