

Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina

Álvaro Jose Back

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Engenharia, professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga, ajb@epagri.sc.gov.br

Anderson Vendelino Bonetti

Engenheiro Agrimensor, avbonetti@gmail.com

Recebido: 04/04/14 - revisado: 15/05/14 - aceito: 30/06/14

RESUMO

A chuva de projeto para instalações de águas pluviais pode ser estabelecida com base na análise de séries pluviográficas observadas no local do projeto, em locais sem essas informações a NBR 10844 indica o valor de 150 mm.h⁻¹. Este trabalho teve como objetivo determinar a intensidade da chuva para ser usada em projetos de instalações prediais de águas pluviais no Estado de Santa Catarina. Foram usados os dados pluviométricos diários de 147 estações pluviométricas de Santa Catarina. Para cada estação foi ajustada a equação IDF e estimada a intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 1, 5 e 25 anos. A intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos variou de 127,7 mm.h⁻¹ a 266,5 mm.h⁻¹. A intensidade média das estações foi de 163,2 mm.h⁻¹, para o intervalo de confiança de 95%, nas quais a variação ficou compreendida entre 158,9 a 167,4 mm.h⁻¹. Também se observa que 82,8 % das estações apresentaram intensidade superior a 150 mm.h⁻¹. Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de utilizar dados locais nos projetos de drenagem e a importância da atualização dos estudos de chuvas intensas.

Palavras Chave: *Chuva intensa. Drenagem pluvial. Precipitação.*

INTRODUÇÃO

Nos projetos de instalações prediais de drenagem de águas pluviais o dimensionamento das estruturas de captação e condução de água da chuva, como calhas, condutores verticais e condutores horizontais, deve ser baseado nos dados de precipitação máxima do local.

A chuva é um fenômeno natural que apresenta grande variabilidade temporal e espacial, necessitando sua caracterização em termos de duração e frequência. A metodologia usada para estimar a vazão máxima nos projetos de drenagem pluvial, geralmente é baseada na fórmula racional, que considera a duração da chuva igual ao tempo de concentração, que no caso de telhados dificilmente essa duração ultrapassa dois a três minutos. A NBR 10844 (ABNT, 1989) fixa a duração da precipitação como sendo de cinco minutos para qualquer instalação predial. Esse valor pode ser justificado pelo fato de ser o menor intervalo em que os pluviogramas convencionais podem ser lidos com precisão adequada. No entanto, como a intensidade da chuva máxima varia inversamente com a duração, a adoção da duração de 5 minutos, implica em adotar a intensidade da chuva inferior à real.

A frequência da chuva é caracterizada pelo período de retorno de uma determinada altura (mm) de precipitação, definido como número médio em anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada pelo menos uma vez (ABNT, 1989). Quanto maior o período de retorno, menor é a probabilidade de o evento ser superado, porém maior o valor da intensidade da chuva, e, conseqüentemente, maior a vazão do projeto e

maiores serão os custos do sistema de drenagem pluvial. A NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda três níveis de risco, segundo a natureza da área a ser drenada. O período de retorno de 1 ano ($T = 1$) para áreas pavimentadas, nas quais podem ser tolerados empoçamentos, como pátios de estacionamento de veículos, áreas de circulação restrita, calçadas; Período de retorno de 5 anos ($T = 5$) para áreas com cobertura; e, período de retorno de 25 anos ($T = 25$) para coberturas e áreas nas quais não podem ser tolerados empoçamentos ou extravasamentos.

A obtenção da chuva de projeto deve ser realizada com base em dados pluviométricos da localidade onde se situa o projeto. Devido à falta de dados muitas vezes, utiliza-se informações de locais próximos ou com regime hidrológico semelhante. No Brasil ainda existem poucas informações sobre chuvas intensas. Muitos trabalhos, inclusive na NBR 10844 (1989), trazem informações de chuva baseadas no trabalho de Pfafstetter (1957), em que são apresentadas intensidade de chuva de 98 postos pluviográficos para o Brasil, muitos dos quais com pequenas séries de dados. Para o caso de construções com área de projeção horizontal de até 100 m² tem sido recomendada a intensidade pluviométrica de 150 mm.h⁻¹.

Atualmente existem várias estações com séries de dados pluviométricos superior a 25 anos, que podem ser usados para estimativa de chuvas intensas. Segundo Bazzano et al. (2010), eficientes dimensionamentos de obras hidráulicas podem se realizar quando são considerados aspectos de risco e frequência de chuva, que podem ser expressas por meio das relações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas. Nesse sentido se procura ajustar, para os locais com registros pluviográficos,

as equações de chuvas intensas, também chamadas equações IDF, destacando-se os trabalhos de Fendrich (1998), Costa e Brito (1999), Oliveira et al. (2000), Silva et al. (2002), Soprani e Reis (2007) e Back et al. (2011).

As relações IDF são obtidas por meio de análises de estatística de longas séries de dados observados em pluviógrafos. No Brasil existe relativa facilidade para a obtenção de dados de chuva de duração diária, porém dados de chuvas de menor duração são limitados devido à escassez e falta de disponibilidade de equipamentos registradores e imprecisão de registros de dados. Vários autores, como Assad et al. (1992), Wadt (2003), Ferreira et al. (2005), Lima et al. (2005), Oliveira et al. (2008) e Back (2009) relatam a dificuldade de obtenção de longas séries de dados de precipitação, principalmente de registros pluviográficos. Cecílio e Pruski (2003) destacam ainda que a metodologia para determinar as relações IDF de chuvas exige exaustivo trabalho para tabulação, análise e interpretação de uma grande quantidade de pluviogramas. Algumas metodologias foram desenvolvidas para obtenção das chuvas de menor duração, a partir dos dados pluviométricos diários. Torrico (1975) desenvolveu a metodologia das isozonas, que pode ser aplicada em todo o território nacional. Dentre os métodos mais usados, destacam-se aqueles que se baseiam nas relações entre precipitações de diferentes durações para desagregar a chuva máxima diária em chuvas com durações inferiores. Trata-se de um método com a vantagem de ser de uso simples, de fornecer resultados satisfatórios e com grande similaridade para diferentes locais, o que lhe outorga validade regional. A Cetesb (1986) apresenta as relações entre precipitações de diferentes durações obtidas com base no trabalho de Pfafstetter (1957) com validade para o Brasil.

De acordo com Cetesb (1986), se as únicas informações disponíveis são as chuvas de 1 dia de duração, observadas em postos pluviométricos, pode-se avaliar a chuva de 24 horas de determinada frequência e a partir dessa as chuvas de menor duração com a mesma frequência, utilizando-se das relações entre chuvas de diferentes durações. Para a obtenção dessas chuvas, normalmente se utilizam as séries de máximas anuais observadas por um período superior a dez anos e ajustam-se distribuições teóricas de probabilidade para estimar a chuva máxima com determinado período de retorno ou probabilidade de ser igualada ou superada. Para chuvas intensas existem vários trabalhos mostrando que a distribuição de Gumbel se ajusta bem e por isso tem sido largamente empregada e para a sua aplicação é indispensável ter uma série de máximos valores anuais (KITE, 1978; BACK, 2001).

Este trabalho teve como objetivo determinar a intensidade da chuva para ser usada em projeto de instalações prediais de águas pluviais no Estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados os dados diários dos pluviômetros da rede de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2009) e também dados dos pluviômetros das estações meteorológicas da Epagri (Tabela 1). Adotou-se o critério de utilizar as estações com uma série mínima com 25

anos de dados, sendo selecionadas 147 estações, das quais 135 são estações da ANA e 12 estações são da Epagri.

Para cada estação foi determinada a série de máximas anuais de chuva diária em que os anos com falha nos dados foram excluídos da série de máximas. Na Tabela 1 consta ainda o ano inicial e final bem como o número de anos do período de dados efetivamente utilizado.

Foram calculadas as chuvas máximas com período de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos, usando a distribuição de Gumbel-Chow, conforme:

$$P_T = \bar{x} + (Y - Y_n) \frac{S}{S_n} \quad (1)$$

em que:

- P_T - precipitação máxima com período de retorno T anos, mm;
- \bar{x} - média da série de máximas anuais, mm;
- S - desvio padrão da série de máximas anuais, mm;
- Y_n - média da variável reduzida;
- S_n - desvio padrão da variável reduzida; e
- Y - variável reduzida calculada por:

$$Y = -h \left\{ -h \left[1 - \left(\frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

em que: T é o período de retorno (anos).

A aderência das séries de máximas anuais à distribuição da Gumbel-Chow foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com significância de 5%, conforme indicado por Kite (1978).

A partir da chuva máxima diária foram estimadas as chuvas com duração de 24 horas usando a relação 1,14 conforme recomendação da Cetesb (1986). Para a obtenção das alturas de chuvas com durações inferiores a 24 horas foram usadas as relações entre precipitações recomendadas pela Cetesb (1986). As alturas pluviométricas (mm) foram transformadas em intensidade (mm.h^{-1}). Back (2006), Back (2010) e Back et al. (2012) mostraram que as relações entre precipitações de diferentes durações observadas em estações pluviográficas de Santa Catarina se aproximam das relações recomendadas pela Cetesb. Também Back et al. (2012) concluíram que a desagregação da chuva máxima diária é uma alternativa viável para obtenção das intensidades de chuva em durações inferiores a 1 dia. Para cada estação foi ajustada a equação de chuvas intensas válidas para duração de 5 minutos a 120 minutos, na forma:

$$i = \frac{KT^m}{(t + b)^n} \quad (3)$$

em que:

- i - intensidade da chuva (mm.h^{-1});
- K, m, b, n - coeficientes empíricos;
- T - período de retorno (anos); e
- t - duração da chuva (minutos).

Tabela 1 - Estações pluviométricas usadas.

Estação			Período de dados			Estação			Período de dados		
Nº	Código	Município	Inicial	Final	N	Nº	Código	Município	Inicial	Final	N
1	02648001	Ilhota	1928	2004	69	60	02653005	S. José do Cedro	1973	2011	38
2	02648002	Luiz Alves	1941	2005	60	61	02653007	Saudades	1975	2011	56
3	02648005	Joinville	1953	1989	35	62	02653013	Palma Sola	1977	2011	32
4	02648008	Itajaí	1969	1989	21	63	02748000	Brusque	1941	2011	61
5	02648014	Joinville	1940	2011	60	64	02748001	Major Gercino	1946	2011	66
6	02648019	Piçarras	1977	2009	32	65	02748002	Nova Trento	1946	2006	61
7	02648020	Araquari	1977	2011	33	66	02748003	Angelina	1946	2011	66
8	02648027	Garuva	1977	2011	34	67	02748005	S. A. da Imp.	1951	1992	42
9	02648028	Araquari	1978	2011	30	68	02748006	Florianópolis	1951	1989	33
10	02648033	Joinville	1988	2011	23	69	02748016	Antônio Carlos	1977	2011	35
11	02648034	Joinville	1987	2011	23	70	02748017	Paulo Lopes	1977	2011	35
12	02649001	Indaial	1982	2011	28	71	02748018	São Bonifácio	1977	2011	35
13	02649002	Pomerode	1930	2011	81	72	02748019	Gov. C. Ramos	1977	2011	35
14	02649003	Benedito Novo	1941	2011	66	73	02749000	Apiuna	1941	2011	71
15	02649004	Timbó	1929	2011	91	74	02749001	Ibirama	1934	2011	77
16	02649005	Indaial	1941	2011	64	75	02749002	Ituporanga	1941	2011	69
17	02649007	Blumenau	1945	2011	62	76	02749003	Taió	1930	2011	79
18	02649008	Rio dos Cedros	1942	2009	68	77	02749005	Ibirama	1941	2011	71
19	02649009	Blumenau	1941	2005	65	78	02749006	Pouso Redondo	1941	2011	71
20	02649010	Blumenau	1941	2008	67	79	02749007	Alfredo Wagner	1941	2011	70
21	02649012	Jaraguá do Sul	1962	2006	45	80	02749012	Anitápolis	1946	2011	66
22	02649013	Corupá	1946	2011	65	81	02749013	Tromb. Central	1946	2011	66
23	02649016	Mafra	1951	2009	55	82	02749015	Major Gercino	1956	2011	51
24	02649017	Benedito Novo	1954	2009	55	83	02749016	Apiuna	1957	2011	51
25	02649030	Rio dos Cedros	1951	1994	43	84	02749017	Ituporanga	1971	2011	40
26	02649032	Rio dos Cedros	1945	1993	40	85	02749020	Ran. Queimado	1977	2011	34
27	02649053	Witmarsum	1977	2006	29	86	02749027	Anitápolis	1973	2011	38
28	02649054	Itaiópolis	1977	2011	34	87	02749031	Lages	1959	2011	49
29	02649055	Rio Negrinho	1977	2011	35	88	02749033	Vidal Ramos	1977	2011	34
30	02649056	Itaiópolis	1977	2011	33	89	02749034	Leoberto Leal	1977	2011	35
31	02649057	Campo Alegre	1977	2011	35	90	02749035	Lages	1977	2011	32
32	02649058	Vitor Meireles	1977	2011	33	91	02749037	Alfredo Wagner	1977	2011	31
33	02649060	Joinville	1982	2011	28	92	02749039	Rio do Sul	1979	2011	32
34	02649064	Corupá	1985	2011	26	93	02749041	Agrolândia	1983	2011	29
35	02650000	Major Vieira	1956	2000	45	94	02749045	Botuverá	1987	2011	25
36	02650003	Canoinhas	1940	1994	52	95	02750001	C. Belo do Sul	1970	2011	39
37	02650008	Porto União	1975	2011	36	96	02750007	Lages	1959	2011	51
38	02650015	Monte Castelo	1977	2008	34	97	02750008	S. José do Cer.	1962	2011	48
39	02650016	Santa Cecília	1977	2011	34	98	02750009	Curitibanos	1959	2011	51
40	02650018	Canoinhas	1977	2011	35	99	02750010	Curitibanos	1960	2011	50
41	02650019	Lebon Regis	1977	2005	27	100	02750011	Ponte alta	1962	2005	39
42	02650022	Papanduva	1983	2011	28	101	02750012	Curitibanos	1962	2011	47
43	02650023	Papanduva	1985	2011	25	102	02750013	Santa Cecília	1962	2005	42
44	02650024	Timbó Grande	1987	2011	25	103	02750014	Taió	1967	2011	39
45	02650014	Rio do Campo	1977	2005	29	104	02750020	S. José do Cerrito	1977	2011	33
46	02651001	Vargem Bonita	1944	2011	65	105	02750021	Taió	1985	2011	27
47	02651022	Passos Maia	1974	2005	30	106	02751001	Anita Garibaldi	1965	2011	43
48	02651036	Macieira	1977	2011	33	107	02751004	Joaçaba	1944	2011	59
49	02651040	Ponte Serrada	1977	2011	34	108	02751011	Irani	1977	2011	29
50	02651044	Matos Costa	1980	2007	28	109	02751012	Capinzal	1977	2011	33
51	02652000	Abelardo Luz	1958	2011	52	110	02752005	Concórdia	1969	2011	36
52	02652001	Ipumirim	1970	2011	39	111	02753006	Palmitos	1960	2011	50
53	02652002	São Domingos	1973	2011	36	112	02753013	Mondaí	1977	2011	33
54	02652021	Jardinópolis	1977	2011	33	113	02848000	Armazém	1946	2011	64
55	02652031	S. Lour.do Oeste	1977	2011	32	114	02848006	São Martinho	1977	2011	34
56	02653001	Campo Erê	1970	2011	36	115	02848007	Imbituba	1977	2011	34
57	02653002	Dion. Cerqueira	1973	2011	35	116	02848009	São Martinho	1987	2011	25
58	02653003	Modelo	1975	2011	35	117	02849000	Tubarão	1940	2011	70
59	02653004	Romelândia	1970	2011	41	118	02849001	Orleans	1940	2011	68

Continua...

Tabela 1 - continuação...

N°	Estação		Período de dados		
	Código	Município	Inicial	Final	N
119	02849002	São Ludgero	1940	2011	66
120	02849004	Araranguá	1948	2011	62
121	02849006	Forquilha	1946	2001	51
122	02849008	Grão Pará	1946	2011	66
123	02849009	B. Jard. da Serra	1970	2011	39
124	02849011	Urussanga	1949	2010	62
125	02849019	Timbé do Sul	1977	2011	34
126	02849020	Jaguaruna	1977	2011	35
127	02849021	Urubici	1977	2011	32
128	02849022	Içara	1978	2011	32
129	02849023	B. Jard. da Serra	1977	2011	33
130	02849024	Meleiro	1978	2011	33
131	02849027	Tubarão	1987	2011	25
132	02849030	Braço do Norte	1987	2011	25
133	02850004	Lages	1959	2011	47
134	02949001	Praia Grande	1977	2011	34
135	02949003	Sombrio	1977	2011	33
136	*	Caçador	1961	2011	44
137	*	Campos novos	1969	2011	40
138	*	Chapecó	1973	2011	38
139	*	Florianópolis	1969	2009	41
140	*	Itajaí	1987	2011	25
141	*	Itapiranga	1987	2011	25
142	*	Ituporanga	1987	2011	25
143	*	Lages	1961	2011	45
144	*	Laguna	1961	1988	26
145	*	Ponte Serrada	1987	2011	25
146	*	São Joaquim	1961	2011	48
147	*	Videira	1987	2011	25

*-Estação da Epagri

O ajuste dos coeficientes foi realizado minimizando-se a função S, dada por:

$$S = \sum_{t=1}^k \sum_{T=1}^J (G_T^t - i_T^t)^2 \quad (4)$$

em que:

- S - somatório dos quadrados dos desvios (mm²);
- t - duração da chuva (minutos);
- k = número de intervalos de duração da chuva utilizados;
- T - período de retorno (anos);
- J - número de períodos de retorno utilizados (de 1 a 7);
- G - intensidade da precipitação com duração de i minutos e período de retorno de T anos, obtida pela desagregação da chuva máxima diária (mm.h⁻¹); e
- i - intensidade da chuva duração t minutos e período de retorno de T anos, estimada pela equação IDF (mm.h⁻¹).

Com as equações ajustadas foram calculados os valores de intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 1, 5 e 25 anos. Os valores obtidos foram espacializados com o programa ArcGIS por meio de interpolação

matemática utilizando o método de *krigagem* ordinária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as estações constatou-se que os valores da estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov ($D_{\text{máximo}}$) foram inferiores aos valores críticos ($D_{\text{crítico}}$) ao nível de significância de 5%, indicando que a distribuição de Gumbel-Chow pode ser usada para a estimativa das chuvas máximas com duração de 1 dia.

Na Tabela 2 constam os valores dos coeficientes da equação IDF (equação 3) ajustada para cada estação, bem como os valores estimados da intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 1, 5 e 25 anos. Com os coeficientes das equações IDF ajustados pode-se estimar a intensidade máxima da chuva para qualquer duração entre 5 a 120 minutos. Nesta faixa de duração atendem-se as necessidades dos projetos para drenagem urbana. Para o caso específico de drenagem pluvial, a duração da chuva é de 5 minutos e os períodos de retorno indicados são de 1, 5 ou 25 anos.

A intensidade máxima da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 1 ano variou de 92,7 mm.h⁻¹ a 183,3 mm.h⁻¹. Na média das estações do Estado de Santa Catarina a intensidade da chuva é de 122,1 mm.h⁻¹ (com intervalo de confiança de 95 % variando de 119,2 a 125,0 mm.h⁻¹).

Para o período de retorno de 5 anos, observa-se que a intensidade variou de 127,7 mm a 266,5 mm, com média de 163,2 mm.h⁻¹. O intervalo de confiança de 95% para a média vai de 158,9 a 167,4 mm, significativamente superior ao valor de intensidade de 150 mm.h⁻¹ indicado na NBR 10844. Também, observa-se que 82,8 % das estações apresentaram intensidade superior a 150 mm.h⁻¹. O terceiro quartil (Q3) indica que 25 % das estações apresentaram intensidade da chuva máxima com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos superior a 177,1 mm.h⁻¹ (Tabela 3).

Esses dados mostram a necessidade de utilizar dados locais nos projetos de drenagem. Entre as 98 estações usadas por Pfafstetter (1957), três estavam localizadas em Santa Catarina. Para a estação de Blumenau, com base em 15 anos de dados, a NBR 10844 indica as intensidades de chuva de 120 mm.h⁻¹, 125 mm.h⁻¹ e 152 mm.h⁻¹ respectivamente, para os períodos de retorno de 1, 5, e 25 anos. Observa-se que em Blumenau, SC existem três estações (n° 17, 19 e 20) com mais de 60 anos de dados pluviométricos, das quais obtiveram-se estimativas de chuva significativamente superiores, com valores da intensidade da chuva com período de retorno de 5 anos variando de 155,9 a 168,6mm.h⁻¹. No caso de Florianópolis as diferenças são ainda mais expressivas. A NBR 10844 indica para período de retorno de 5 anos e duração de 5 minutos a intensidade de 120 mm.h⁻¹, enquanto neste trabalho a estação 139 indica a intensidade de 266,5 mm.h⁻¹. Também Pompeu (1992) & Back (2000) analisando dados de pluviógrafos obtiveram intensidades máxima superiores à 120 mm.h⁻¹.

Na Figura 1 pode-se observa a variação espacial da intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos, onde 72 % da área do Estado de Santa

Tabela 2 - Coeficientes da equação IDF e intensidades máximas de chuva estimadas para as estações pluviométricas de Santa Catarina

Nº	Equação IDF				Intensidade (mm.h ⁻¹)			Nº	Equação IDF				Intensidade (mm.h ⁻¹)		
	K	m	b	n	T=1	T=5	T=25		K	m	b	n	T=1	T=5	T=25
1	674,5	0,167	8,9	0,699	107,0	140,0	183,2	60	925,3	0,172	8,9	0,699	146,9	193,7	255,5
2	853,5	0,190	8,9	0,699	135,4	183,8	249,6	61	852,4	0,174	9,0	0,700	134,7	178,3	235,9
3	935,6	0,182	8,9	0,699	148,5	199,0	266,8	62	904,2	0,151	8,9	0,698	144,0	183,6	234,1
4	919,6	0,177	8,9	0,699	145,9	194,0	258,0	63	725,9	0,186	9,0	0,700	114,7	154,7	208,7
5	699,7	0,224	9,0	0,700	110,5	158,4	227,2	64	728,0	0,211	9,0	0,700	115,0	161,5	226,8
6	846,2	0,209	8,9	0,699	134,2	187,9	263,0	65	687,4	0,245	9,0	0,701	108,2	160,5	238,1
7	860,4	0,233	9,0	0,701	135,3	196,8	286,4	66	702,0	0,181	8,9	0,698	111,9	149,7	200,3
8	1150,4	0,162	8,9	0,698	183,3	238,0	308,8	67	866,3	0,205	9,2	0,705	133,6	185,8	258,4
9	887,6	0,199	8,9	0,699	140,7	193,9	267,0	68	861,1	0,195	8,9	0,699	136,6	187,0	255,9
10	976,0	0,209	8,9	0,699	154,9	216,8	303,5	69	944,9	0,192	8,9	0,699	149,9	204,2	278,1
11	1145,4	0,188	8,9	0,699	181,9	246,1	333,1	70	1142,8	0,204	8,9	0,698	182,0	252,8	351,0
12	733,7	0,185	8,9	0,699	116,4	156,8	211,2	71	842,6	0,191	8,9	0,699	133,7	181,9	247,3
13	776,1	0,184	9,0	0,700	122,7	164,9	221,8	72	802,6	0,232	9,0	0,700	126,8	184,3	267,7
14	654,8	0,163	8,9	0,698	104,4	135,7	176,3	73	666,6	0,161	9,0	0,700	105,3	136,5	176,8
15	727,3	0,175	9,0	0,700	114,8	152,2	201,7	74	625,6	0,171	8,9	0,698	99,7	131,3	172,9
16	677,9	0,197	8,9	0,698	108,0	148,3	203,7	75	642,4	0,173	9,0	0,700	101,4	134,0	177,0
17	782,4	0,193	9,0	0,700	123,6	168,6	230,0	76	692,9	0,164	9,0	0,700	109,4	142,4	185,5
18	803,2	0,206	8,9	0,698	128,0	178,3	248,4	77	629,8	0,172	9,0	0,700	99,5	131,2	173,1
19	748,3	0,172	9,0	0,700	118,2	155,9	205,6	78	631,5	0,155	8,9	0,698	100,6	129,2	165,8
20	769,5	0,183	9,0	0,700	121,6	163,3	219,2	79	659,7	0,169	9,0	0,701	103,8	136,2	178,8
21	836,3	0,186	9,0	0,700	132,2	178,3	240,5	80	759,5	0,180	9,0	0,700	119,9	160,2	214,1
22	733,5	0,164	9,0	0,700	115,9	151,0	196,6	81	644,3	0,165	9,0	0,701	101,5	132,3	172,6
23	653,2	0,177	9,0	0,701	102,8	136,7	181,8	82	719,7	0,169	9,0	0,700	113,7	149,3	196,0
24	671,0	0,202	9,0	0,701	105,6	146,2	202,3	83	655,8	0,165	8,9	0,698	104,5	136,3	177,8
25	781,8	0,178	9,0	0,700	123,5	164,5	219,0	84	673,1	0,172	9,0	0,701	105,9	139,7	184,3
26	783,8	0,178	9,0	0,700	123,9	165,0	219,7	85	899,8	0,188	8,9	0,698	143,3	194,0	262,5
27	715,0	0,162	9,0	0,700	113,0	146,6	190,3	86	809,5	0,165	8,9	0,698	129,0	168,3	219,4
28	802,1	0,204	8,9	0,700	126,8	176,1	244,6	87	606,6	0,194	8,9	0,698	96,7	132,1	180,5
29	705,7	0,183	8,9	0,699	112,0	150,4	201,8	88	688,5	0,198	9,0	0,701	108,4	149,0	205,0
30	775,9	0,199	9,0	0,700	122,6	168,8	232,6	89	709,3	0,154	8,9	0,698	113,0	144,8	185,6
31	648,0	0,155	9,0	0,700	102,4	131,4	168,6	90	753,1	0,179	9,0	0,700	119,0	158,8	211,8
32	716,8	0,158	9,0	0,700	113,2	145,9	188,2	91	671,6	0,177	9,0	0,701	105,6	140,4	186,7
33	946,2	0,164	8,9	0,698	150,8	196,3	255,6	92	626,2	0,161	8,9	0,698	99,8	129,3	167,6
34	876,4	0,177	8,9	0,699	139,1	184,9	245,9	93	695,4	0,151	8,9	0,700	110,0	140,2	178,8
35	712,1	0,148	9,0	0,700	112,5	142,7	181,1	94	695,7	0,184	8,9	0,698	110,9	149,1	200,5
36	589,6	0,243	9,0	0,701	92,7	137,1	202,7	95	751,9	0,190	9,0	0,700	118,8	161,4	219,1
37	663,7	0,147	9,0	0,701	104,5	132,4	167,7	96	682,1	0,178	9,0	0,701	107,4	143,0	190,5
38	677,9	0,144	9,0	0,701	106,7	134,5	169,6	97	713,7	0,165	9,0	0,701	112,3	146,5	191,1
39	747,3	0,137	9,0	0,700	118,1	147,2	183,5	98	667,9	0,165	9,0	0,701	105,0	137,0	178,6
40	769,4	0,185	9,0	0,700	121,6	163,8	220,6	99	628,6	0,151	8,9	0,698	100,2	127,7	162,9
41	679,6	0,149	9,0	0,700	107,4	136,4	173,4	100	678,5	0,166	9,0	0,700	107,1	139,9	182,8
42	753,8	0,162	9,0	0,700	119,1	154,6	200,7	101	653,4	0,167	9,0	0,701	102,8	134,5	176,0
43	726,7	0,166	9,0	0,700	114,7	149,9	195,8	102	651,6	0,173	9,0	0,701	102,6	135,6	179,1
44	952,5	0,269	8,9	0,698	151,8	234,0	360,8	103	740,0	0,169	8,9	0,698	117,9	154,8	203,2
45	814,5	0,155	9,0	0,700	128,7	165,2	212,0	104	716,3	0,170	9,0	0,700	113,2	148,8	195,6
46	798,9	0,158	8,9	0,698	127,3	164,2	211,7	105	728,1	0,184	9,0	0,700	115,0	154,6	207,9
47	832,2	0,175	8,9	0,700	131,6	174,4	231,1	106	742,8	0,172	9,0	0,700	117,3	154,8	204,1
48	695,4	0,170	9,0	0,701	109,5	144,0	189,3	107	716,2	0,166	8,9	0,698	114,1	149,1	194,8
49	794,2	0,161	8,9	0,699	126,0	163,3	211,6	108	776,4	0,162	9,0	0,700	122,7	159,3	206,7
50	672,2	0,191	9,0	0,701	105,8	143,9	195,7	109	766,2	0,162	9,0	0,700	121,0	157,1	203,9
51	761,0	0,184	9,0	0,700	120,2	161,7	217,4	110	784,5	0,147	9,0	0,700	123,9	157,0	198,9
52	805,5	0,170	8,9	0,699	127,8	168,1	221,0	111	862,2	0,143	8,9	0,699	136,7	172,1	216,6
53	819,4	0,171	8,9	0,698	130,6	172,0	226,4	112	878,9	0,152	8,9	0,699	139,5	178,1	227,5
54	804,0	0,162	8,9	0,700	127,1	165,0	214,2	113	654,5	0,198	9,0	0,701	103,0	141,7	194,8
55	834,0	0,153	8,9	0,699	132,3	169,2	216,5	114	885,9	0,178	8,9	0,698	141,2	188,1	250,5
56	912,9	0,165	8,9	0,697	145,9	190,3	248,2	115	802,6	0,203	9,0	0,700	126,8	175,8	243,7
57	891,3	0,164	8,9	0,698	142,0	185,0	240,8	116	770,6	0,217	9,0	0,700	121,7	172,6	244,8
58	895,6	0,208	8,9	0,699	142,0	198,5	277,4	117	696,5	0,195	9,0	0,701	109,7	150,1	205,5
59	896,6	0,167	8,9	0,699	142,2	186,1	243,5	118	707,7	0,168	9,0	0,700	111,8	146,5	192,0

Continua...

Tabela 2 - continuação...

Nº	Equação IDF				Intensidade (mm.h ⁻¹)			Nº	Equação IDF				Intensidade (mm.h ⁻¹)		
	K	m	b	n	T=1	T=5	T=25		K	m	b	n	T=1	T=5	T=25
119	681,7	0,182	8,9	0,698	108,6	145,6	195,2	133	751,7	0,208	9,0	0,700	118,7	166,0	232,0
120	643,4	0,194	9,0	0,701	101,3	138,4	189,1	134	974,2	0,211	8,9	0,699	154,6	217,1	304,9
121	720,0	0,174	9,0	0,700	113,7	150,5	199,1	135	812,2	0,161	8,9	0,700	128,4	166,4	215,6
122	694,0	0,174	9,0	0,700	109,6	145,1	191,9	136	660,2	0,139	8,9	0,698	105,2	131,6	164,6
123	647,5	0,172	9,0	0,701	101,9	134,4	177,3	137	784,1	0,167	9,0	0,700	123,9	162,1	212,0
124	790,0	0,210	9,0	0,701	124,3	174,4	244,5	138	839,5	0,173	9,0	0,700	132,6	175,1	231,3
125	918,7	0,149	8,9	0,698	146,3	185,9	236,3	139	1168,5	0,238	9,1	0,703	181,7	266,5	390,8
126	758,6	0,193	9,0	0,700	119,8	163,5	223,0	140	932,3	0,217	8,9	0,699	147,9	209,7	297,4
127	659,5	0,167	9,0	0,701	103,9	135,9	177,8	141	883,2	0,163	8,9	0,698	140,8	183,1	238,0
128	722,9	0,175	9,0	0,700	114,2	151,3	200,6	142	702,1	0,157	8,9	0,700	111,0	142,9	184,0
129	740,5	0,159	9,0	0,700	117,0	151,1	195,1	143	722,2	0,177	8,9	0,698	115,1	153,0	203,5
130	804,4	0,170	9,0	0,700	127,1	167,1	219,7	144	879,8	0,233	8,9	0,699	139,6	203,1	295,5
131	889,5	0,201	9,0	0,701	140,0	193,5	267,4	145	829,4	0,165	8,9	0,698	132,2	172,4	224,8
132	690,1	0,173	9,0	0,700	109,0	143,9	190,1	146	723,3	0,188	8,9	0,698	115,3	156,0	211,1
								147	825,4	0,154	9,0	0,700	130,5	167,2	214,2

Tabela 3 - Resumo estatístico das intensidades de chuva (mm.h⁻¹) com duração de 5 minutos

Estatística	T - Período de retorno (anos)		
	T = 1	T = 5	T =25
Média	122,1	163,2	218,3
Limite inferior do IC ₉₅	119,2	158,9	211,7
Limite superior do IC ₉₅	125,0	167,4	224,9
Maior valor	183,3	266,5	390,8
Menor valor	92,7	127,7	162,9
Quartil 1	108,8	144,0	190,2
Quartil 2	118,7	158,4	211,2
Quartil 3	132,2	177,1	238,0

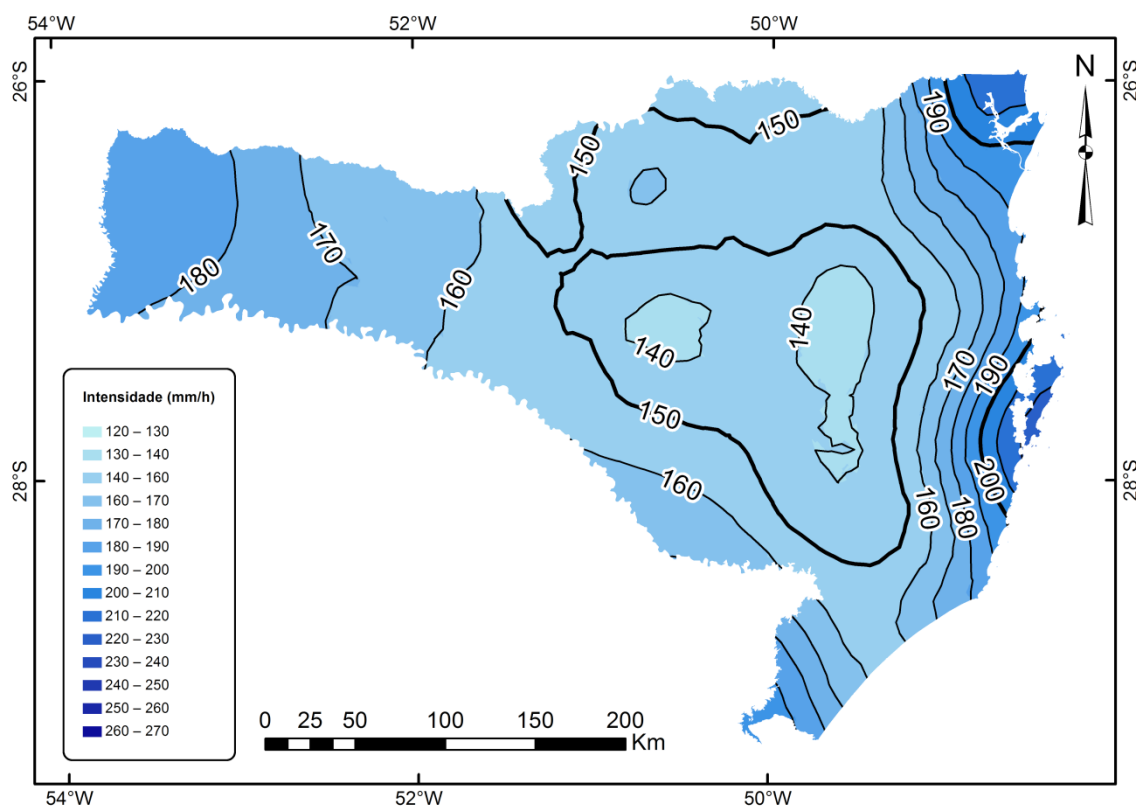


Figura 1 - Intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos para o Estado de Santa Catarina

Catarina apresenta intensidade da chuva superior a 150 mm.h⁻¹. Observa-se que as maiores intensidades de chuva ocorrem na região do Litoral Norte do Estado e no Extremo Oeste e os menores valores no Alto Vale do Itajaí e no Planalto do Estado. Esta variação da intensidade da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos tem distribuição espacial semelhante a distribuição da precipitação média anual. Segundo Monteiro e Furtado (1995) há uma acentuada variação na precipitação pluviométrica dentro do estado de Santa Catarina; em geral, a pluviosidade é menor na planície litorânea e os maiores valores de pluviosidade são observados próximos à encosta da Serra Geral. Assis (1993) destacou que a atuação diferenciada das massas de ar é responsável pelas diferenças no padrão pluviométrico verificadas na região sul e sudeste do Brasil. Monteiro (2001, 2007) afirmam que os diversos sistemas que atuam no Sul do Brasil imprimem, a Santa Catarina, uma dinâmica climática bastante acentuada, com boa distribuição de chuvas no decorrer do ano, tendo em vista que todos os sistemas instáveis são produtores de chuva. As massas de ar tropical continental ocorrem na região Sul e de forma restrita, no verão. Monteiro e Furtado (1995) comentam que o relevo de Santa Catarina contribui fundamentalmente na distribuição diferenciada da precipitação em distintas áreas do Estado, sendo as precipitações mais abundantes nas áreas mais próximas às encostas de montanha, pois a elevação do ar úmido e quente favorece o aumento do volume de precipitações. Neste sentido são observados índices de precipitação maiores nos municípios próximos à encosta da Serra Geral, quando comparados com a zona costeira. Do Planalto ao Oeste do Estado as chuvas também aumentam em valores totais anuais. Minuzzi (2010) também destaca a influência dos eventos El Niño na distribuição das chuvas em Santa Catarina.

Observa-se que as intensidades máximas de chuvas de duração de 5 minutos, diferentemente do que foi observado nos totais anuais, apresentam maiores valores nas áreas próximas ao litoral. Esta observação pode ser justificada pela maior ocorrência de processos convectivos na faixa litorânea, em que as chuvas apresentam grande intensidade e curta duração, assim, eventos máximos anuais oriundos de chuvas convectivas determinam os altos valores de intensidade de chuva, mas não representam contribuição significativa aos totais anuais de chuva.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir que:

1. A chuva máxima com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos em Santa Catarina varia de 127,7 a 266,5 mm.h⁻¹;
2. Os maiores valores de intensidade ocorrem na faixa do Litoral Norte do Estado e no Extremo Oeste, com menores valores na região do Planalto Catarinense e Alto Vale do Itajaí;
3. Com as equações IDF ajustadas pode-se obter a estimativa de chuva para duração entre 5 e 120 minutos e período de retorno de até 100 anos para

as 147 estações de Santa Catarina;

4. A maioria das estações apresentou valores superiores ao valor de 150 mm.h⁻¹ indicado na NBR 10844.

REFERÊNCIAS

- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília, ANA, SGH, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais*. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ASSAD, E. D.; MASUTOMO, R.; ASSAD, M. L. L. Estimativa das precipitações máximas prováveis com duração de 24 horas e de 30 minutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, n. 5, p. 677-686, maio 1992.
- ASSIS, F. N. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas – RS. *Revista Brasileira De Agrometeorologia*, v. 1, n. 1, p. 131-136, 1993.
- BACK, Á. J. Relação Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas intensas de Florianópolis, SC. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 5, p. 126-132, 2000.
- BACK, Á. J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 170-175, mar./apr. 2009.
- BACK, Á. J. Relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 28, n. 4, p. 575-581, out./dez. 2006.
- BACK, Á. J. Relações Intensidade-Duração-Frequências de chuvas intensas de Urussanga, SC. *Irriga*, v. 15, n. 2, p. 119-130, abr./jun. 2010.
- BACK, Á. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 6, n. 2, p. 211-222, 2001.
- 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, n. 6, p. 2127-2134, nov./dez. 2011.
- BACK, Á. J.; OLIVEIRA, J. L. R. & HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 391-398, abr. 2012.
- BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 235-244, 2010.

- CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros de equações de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 501-504, 2003.
- CETESB. *Drenagem urbana* – manual de projeto. 3. ed. São Paulo: Cetesb, 1986.
- COSTA, A. R.; BRITO, V. F. Equações de chuva intensa para Goiás e Sul de Tocantins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD Rom.
- FENDRICH, R. *Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná*. Curitiba: Champagnat, 1998.
- FERREIRA, J. C.; DANIEL, L. A.; TOMAZELA, M. Parâmetros para equações mensais de estimativas de precipitação de intensidade máxima para o Estado de São Paulo – Fase I. *Ciência Agrotécnica*, v. 29, n. 6, p. 1175-1187, 2005.
- KITE, G. W. *Frequency and risk analysis in hydrology*. 3.ed. Fort Collins: Water Resources, 1978.
- LIMA, H. M. F.; MATA, I. P.; LIMA, A. V. F. Aplicação e validação de um simulador estocástico de variáveis climáticas: o caso da precipitação. *Ingeniería del Agua*, v. 12, n. 1, p. 27-37, 2005.
- MINUZZI, R. B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño oscilação sul. *Geosul*, v. 25, n. 50, p. 107-127, jul./dez. 2010.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atua durante o ano. *Geosul*, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- MONTEIRO, M. A. *Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá*. 2007. 224 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. O clima do trecho Florianópolis– Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. *Geosul*, v. 10, n. 19/20, p. 117-133, 1995.
- OLIVEIRA, L. F.; CORTES, F. C.; BARBOSA, F. O. A.; ROMÃO, P. A.; CARVALHO, D. F. Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades de Goiás pelo método da desagregação de chuvas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 30, n. 1, p. 23-27, 2000.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C.; GRIEBELER, N. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 6, p. 620-625, 2008.
- PFAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. Rio de Janeiro: DNOCS, 1957.
- POMPEU, C. A. *Equação de chuvas intensas para Florianópolis*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1992. Disponível em: <http://www.labdren.ufsc.br/drenagem/docs/ChuvasIntensas_para_Florianopolis.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.
- SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 2, p.3 62-367, 2002.
- SOPRANI, M. A.; REIS, J. A. T. Proposição de equações de intensidade-duração-frequência de precipitações para a bacia do rio Benevente, ES. *Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia*, n. 2, p. 18-25, 2007.
- TORRICO, J. J. T. *Práticas hidrológicas*. Rio de Janeiro: Transcon, 1975.
- WADT, P. G. S. *Construção de terraços para controle de erosão pluvial no Estado do Acre*. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. (Documentos, 85).

Design Rainfall for building storm water facilities in the state of Santa Catarina

ABSTRACT

The design rainfall for storm water facilities may be established based on the analysis of rainfall series observed at the project site. In places without this information NBR 10844 indicates the value of 150 mm.h⁻¹. This study aimed to determine the rainfall intensity to be used in designing building facilities for rainfall in the state of Santa Catarina. Daily rainfall data from 147 raingaging stations in Santa Catarina were used. For each station the IDF equation was adjusted and a 5-minute rainfall intensity was estimated with a return period of 1, 5 and 25 years. Rainfall intensity with a 5-minute duration and return period of 5 years ranged from 127.7 mm.h⁻¹ to 266.5 mm.h⁻¹. The average intensity of the stations was 163.2 mm.h⁻¹ with a confidence interval of 95% for a variation from 158.9 to 167.4 mm.h⁻¹. It was also observed that the intensity at 82.8% of the stations was greater than 150 mm.h⁻¹. The results show the need to use local data in drainage projects and the importance of updating studies of heavy rainfall.

Keywords: Heavy rain. Storm drainage. Rainfall