

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais

Município: Timóteo

Estação Pluviométrica: Mário de Carvalho

Código ANA: 01942029

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

**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: Timóteo - MG

**Estação Pluviométrica: Mário de Carvalho
Código: 01942029**

**GOIÂNIA
2014**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência de Goiânia

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Goiânia
Rua 148, 485 – Setor Marista
Goiânia - GO - 74.170-110
Telefone: (62) 3240-1100
Fax: (62) 3240-1417
<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: Timóteo/MG. Estação Pluviométrica: Mario de Carvalho, Código 01942029. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2014.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CARDOSO, A. T.; 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

Edison Lobão

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

Oswaldo Castanheira

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 GOIÂNIA

Luiz Fernando Magalhães
Superintendente

Cíntia de Lima Vilas Boas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Gilmar José Rizzotto
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Sheila Soraya Alves Knust
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Maria José Aleixo
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

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel – REFO

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

Juliana Oliveira - Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior - Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes - Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes - Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Glauco Leite de Freitas – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE

Liomar Santos da Hora - Sureg/SA

Lêmia Ribeiro - Sureg/SA

Márcia Faermann - Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira - Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira - Sureg/MA

Pedro da Silva Junqueira - Sureg/PA

Rosangela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima – RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero - Sureg/GO

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 Timóteo/MG onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Mario de Carvalho, código 01942029.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Timóteo/MG e regiões circunvizinhas.

O município de Timóteo está localizado no estado de Minas Gerais, na bacia do Atlântico, trecho Leste e sub-bacia do rio Doce, distante em torno de 216 km da capital do Estado, Belo Horizonte. O município faz fronteira com os municípios de Marliéria, Jaguaráçu, Antônio Dias, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Caratinga e Bom Jesus do Galho. O município de Timóteo possui uma área de 144,4 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 315 metros. Apresenta uma população de 81.243 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Mario de Carvalho, código 01942029, está localizada no município de Coronel Fabriciano, na Latitude 19°31'29"S e Longitude 42°38'39"O, a uma distancia aproximada de 6 km da sede municipal de Timóteo. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1985, sendo operada pela CPRM. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

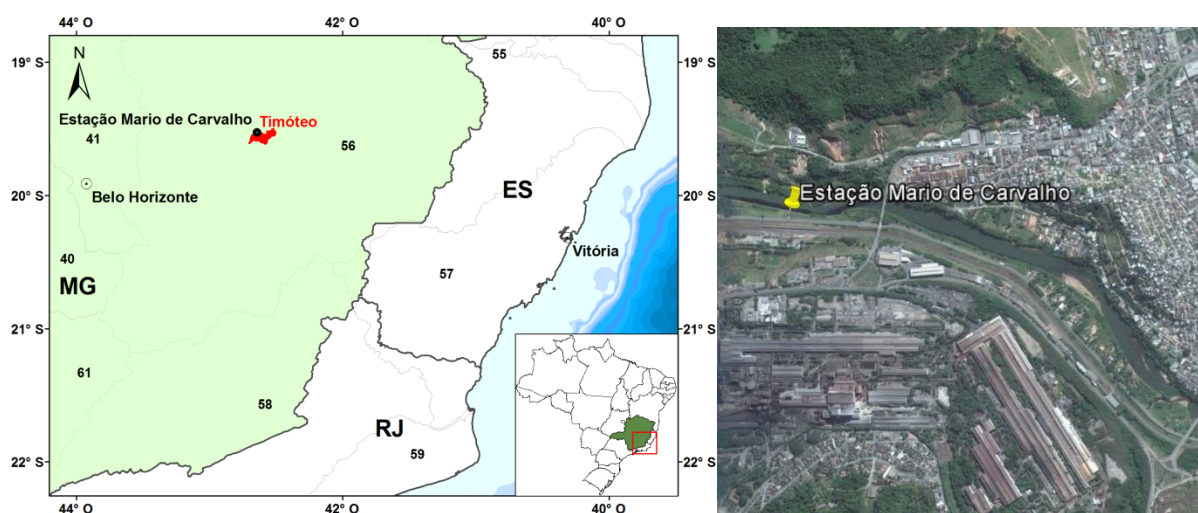


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2014)

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 Mario de Carvalho, código 01942029, 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 Freitas *et al.* (2001) para o município de Coronel Fabriciano, distante aproximadamente 5,5 km do município de Timóteo. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

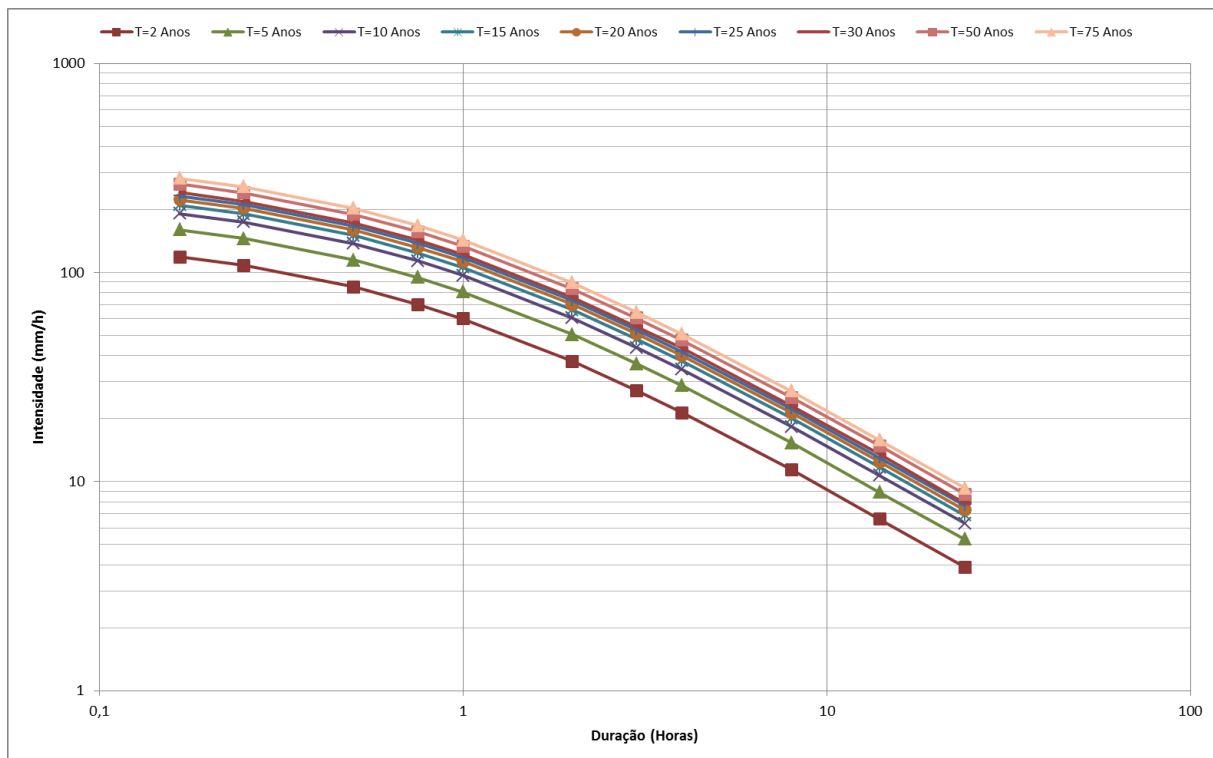


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 da estação de Mario de Carvalho, os parâmetros da equação foram os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 4390,4; b = 0,2298; c = 35,1 \text{ e } d = 0,9718;$$

$$i = \frac{4390,4T^{0,2298}}{(t+35,1)^{0,9718}} \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 75 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 (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	127,1	156,9	184,0	201,9	215,8	227,1	253,0	266,3	277,7	292,3	304,8	312,3
15 Minutos	114,8	141,7	166,1	182,3	194,8	205,0	228,4	240,5	250,7	263,9	275,2	282,0
20 Minutos	104,6	129,1	151,4	166,2	177,6	186,9	208,3	219,2	228,6	240,6	250,9	257,1
30 Minutos	89,0	109,8	128,8	141,4	151,0	159,0	177,1	186,4	194,4	204,6	213,4	218,6
45 Minutos	72,7	89,8	105,3	115,6	123,5	130,0	144,8	152,4	158,9	167,3	174,4	178,7
1 Horas	61,6	76,0	89,1	97,8	104,5	110,0	122,5	129,0	134,5	141,6	147,6	151,3
2 Horas	38,3	47,2	55,4	60,8	65,0	68,4	76,2	80,2	83,6	88,0	91,8	94,0
3 Horas	27,8	34,4	40,3	44,2	47,3	49,8	55,4	58,4	60,9	64,1	66,8	68,4
4 Horas	21,9	27,1	31,7	34,8	37,2	39,2	43,6	45,9	47,9	50,4	52,6	53,9
5 Horas	18,1	22,3	26,2	28,8	30,7	32,3	36,0	37,9	39,6	41,6	43,4	44,5
6 Horas	15,4	19,0	22,3	24,5	26,2	27,6	30,7	32,3	33,7	35,5	37,0	37,9
7 Horas	13,4	16,6	19,5	21,4	22,8	24,0	26,8	28,2	29,4	30,9	32,2	33,0
8 Horas	11,9	14,7	17,3	18,9	20,2	21,3	23,7	25,0	26,0	27,4	28,6	29,3
12 Horas	8,2	10,1	11,9	13,1	14,0	14,7	16,4	17,2	18,0	18,9	19,7	20,2
14 Horas	7,1	8,8	10,3	11,3	12,1	12,7	14,2	14,9	15,6	16,4	17,1	17,5
20 Horas	5,1	6,3	7,4	8,1	8,6	9,1	10,1	10,7	11,1	11,7	12,2	12,5
24 Horas	4,3	5,3	6,2	6,8	7,3	7,7	8,5	9,0	9,4	9,9	10,3	10,5

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	21,2	26,1	30,7	33,7	36,0	37,9	42,2	44,4	46,3	48,7	50,8	52,1
15 Minutos	28,7	35,4	41,5	45,6	48,7	51,3	57,1	60,1	62,7	66,0	68,8	70,5
20 Minutos	34,9	43,0	50,5	55,4	59,2	62,3	69,4	73,1	76,2	80,2	83,6	85,7
30 Minutos	44,5	54,9	64,4	70,7	75,5	79,5	88,6	93,2	97,2	102,3	106,7	109,3
45 Minutos	54,5	67,3	79,0	86,7	92,6	97,5	108,6	114,3	119,2	125,5	130,8	134,0
1 Horas	61,6	76,0	89,1	97,8	104,5	110,0	122,5	129,0	134,5	141,6	147,6	151,3
2 Horas	76,5	94,5	110,8	121,6	129,9	136,8	152,4	160,4	167,2	176,0	183,6	188,1
3 Horas	83,5	103,1	120,9	132,7	141,8	149,3	166,3	175,1	182,6	192,2	200,4	205,3
4 Horas	87,7	108,3	127,0	139,4	148,9	156,7	174,6	183,8	191,6	201,7	210,4	215,5
5 Horas	90,5	111,7	131,0	143,8	153,6	161,7	180,2	189,6	197,8	208,2	217,1	222,4
6 Horas	92,5	114,2	134,0	147,0	157,1	165,4	184,2	193,9	202,2	212,8	222,0	227,4
7 Horas	94,1	116,2	136,2	149,5	159,7	168,2	187,3	197,2	205,6	216,4	225,7	231,2
8 Horas	95,4	117,7	138,0	151,5	161,9	170,4	189,8	199,8	208,4	219,3	228,7	234,3
12 Horas	98,6	121,7	142,8	156,7	167,4	176,2	196,3	206,7	215,5	226,8	236,6	242,3
14 Horas	99,7	123,1	144,3	158,4	169,2	178,2	198,5	208,9	217,9	229,3	239,1	245,0
20 Horas	101,9	125,8	147,5	161,9	173,0	182,1	202,8	213,5	222,7	234,4	244,4	250,4
24 Horas	102,9	127,0	149,0	163,5	174,7	183,9	204,8	215,6	224,8	236,7	246,8	252,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Timóteo, foi registrada uma Chuva de 90 mm com duração de 30 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90 mm dividido por 0,5 h é igual a 180 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{180(30 + 35,1)^{0,9718}}{4390,4} \right]^{1/0,2298} = 42,9 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 42,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,3%, ou

$$P(i \geq 180 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{42,9} 100 = 2,3\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; FILHO, R. R. G.; TEIXEIRA, A. F.; BAENA, L. G. N.; MELLO, L. T. A.; NOVAES, L. F. *Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Agosto de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316870&search=minas-gerais|timoteo>. Acesso em Agosto de 2014.

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)
1986	1987	10/12/86	54,3
1987	1988	26/12/87	85,5
1988	1989	06/02/89	80,9
1989	1990	16/12/89	68,5
1991	1992	21/01/92	86
1992	1993	02/11/92	111,4
1993	1994	07/03/94	84,2
1994	1995	08/12/94	72,8
1995	1996	25/12/95	88,2
1996	1997	01/03/97	84,8
1997	1998	12/02/98	170,8
1998	1999	01/01/99	62,2
1999	2000	09/02/00	101
2000	2001	03/03/01	81,7
2001	2002	18/12/01	99,8
2003	2004	24/10/03	118
2004	2005	16/01/05	93,5
2005	2006	15/12/05	200,2
2006	2007	02/12/06	83,2
2007	2008	31/01/08	80,3
2008	2009	20/10/08	65,1
2009	2010	02/12/09	81,3
2010	2011	08/03/11	68,8
2011	2012	04/01/12	93,4
2012	2013	01/02/13	67,2
2013	2014	22/12/13	125,2

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Freitas *et al.* (2001) para o município de Coronel Fabriciano

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,99	0,97	0,91	0,87	0,80	0,64

Relação 45min/1h	Relação 30min/1h	Relação 15min/1h	Relação 10min/1h
0,88	0,71	0,45	0,33

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 Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
Goiânia - GO - CEP: 74170-110
Tel.: 62 3240-1400 - Fax: 62 3240-1417

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

