

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro
Município: Cardoso Moreira
Estação Pluviométrica: Cardoso Moreira
Código ANA: 02141003

 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: Cardoso Moreira-RJ

**Estação Pluviométrica: Cardoso Moreira
Código: 02141003**

**SÃO PAULO
2015**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de São Paulo

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo - SP - 01.304-010
Telefone: (11) 3775-5101
Fax: (11) 3256-8430
<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: Cardoso Moreira/RJ. Estação Pluviométrica: Cardoso Moreira, Código 02141003. Caluan Rodrigues Capozzoli, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo: CPRM, 2015.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CAPOZZOLI, C.R.; PICKBRENNER, K.; 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

Márcio Pereira Zimmermann

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

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

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 DE SÃO PAULO

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizete Domingues Salvador
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Lauro Gracindo Pizzatto
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcos Evaristo da Silva
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Cássio Roberto da Silva

Divisão de Hidrologia Aplicada

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

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 da Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

Apoio Técnico

Betânia 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 Cardoso Moreira/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Cardoso Moreira, código 02141003.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Cardoso Moreira/RJ.

O município de Cardoso Moreira está localizado no estado do Rio de Janeiro, na sub-bacia do rio Paraíba do Sul, distante em torno de 330 km da capital do Estado, Rio de Janeiro. O município faz fronteira com os municípios de Campos dos Goytacazes, Italva e São Fidélis. O município de Cardoso Moreira possui uma área de aproximadamente 524 km², sua sede localiza-se a uma altitude aproximada de 30 metros e possui uma população de 12.600 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Cardoso Moreira, código 02141003, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 21°29'31"S e Longitude 41°36'49"O, a uma distância aproximada de 14 km da sede municipal de Cardoso Moreira. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1939, sendo operada pela CPRM. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo padrão DNAEE.

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

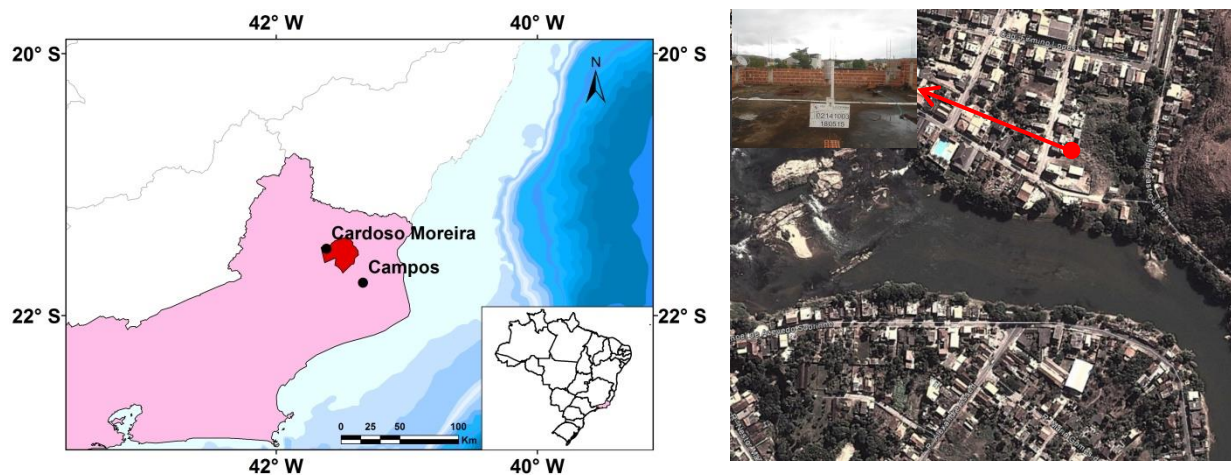


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

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 Cardoso Moreira, código 02141003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico 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 cidade de Campos dos Goytacazes, distante aproximadamente 40 km do município de Cardoso Moreira. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

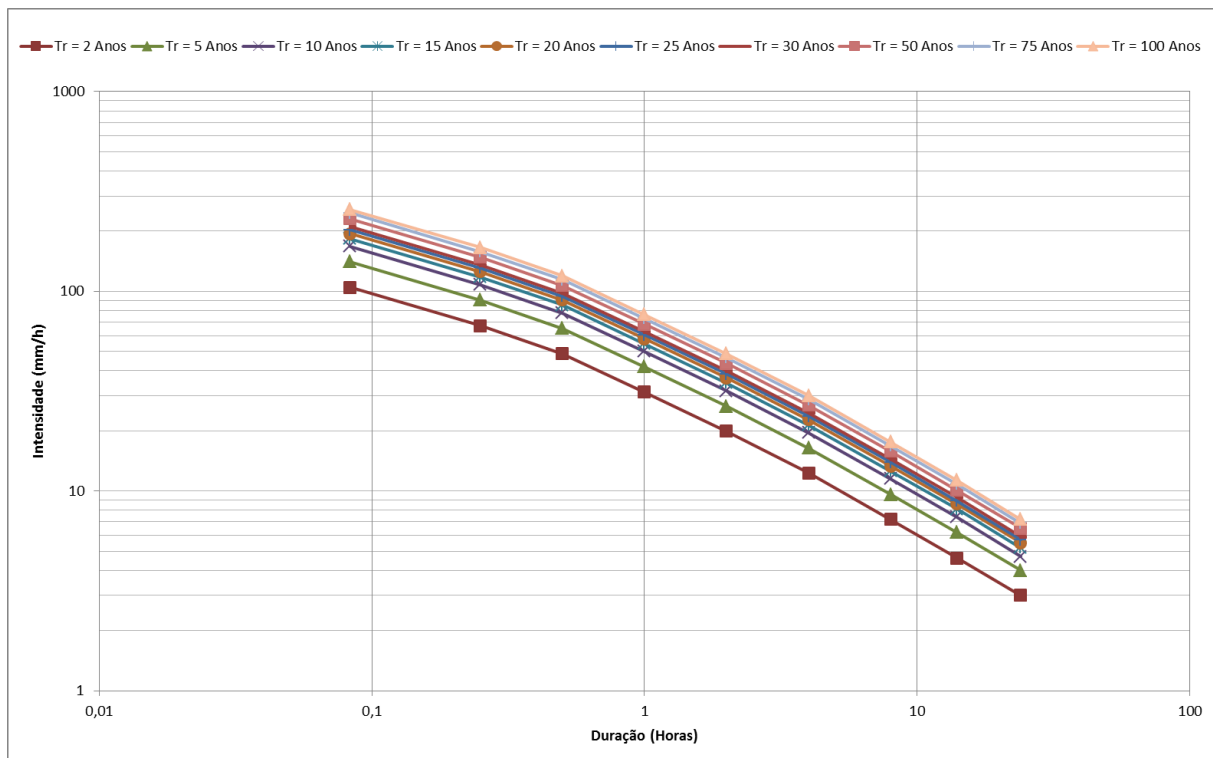


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

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

No caso de Cardoso Moreira, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 4,3693; b = 8,7823; c = 11,317; d = 22,6837 \text{ e } \delta = 4,4$$

$$i = \{[(4,3693 \ln(T) + 8,7823) \cdot \ln(t + (4,4/60))] + 11,317 \ln(T) + 22,6837\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 4,7163; b = 9,4447; c = 11,4335; d = 22,9189 \text{ e } \delta = 2,5$$

$$i = \{[(4,7163 \ln(T) + 9,4447) \cdot \ln(t + (2,5/60))] + 11,4335 \ln(T) + 22,9189\} / t \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 100 anos. 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	100
5 Minutos	103,6	139,0	165,8	181,4	192,5	201,2	208,2	219,3	227,9	235,0	243,6	254,7
10 Minutos	82,0	110,0	131,1	143,5	152,2	159,0	164,6	173,4	180,2	185,7	192,5	201,3
15 Minutos	68,8	92,2	109,9	120,2	127,6	133,3	137,9	145,3	151,0	155,6	161,3	168,7
30 Minutos	47,9	64,2	76,5	83,7	88,8	92,8	96,0	101,2	105,1	108,4	112,3	117,4
45 Minutos	37,6	50,4	60,1	65,8	69,8	72,9	75,4	79,5	82,6	85,1	88,2	92,2
1 Hora	31,4	42,0	50,1	54,8	58,1	60,7	62,8	66,2	68,8	70,9	73,5	76,8
2 Horas	20,0	26,7	31,9	34,9	37,0	38,6	40,0	42,1	43,8	45,1	46,8	48,9
3 Horas	15,0	20,1	23,9	26,2	27,8	29,0	30,1	31,7	32,9	33,9	35,1	36,7
4 Horas	12,2	16,3	19,4	21,2	22,5	23,5	24,4	25,6	26,7	27,5	28,5	29,8
5 Horas	10,3	13,8	16,4	18,0	19,1	19,9	20,6	21,7	22,6	23,2	24,1	25,2
6 Horas	9,0	12,0	14,3	15,6	16,6	17,3	17,9	18,9	19,6	20,2	21,0	21,9
7 Horas	8,0	10,7	12,7	13,9	14,7	15,4	15,9	16,8	17,4	18,0	18,6	19,5
8 Horas	7,2	9,6	11,4	12,5	13,3	13,9	14,4	15,1	15,7	16,2	16,8	17,6
12 Horas	5,2	7,0	8,3	9,1	9,7	10,1	10,4	11,0	11,4	11,8	12,2	12,8
14 Horas	4,6	6,2	7,3	8,0	8,5	8,9	9,2	9,7	10,1	10,4	10,8	11,3
20 Horas	3,4	4,6	5,5	6,0	6,4	6,7	6,9	7,3	7,6	7,8	8,1	8,4
24 Horas	3,0	4,0	4,7	5,2	5,5	5,8	6,0	6,3	6,5	6,7	7,0	7,3

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	100
5 Minutos	8,6	11,6	13,8	15,1	16,0	16,8	17,3	18,3	19,0	19,6	20,3	21,2
10 Minutos	13,7	18,3	21,9	23,9	25,4	26,5	27,4	28,9	30,0	31,0	32,1	33,6
15 Minutos	17,2	23,0	27,5	30,1	31,9	33,3	34,5	36,3	37,7	38,9	40,3	42,2
30 Minutos	24,0	32,1	38,3	41,9	44,4	46,4	48,0	50,6	52,6	54,2	56,2	58,7
45 Minutos	28,2	37,8	45,1	49,3	52,3	54,7	56,6	59,6	61,9	63,8	66,2	69,2
1 Hora	31,4	42,0	50,1	54,8	58,1	60,7	62,8	66,2	68,8	70,9	73,5	76,8
2 Horas	39,9	53,5	63,7	69,7	74,0	77,3	80,0	84,3	87,6	90,3	93,6	97,8
3 Horas	45,0	60,3	71,8	78,6	83,4	87,1	90,2	95,0	98,7	101,7	105,4	110,2
4 Horas	48,6	65,1	77,6	84,9	90,1	94,1	97,4	102,6	106,6	109,9	113,9	119,1
5 Horas	51,4	68,9	82,1	89,8	95,3	99,6	103,0	108,5	112,8	116,2	120,5	126,0
6 Horas	53,7	72,0	85,8	93,8	99,6	104,0	107,6	113,4	117,8	121,5	125,9	131,6
7 Horas	55,7	74,6	88,9	97,2	103,2	107,8	111,6	117,5	122,1	125,9	130,5	136,4
8 Horas	57,3	76,8	91,6	100,2	106,3	111,1	114,9	121,1	125,8	129,7	134,4	140,5
12 Horas	62,5	83,7	99,8	109,2	115,8	121,0	125,2	131,9	137,1	141,3	146,5	153,1
14 Horas	64,4	86,3	102,9	112,6	119,5	124,8	129,1	136,0	141,3	145,7	151,0	157,9
20 Horas	69,0	92,4	110,1	120,5	127,8	133,5	138,2	145,6	151,3	155,9	161,6	169,0
24 Horas	71,3	95,5	113,8	124,5	132,1	138,0	142,8	150,4	156,3	161,2	167,1	174,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que uma chuva de 86 mm com duração de 2 horas foi registrada em Cardoso Moreira. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessário reescrever a equação com o tempo de retorno em função da duração e da intensidade da precipitação. Dessa forma temos:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 86 mm dividido por 2 horas é igual a 43 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{43 \cdot 2 - 9,4447 \ln(2 + (2,5/60)) - 22,9189}{4,7163 \ln(2 + (2,5/60)) + 11,4335} \right] = 45 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 50 anos corresponde a uma probabilidade de 2,2% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 43 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{45} 100 = 2,2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em outubro de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 24 de setembro de 2015.

PFASTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Obras de Saneamento - Coordenadoria de Comunicação Social, 1982.

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

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

AI	AF	Data	Precipitação máxima diária (mm)
1939	1940	11/11/1939	48,6
1940	1941	23/11/1940	47,7
1941	1942	07/03/1942	56,5
1942	1943	16/12/1942	140,8
1943	1944	29/10/1943	58,2
1944	1945	16/11/1944	48,6
1945	1946	16/03/1946	53,8
1946	1947	10/11/1946	69,3
1947	1948	19/12/1947	106,6
1948	1949	28/11/1948	91,4
1949	1950	17/12/1949	50,6
1950	1951	13/01/1951	86,6
1952	1953	19/11/1952	53,4
1953	1954	06/12/1953	63,3
1954	1955	18/11/1954	61,2
1955	1956	23/11/1955	40,8
1956	1957	27/11/1956	91,6
1957	1958	04/12/1957	115,0
1958	1959	11/12/1958	56,6
1959	1960	25/02/1960	61,0
1962	1963	28/12/1962	52,4
1963	1964	29/04/1964	58,0
1964	1965	05/01/1965	80,0
1965	1966	30/10/1965	76,0
1966	1967	23/11/1966	52,0
1967	1968	19/11/1967	137,0
1968	1969	24/06/1969	65,4
1969	1970	09/12/1969	51,4
1970	1971	09/11/1970	59,8
1971	1972	25/11/1971	70,6
1972	1973	27/01/1973	58,6
1973	1974	14/11/1973	58,4
1974	1975	20/01/1975	37,4
1975	1976	18/10/1975	58,6
1976	1977	24/09/1977	114,4
1982	1983	13/01/1983	46,6

ANEXO I (Continuação)

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

Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

1983	1984	30/10/1983	62,2
1984	1985	20/01/1985	74,2
1986	1987	28/01/1987	52,2
1987	1988	01/01/1988	64,6
1988	1989	31/07/1989	48,8
1989	1990	21/12/1989	69,6
1990	1991	02/04/1991	64,8
1991	1992	10/01/1992	54,7
1993	1994	09/03/1994	72,5
1994	1995	13/04/1995	66,4
1996	1997	21/11/1996	68,8
1997	1998	25/11/1997	67,4
1998	1999	03/03/1999	75,6
2000	2001	15/11/2000	83,2
2001	2002	16/12/2001	63,7
2002	2003	11/12/2002	76,8
2003	2004	02/01/2004	57,5
2004	2005	01/02/2005	85,8
2005	2006	03/11/2005	96,6
2006	2007	03/01/2007	78,3
2007	2008	23/12/2007	61,9
2008	2009	18/12/2008	75,2
2009	2010	10/11/2009	113,3
2010	2011	16/01/2011	117,2
2011	2012	03/01/2012	62,1
2012	2013	04/06/2013	42,9
2013	2014	27/11/2013	73,1
2014	2015	28/11/2014	68,5

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para a cidade de Campos dos Goytacazes.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,81	0,69	0,56	0,44

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,78	0,54	0,28

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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).

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.

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Costa, 55 - Ciqueira César
São Paulo - SP - CEP: 01304-010
Tel.: 11 3775-5101 - Fax: 11 3775-5165

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

www.cprm.gov.br

