

## IX-012 - ATUALIZAÇÃO DAS RELAÇÕES IDF DE FLORIANÓPOLIS (SC) COM DADOS DO PERÍODO DE 1985 A 2012

**Álvaro José Back**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Epagri, Estação Experimental de Urussanga: Rodovia SC 108, km 353, nº 1563, bairro da Estação, CEP 88.840-000 - Urussanga, SC - Brasil - Caixa-Postal: 049, Telefone: (48) 34031382- e-mail: ajb@epagri.sc.gov

### RESUMO

As equações IDF são muito utilizadas na estimativa da chuva intensa para obras de drenagem superficial, e preferencialmente devem ser obtidas com base nos registros de longas séries de dados pluviográficos. Este trabalho teve como objetivo analisar as relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas bem como estabelecer equações IDF atualizadas para Florianópolis, SC. Foram analisados os pluviogramas da Estação Meteorológica de Florianópolis, SC (latitude 27°35' S, longitude 48°34' W e altitude 1,83 m) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), relativo ao período de 1985 a 2012. Os pluviogramas foram digitalizados e foram determinadas as séries de máximas anuais de precipitação com duração de 5 a 1440 minutos. Utilizando-se a distribuição de Extremos Tipo I foram estimadas as chuvas máximas com duração de 5 a 1440 minutos e período de retorno de 2 a 100 anos. Observou-se que a relação entre precipitação máxima de 24 horas e a precipitação máxima de 1 dia varia de acordo com a hora da leitura, e varia também com o período de retorno. Para as leituras da chuva diária realizada as 09 horas essa relação média é de 1,25, sendo que os menores valores das relações foram observadas para o horários das 15 às 18 horas. A relação entre a precipitação com duração de 1 horas e a precipitação de 24 horas observada em Florianópolis apresentou valores significativamente inferiores ao valor indicado pela Cetesb. As relações entre as precipitações com duração inferior a 30 minutos e a precipitação de 30 minutos observada em Florianópolis apresentaram valores semelhantes aos indicados pela Cetesb. Foram ajustadas duas equações IDF permitem obter estimativa de chuva intensas com e período de retorno de 2 a 100 anos para Florianópolis. Para durações entre 5 min e 120 min os coeficientes foram  $K = 230,8$ ;  $m = 0,1634$ ,  $b = 0$ ;  $n = 0,3940$ . Para durações entre 120 e 1440 minutos os coeficientes ajustados são  $K = 421,2$ ;  $m = 0,1735$ ,  $b = 0$ ;  $n = 0,550$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitação, relação IDF, chuvas intensas, drenagem.

### INTRODUÇÃO

A estimativa da chuva intensa para obras de drenagem superficial pode ser obtida por diversos métodos, entre os quais destacam-se as equações IDF obtidas pela análise de séries de pluviogramas. No entanto, devido à ausência de longas séries de informações pluviográficas, uma técnica alternativa muito empregada é a desagregação da chuva diária em intervalos de menor duração. Esta desagregação é realizada baseada em relações observadas entre as chuvas intensas de diferentes durações. No Brasil essa técnica tem sido muito utilizada, sendo aplicada com base nas relações entre precipitações de diferentes durações apresentadas pela Cetesb (1986), que se baseou no trabalho de Pfafstetter (1957), obtidos com 98 postos pluviográficos do Brasil.

Conforme Back (2014), alguns trabalhos foram realizados gerando as equações IDF para Florianópolis baseadas em dados Pluviográficos, como os trabalhos realizados por Pompêo (2003), Back (2002), Back et al. (2013). Também existem alguns trabalhos que geraram as equações IDF baseadas na desagregação da chuva máxima diária, como Fragoso Junior (2004), Back (2002); Back (2013), sendo que as estimativas de chuvas intensas apresentam diferenças significativas. Essas diferenças são em parte devido ao período de dados utilizados, mas principalmente devido a forma de obtenção da chuva intensa. Back (2014) concluiu da

necessidade de manter as relações IDF atualizadas para a estimativa da chuva intensa. Entre os trabalhos com dados de pluviógrafos, a atualização mais recente continha dados de até o ano de 2005 (Back et al. 2011).

Este trabalho teve como objetivo analisar as relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas bem como estabelecer equações IDF atualizadas para Florianópolis, SC.

## METODOLOGIA

Foram analisados os pluviogramas da Estação Meteorológica de Florianópolis, SC (latitude 27°35'S, longitude 48°34'W e altitude 1,83 m) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), relativo ao período de 1985 a 2012. Após a digitalização dos pluviogramas foram determinadas as séries de máximas anuais de precipitação com duração de 5 minutos até 1440 minutos.

Foram testadas as distribuições Log-Normal com dois parâmetros, Log-Normal com três parâmetros, distribuição Pearson tipo III, Log-Pearson III e a distribuição de extremos tipo I, com os parâmetros estimados pelo método dos momentos.

Para testar a adequacidade das distribuições empregou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e para escolher a distribuição que melhor se ajustou aos dados observados foi adotado o critério do menor erro padrão de estimativa, conforme sugerido por Kite (1978), calculado como:

$$Ep = \sqrt{\frac{\sum (Xo_i - Xe_i)^2}{n - m}} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

Ep o erro padrão de estimativa de uma dada distribuição de probabilidade;

Xo<sub>i</sub> a precipitação observada no ano i;

Xe<sub>i</sub> a precipitação esperada no ano i;

n o número de elementos na série de máxima anuais;

m o número de parâmetros da distribuição de probabilidade estudada.

A precipitação máxima esperada foi estimada pela distribuição de extremos tipo I, também conhecida por distribuição de Gumbel-Chow, segundo a equação:

$$X = \mu + (Y - \mu_y) \frac{\sigma}{S_y} \quad \text{equação (2)}$$

Sendo:

μ a média dos valores observados de X;

σ o desvio padrão dos valores observados de X;

μ<sub>y</sub> média da variável reduzida;

σ<sub>y</sub> o desvio padrão da variável reduzida Y.

A variável reduzida é calculada por:

$$Y = -\ln \left\{ -\ln \left[ 1 - \left( \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad \text{equação (3)}$$

onde T é período de retorno.

Para cada duração foram estimadas as precipitações máximas com período de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos por meio da distribuição de extremos tipo I (Back, 2013).

Foram estabelecidas as relações entre precipitações intensas de diferentes durações e também foram estimadas as intensidades de chuva por meio das equações IDF é expressa por:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad \text{equação (4)}$$

em que:

i - intensidade média máxima da chuva, em mm/h;

T - Período de retorno, em anos;

t - duração da chuva, em minutos;

K, m, b, n – coeficientes da equação.

O ajuste destes parâmetros foi feito minimizando a soma dos quadrados dos desvios para todas as durações e períodos de retorno considerado, segundo a expressão:

$$S = \sum_{d=1}^n \sum_{T=1}^n (f_{i,d,T} - f_{o,d,T})^2 \quad \text{equação (5)}$$

onde:

$f_{i,d,T}$  é a intensidade estimada para a duração d, e período de retorno T;

$f_{o,d,T}$  é a intensidade observada para a duração d, e período de retorno T.

## RESULTADOS OBTIDOS

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas dos valores observados para cada duração estudada. No período estudado ocorreram dois eventos de grande magnitude totalizando 410,2 e 436,5 mm em 24 horas, respectivamente nos anos de 1991 e 1995. Esses valores extremos contribuíram para os valores mais altos de assimetria observada para as durações maiores.

A aderência da distribuição de extremos tipo I foi comprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 5 % (Kite, 1978).

Para estimar a intensidade das chuvas com duração de até 120 minutos obteve-se a equação:

$$i = \frac{230,8T^{0,1634}}{(t)^{0,3940}} \quad \text{equação (3)}$$

Sendo: i a intensidade da chuva em mm/h;

T o período de retorno em anos; t a duração da chuva em minutos.

O valor de b encontrado foi igual a 0 (zero). Este valor representa uma constante arbitrada para obter por transformação logarítmica retas relacionando a intensidade da precipitação com a duração, sendo que os valores encontrados em outros locais normalmente variam entre 0 e 30 (Tucci, 1993; Fendrisch, 1998).

Para chuva de duração entre 120 minutos e 1440 minutos obteve-se a seguinte equação:

$$i = \frac{471,2T^{0,1735}}{t^{0,5500}} \quad \text{equação (4)}$$

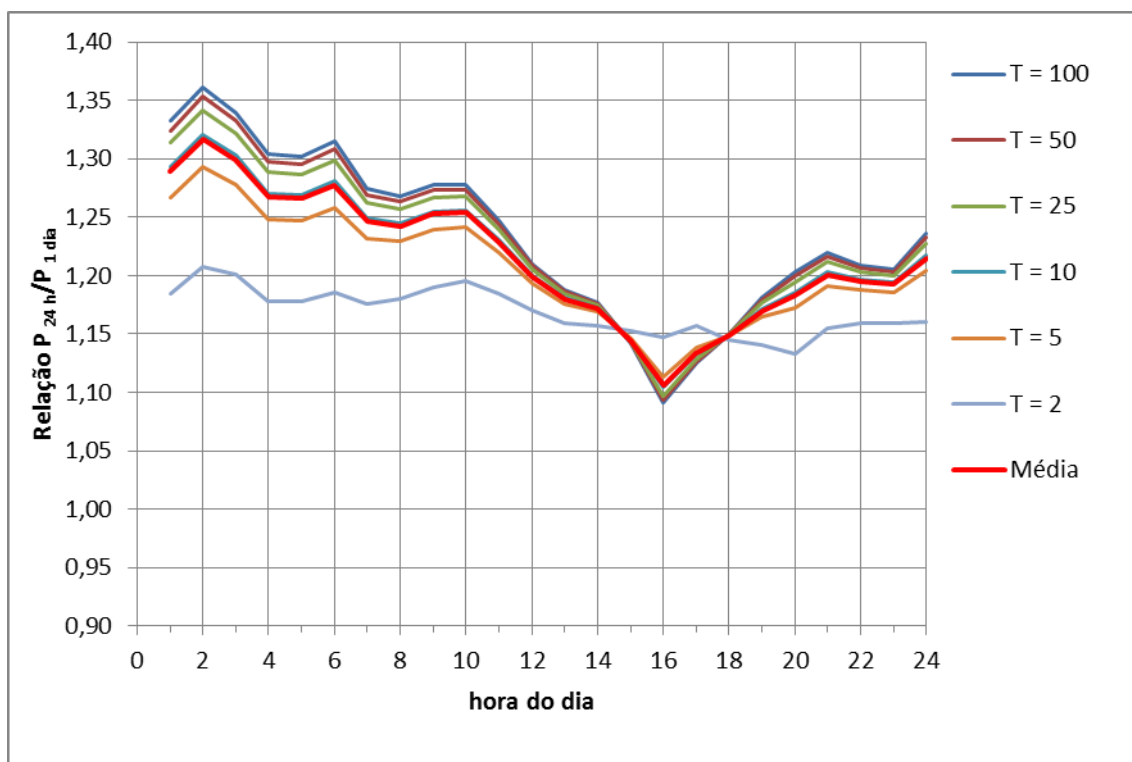
As relações obtidas entre precipitações de diferentes durações (Tabela 1) foram inferiores aquelas recomendadas pela Cetesb (1986), especialmente para durações entre 1 hora e 24 horas, o que pode ser explicado em parte devido ao valor elevado de precipitação máxima em 24 horas.

Vários trabalhos mostram que a proporção entre a chuva máxima em 24 h e a chuva máxima de um dia é praticamente constante e independente do período de retorno. Occhipinti & Santos (1966), utilizando séries de dados de 1928 a 1965 de São Paulo, observaram a relação variando de 1,13 à 1,15, com média de 1,14, sendo este valor indicado pela Cetesb e usado na maioria dos trabalhos com desagregação de chuvas diárias realizados no Brasil. Genovez & Pegoraro (1998), analisando dados de 23 pluviógrafos do Estado de São Paulo, obtiveram valor mínimo de 1,03 e máximo de 1,17, com média de 1,13. Torrico (1974), baseado nas estações usadas por Pfafstetter (1957) propõe o valor 1,10 (1,095). Baseada em dados de vários pluviógrafos do Brasil, a Cetesb (1986) recomendou o valor 1,14. Segundo Froehlich (1993), o U. S. Weather Bureau indicou o valor de 1,13 e Kessler & Raad (1978) recomendaram o valor de 1,10. Weiss (1964), com base em conceitos teóricos de probabilidade, estudou as relações entre precipitações médias obtidas por médias móveis e as precipitações obtidas em intervalos fixos e obteve a relação de 1,143.

**Tabela 1: Relações entre precipitações de diferentes durações de Florianópolis, SC**

Relação entre duração	Dados do pluviôgrafo de Florianópolis 1985-2012								Dados médios do Brasil (Cetesb, 1986)
	T – Período de retorno (anos)								
	100	50	25	20	10	5	2	Média	
5 min/30min	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,35	0,37	0,34
10 min /30 min	0,51	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,53	0,54
15 min /30 min	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,67	0,68	0,66	0,70
20 min /30 min	0,79	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,80	0,81
25 min /30 min	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,90	0,91
30 min /1h	0,59	0,60	0,62	0,62	0,64	0,66	0,71	0,63	0,74
1h/24h	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22	0,25	0,33	0,23	0,42
6h/24h	0,51	0,51	0,52	0,52	0,54	0,56	0,64	0,54	0,72
10h/24h	0,62	0,62	0,63	0,63	0,65	0,67	0,75	0,65	0,82
12h/24h	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,74	0,80	0,73	0,85
24h/1dia	1,23	1,23	1,23	1,22	1,22	1,21	1,17	1,22	1,14

A relação entre a precipitação máxima em 24 horas e a precipitação máxima em um dia normalmente utilizada varia entre 1,10 e 1,14 (Kessler e Raad, 1978; Cetesb, 1986). A chuva de um dia é sempre medida em um horário fixo, normalmente as 9:00 horas (12:00 horas de Greenwich). Neste estudo foram estudadas as relações entre a chuva máxima em 24 horas e a chuva de um dia contabilizada nas diferentes horas do dia (Figura 1). Ocorre uma variação dessa relação conforme a hora da coleta da precipitação, sendo que os menores valores foram observados para as 16 horas. Essa variação pode ser explicada por serem as precipitações extremas decorrentes de processos convectivos, que por sua natureza tendem a ocorrer mais no período da tarde. A relação de 1,14 é válida para observações feitas as 15:00 hs e 18:00 hs, sendo que fora desse intervalo foram obtidos valores superiores, podendo chegar próximo a 1,5. Para a chuva diária medida as 9:00 hs a relação varia entre 1,16 e 1,26 com valor médio de 1,22. Back(2013), com base em dados de 1984 a 2005, já tinha observado que essa relação variou com o horário, variando de 1,07 até 1,40, com média de 1,24, sendo para a leitura das 09:00 horas obtido a relação 1,28.



**Figura 1: Variação diária da relação entre a precipitação máxima em 24 horas e a precipitação máxima de um dia.**

Avaliando as relações entre precipitações de diferentes durações observa-se um comportamento diferenciado da estação de Florianópolis nas relações entre precipitação de duração de 1 a 12 horas com a precipitação de 24 horas. Na relação entre a precipitação máxima de 1 hora e a precipitação máxima de 24 horas, foi obtido a relação média de 0,23, muito inferior ao valor citado na Cetesb (1986), que é 0,42. Lobo & Magni (1987) apresentam os valores médios obtidos para 11 cidades do Estado de São Paulo, citam a relação média entre a chuva de 1 hora e a de 24 horas como 0,51. Back (2013), analisando os dados de 13 estações de Santa Catarina, ressalta que embora a maioria tenha apresentado relações muito semelhantes às da Cetesb(1986), já havia observado que para Florianópolis essa relação média era de 0,23. Para as relações entre durações de precipitação inferior a uma hora, os valores obtidos neste trabalho foram semelhantes aos citados pela Cetesb (1986).

## CONCLUSÕES

A relação entre precipitação máxima de 24 horas e a precipitação máxima de 1 dia varia de acordo com a hora da leitura e também com o período de retorno, sendo que para as leituras da chuva diária realizada as 09 horas essa relação média é de 1,25.

A relação entre a precipitação com duração de 1 horas e a precipitação de 24 horas observada em Florianópolis apresentou valores significativamente inferiores ao valor indicado pela Cetesb.

As relações entre as precipitações com duração inferior a 30 minutos e a precipitação de 30 minutos observada em Florianópolis apresentaram valores semelhantes aos indicados pela Cetesb.

As equações IDF ajustadas permitem obter estimativa de chuva intensas com duração de 5 minutos a 1440 minutos e período de retorno de 2 a 100 anos para Florianópolis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACK, Á.J. Avaliação de estimativas de chuvas intensas de Florianópolis, SC obtidas por diferentes metodologias. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014. Campo Grande SBEA. p.1-4.
2. BACK, Á.J. Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina (Com programa HidroChuSC para cálculos). Florianópolis: Epagri, 2013, 193p.
3. BACK, Á.J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J.L.R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina State, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.2127 - 2134, 2011.
4. BACK, Á.J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J.L.R. Duration-Frequency relationships of heavy rainfall in Santa Catarina, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1015-1022, 2011.
5. BACK, Á.J. Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, Boletim Técnico 123, 65p. 2002.
6. BACK, Á.J. Relação Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas intensas de Florianópolis, SC. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.5, p.126 - 132, 2000.
7. BELL, F.G. Generalized rainfall-duration-frequency relationships. Journal of Hydraulics Division-ASCE, v.95, p311-327, 1969.
8. CETESB. Drenagem urbana – manual de projeto. 3ª ed. São Paulo. 1986. 464 p.
9. ELTZ, F. L.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E.A. *Período de retorno de chuvas em Santa Maria*, RS. R. Bra. Ci. Solo, Campinas, 16:265-269, 1992.
10. FENDRISCH, R; *Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná*. Curitiba: Champagnat. 1998. 99p.
11. FRAGOSO JR, C.R. Regionalização da vazão máxima instantânea com base na precipitação de projeto. ReRH, IPH/UFRGS, v1, p.5-13, 2004
12. KESSLER, J; RAAD, S. J. Análise de dados pluviométricos. In: INTERNATIONAL FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT. *Principios y aplicaciones del drenaje*. Wageningen, 1978. p16-57 ( Publication 16, v.3 ).
13. KITE, G. W. Frequency and risk analyses in Hydrology. Water Resources publications. Colorado. 1978. 224 p.
14. PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil: Relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro: DNOCS, 1957. 419p

15. TUCCI, C. E. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre. Editora da Universidade. 1993. 943p