

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Santa Catarina  
Município: Saudades  
Estação Pluviométrica: Saudades  
Código ANA: 02653007

 SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

**Município: Saudades-SC**

**Estação Pluviométrica: Saudades  
Código 02653007**

**PORTO ALEGRE  
2015**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright © 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa  
Porto Alegre - RS - 90.840-030  
Telefone: 0(xx)(51)3406-7300  
Fax: 0(xx)(51) 3233-7772  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Saudades. Estação Pluviométrica: Saudades Código 02653007. Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

14p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – WESCHENFELDER A.B.; PICKBRENNER, K. e PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil**

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Luiz Eduardo Barata

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO  
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**Vice-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Conselheiros**

Ladice Peixoto

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Administração e Finanças**

Eduardo Santa Helena

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

*José Leonardo Silva Andriotti*  
**Superintendente**

*Marcos Alexandre de Freitas*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*João Angelo Toniolo*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Ana Claudia Viero*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Alexandre Goulart*  
**Gerente de Administração e Finanças**

## **PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

### **Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

### **Departamento de Gestão Territorial**

Jorge Pimentel

### **Divisão de Hidrologia Aplicada**

Adriana Dantas Medeiros

Achiles Monteiro (*In memorian*)

### **Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

### **Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Sandra Fernandes da Silva

### **Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico**

Andressa Macêdo Silva de Azambuja-Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias-REFO

Karine Pickbrenner-Sureg/PA

### **Equipe Executora**

Adriana Burin Weschenfelder - Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso - Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli -Sureg/SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos -Sureg/BE

Jean Ricardo do Nascimento – RETE  
Luana Késsia Lucas Alves Martins – SUREG/BH  
Osvalcélío Mercês Furtunato – SURE/AS

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento -Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Betania Rodrigues dos Santos - Sureg/GO

Celina Monteiro - Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva - RETE

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

## APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Saudades onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas anuais da estação pluviométrica de Saudades, código 02653007 operada pela CPRM/ANA. Esta estação está localizada a 800 m da sede do município.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Saudades.

O município de Saudades está localizado no estado de Santa Catarina, a 595 km de Florianópolis, capital do estado. O município possui área de 207 km<sup>2</sup> e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 280 m.

A estação de Saudades, código 02653007, está localizada na Latitude 26°55'44" S e Longitude 53°00'27" W; insere-se oeste da sub-bacia 73 (sub-bacia dos rios Chapecó, Uruguai e outros), mais especificamente na sub-bacia do rio Saudades, um dos afluentes pela margem direita do rio Chapeco que é um dos principais afluentes do rio Uruguai.

A estação pluviométrica localiza-se no município de Saudades, aproximadamente a 800 m da sede do município. Esta estação encontra-se em operação desde 1954 e os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro modelo DNAEE, operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

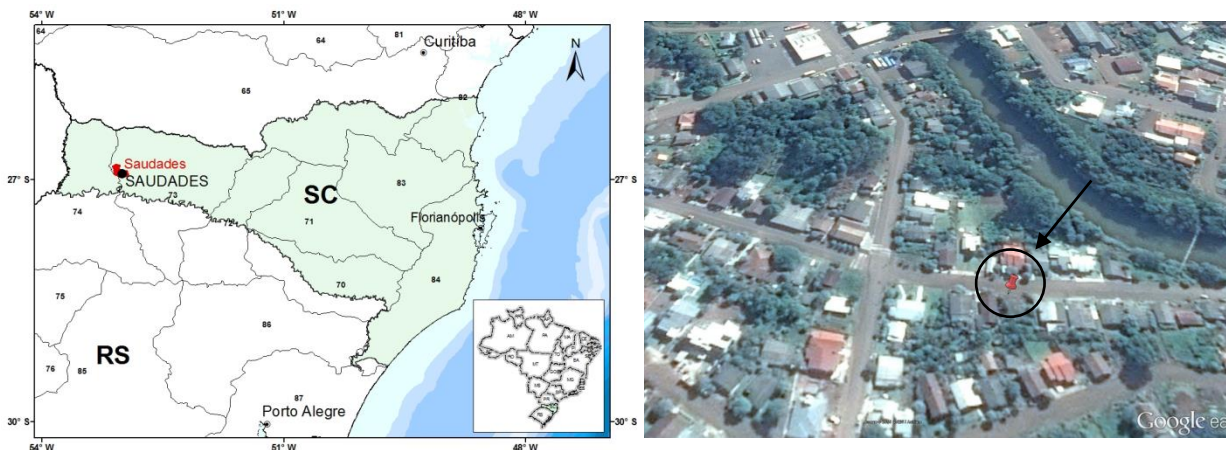


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Saudades código 02653007, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil (01/Jan a 31/Dez), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982), para a estação de Iraí, distante aproximadamente 39 km da estação desagregada Saudades. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



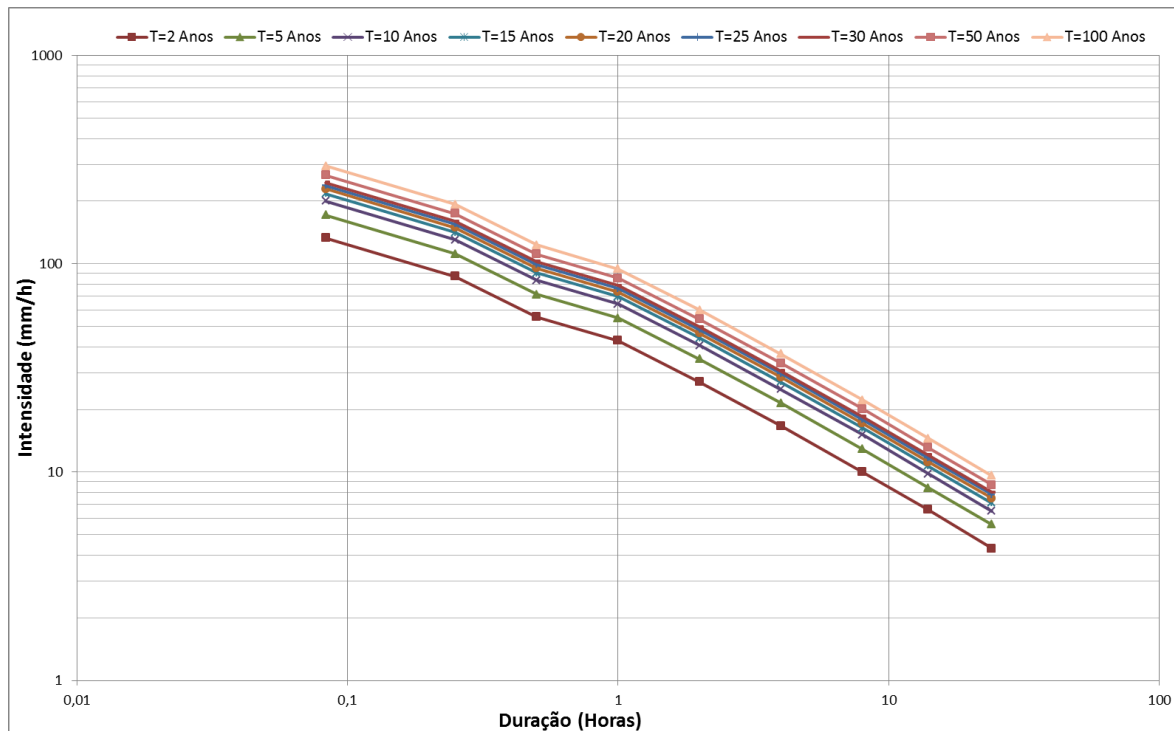


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (01)$$

Onde:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/h)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (minutos)

$a, b, c, d$  são parâmetros da equação

No caso de Saudades os parâmetros da equação os seguintes:

$5\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$

$a = 320,8; b = 0,2034; c = 1,5; d = 0,5213$

$$i = \frac{320,8T^{0,2034}}{(t+1,5)^{0,5213}} \quad (02)$$

$1\text{h} < t \leq 24\text{h}$

$a = 1202,9; b = 0,1850; c = 16,7; d = 0,7780$

$$i = \frac{1202,9T^{0,1850}}{(t+16,7)^{0,7780}} \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

**Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h.**

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	139,2	167,7	193,1	209,7	222,4	232,7	241,5	256,0	267,9	278,1	291,0	302,0	308,5
10 Minutos	103,4	124,6	143,4	155,8	165,2	172,8	179,4	190,2	199,0	206,5	216,1	224,3	229,1
15 Minutos	85,7	103,2	118,8	129,1	136,8	143,2	148,6	157,6	164,9	171,1	179,0	185,8	189,8
20 Minutos	74,6	89,9	103,5	112,4	119,2	124,7	129,4	137,2	143,6	149,0	156,0	161,9	165,4
30 Minutos	61,1	73,7	84,8	92,1	97,7	102,2	106,1	112,5	117,7	122,1	127,8	132,6	135,5
45 Minutos	49,9	60,1	69,2	75,2	79,7	83,4	86,6	91,8	96,1	99,7	104,3	108,3	110,6
1 HORA	43,1	52,0	59,9	65,0	68,9	72,1	74,8	79,4	83,0	86,2	90,2	93,6	95,6
2 HORAS	29,8	35,3	40,1	43,3	45,6	47,6	49,2	51,9	54,1	55,9	58,3	60,3	61,5
3 HORAS	22,5	26,6	30,2	32,6	34,4	35,8	37,1	39,1	40,7	42,1	43,9	45,4	46,3
4 HORAS	18,3	21,6	24,6	26,5	28,0	29,1	30,1	31,8	33,1	34,2	35,7	36,9	37,6
5 HORAS	15,5	18,4	20,9	22,5	23,7	24,7	25,6	27,0	28,1	29,1	30,3	31,4	32,0
6 HORAS	13,5	16,0	18,2	19,7	20,7	21,6	22,4	23,6	24,6	25,4	26,5	27,4	27,9
7 HORAS	12,1	14,3	16,3	17,5	18,5	19,3	19,9	21,0	21,9	22,7	23,6	24,4	24,9
8 HORAS	10,9	12,9	14,7	15,9	16,7	17,4	18,0	19,0	19,8	20,5	21,4	22,1	22,5
12 HORAS	8,0	9,5	10,8	11,7	12,3	12,8	13,3	14,0	14,6	15,1	15,7	16,3	16,6
14 HORAS	7,1	8,5	9,6	10,4	10,9	11,4	11,8	12,4	13,0	13,4	14,0	14,5	14,7
20 HORAS	5,4	6,4	7,3	7,9	8,3	8,7	9,0	9,5	9,9	10,2	10,6	11,0	11,2
24 HORAS	4,7	5,6	6,4	6,9	7,2	7,5	7,8	8,2	8,6	8,9	9,2	9,6	9,8

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11,6	14,0	16,1	17,5	18,5	19,4	20,1	21,3	22,3	23,2	24,2	25,2	25,7
10 Minutos	17,2	20,8	23,9	26,0	27,5	28,8	29,9	31,7	33,2	34,4	36,0	37,4	38,2
15 Minutos	21,4	25,8	29,7	32,3	34,2	35,8	37,1	39,4	41,2	42,8	44,8	46,5	47,5
20 Minutos	24,9	30,0	34,5	37,5	39,7	41,6	43,1	45,7	47,9	49,7	52,0	54,0	55,1
30 Minutos	30,6	36,8	42,4	46,1	48,8	51,1	53,0	56,2	58,8	61,1	63,9	66,3	67,8
45 Minutos	37,4	45,1	51,9	56,4	59,8	62,6	64,9	68,9	72,0	74,8	78,2	81,2	83,0
1 HORA	43,1	52,0	59,9	65,0	68,9	72,1	74,8	79,4	83,0	86,2	90,2	93,6	95,6
2 HORAS	59,6	70,6	80,3	86,5	91,3	95,1	98,4	103,8	108,1	111,8	116,6	120,5	122,9
3 HORAS	67,4	79,8	90,7	97,8	103,1	107,5	111,2	117,3	122,2	126,4	131,7	136,2	138,9
4 HORAS	73,0	86,5	98,3	106,0	111,8	116,5	120,5	127,1	132,5	137,0	142,8	147,7	150,6
5 HORAS	77,5	91,8	104,4	112,5	118,7	123,7	127,9	134,9	140,6	145,4	151,6	156,8	159,8
6 HORAS	81,3	96,3	109,5	118,0	124,4	129,7	134,1	141,5	147,4	152,5	158,9	164,4	167,6
7 HORAS	84,5	100,1	113,8	122,7	129,4	134,9	139,5	147,1	153,3	158,6	165,3	170,9	174,3
8 HORAS	87,4	103,5	117,7	126,9	133,8	139,4	144,2	152,1	158,5	164,0	170,9	176,7	180,2
12 HORAS	96,5	114,3	129,9	140,0	147,7	153,9	159,2	167,9	175,0	181,0	188,6	195,1	198,9
14 HORAS	100,1	118,6	134,8	145,3	153,2	159,7	165,2	174,2	181,5	187,7	195,7	202,4	206,4
20 HORAS	108,8	128,9	146,6	158,0	166,6	173,6	179,6	189,4	197,4	204,1	212,8	220,1	224,4
24 HORAS	113,5	134,5	152,9	164,8	173,8	181,1	187,3	197,6	205,9	213,0	221,9	229,5	234,1

### 3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Exemplo 1: Suponha que em um determinado dia, em Saudades, foi registrada uma Chuva de 40 mm com duração de 15 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 40 mm dividido por 15 minutos é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[ \frac{160(15 + 1,5)^{0,5213}}{320,8} \right]^{1/0,2034} = 43,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 43,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,3%, ou

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{43,2} 100 = 2,3\%$$

Exemplo 2: Em julho de 2015 em Saudades, foi registrada uma Chuva de 176 mm no acumulado de 1 dia, a qual gerou vários transtornos no município. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (05)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 176 mm dividido por 24 h é igual a 7,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[ \frac{7,3(1440 + 16,7)^{0,7780}}{1202,9} \right]^{1/0,1850} = 21,4 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 21,4 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 4,7%, ou

$$P(i \geq 7,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{21} 100 = 4,7\%$$

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. *Estação pluviométrica de Saudades*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 16 de novembro de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 16 de novembro de 2015.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente. *Codificação dos cursos d'água do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: SDS, 2003. 20 mapas.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados– Altura de Chuva diária (mm)

Máximos por ano civil (01/Jan a 31/Dez)

<b>AI</b>	<b>AF</b>	<b>Data</b>	<b>Precipitação Máxima Diária (mm)</b>
1955	1955	10/07/1955	80,0
1956	1956	05/04/1956	185,2
1957	1957	25/04/1957	89,0
1958	1958	16/11/1958	121,4
1959	1959	17/03/1959	98,0
1960	1960	25/10/1960	76,8
1961	1961	13/03/1961	152,6
1962	1962	22/02/1962	84,7
1963	1963	08/11/1963	163,7
1965	1965	01/10/1965	149,8
1966	1966	27/10/1966	80,5
1967	1967	21/08/1967	77,2
1968	1968	28/04/1968	83,2
1969	1969	08/01/1969	102,3
1970	1970	05/05/1970	95,6
1971	1971	16/04/1971	93,4
1972	1972	27/09/1972	81,2
1973	1973	22/06/1973	99,8
1974	1974	21/11/1974	83,2
1975	1975	09/12/1975	92,2
1976	1976	26/01/1976	91,6
1977	1977	06/02/1977	88,2
1978	1978	19/01/1978	75,0
1979	1979	19/11/1979	105,0
1980	1980	28/10/1980	71,2
1981	1981	22/12/1981	101,7
1982	1982	11/06/1982	68,3
1983	1983	27/02/1983	111,2
1984	1984	26/09/1984	73,6
1985	1985	23/03/1985	84,2
1986	1986	16/09/1986	75,1
1987	1987	14/04/1987	117,8
1988	1988	13/04/1988	89,6
1989	1989	07/06/1989	74,2
1990	1990	29/04/1990	122,3
1991	1991	21/06/1991	88,4

1992	1992	29/10/1992	127,2
1993	1993	08/02/1993	78,1
1994	1994	02/07/1994	121,2
1995	1995	05/10/1995	94,5
1996	1996	22/12/1996	78,5
1997	1997	18/02/1997	96,6
1998	1998	14/03/1998	104
1999	1999	17/10/1999	78,5
2000	2000	10/07/2000	79,3
2001	2001	28/09/2001	90,3
2002	2002	09/06/2002	78,5
2003	2003	14/12/2003	92,5
2004	2004	04/07/2004	115,5
2005	2005	16/06/2005	116,5
2006	2006	19/11/2006	108,0
2007	2007	17/05/2007	104,3
2008	2008	30/10/2008	101,1
2009	2009	02/08/2009	106,7
2010	2010	13/12/2010	110,0
2011	2011	22/06/2011	184,0
2012	2012	26/04/2012	83,7
2013	2013	13/04/2013	83,6
2014	2014	01/01/2014	132,0
2015	2015	14/07/2015	176,0

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF por Pfafstetter (1982), para a estação Irai, localizada no município Irai/RS.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,77	0,64	0,52	0,41

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,65	0,51	0,26