

**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: Manhuaçu**

**Estação Pluviométrica: Fazenda Vargem Alegre  
Código: 02041048**

**BELÉM  
2014**

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 Belém

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belém  
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco  
Belém - PA – 66095-110  
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300  
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349  
<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: Manhuaçu. Estação Pluviométrica: Fazenda Vargem Alegre, Código 02041048. Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: CPRM, 2014.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de; AZAMBUJA, A.M.S. de 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**

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 REGIONAL DE BELÉM**

*Manfredo Ximenes Ponte*  
**Superintendente**

*João Batista Marcelo de Lima*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Lucia Travassos da Rosa Costa*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Tomaz de Aquino M Lobato*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Cícero Vieira de Meneses*  
**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 dos Prazeres Campos de Farias – 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

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

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

Nayara de Lima Oliveira - Sureg/GO

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 Manhuaçu onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Fazenda Vargem Alegre, código 02041048.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Manhuaçu.

O município de Manhuaçu está localizado no Estado de Minas Gerais, distante 202 km da capital, Belo Horizonte. O município possui área de 628,318 km<sup>2</sup>. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de aproximadamente 79.574 habitantes.

A estação de Fazenda Vargem Alegre, código ANA 02041048, está localizada na Latitude 20°10'57"S e Longitude 41°57'40"W. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas-ANA, no sistema HidroWeb. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

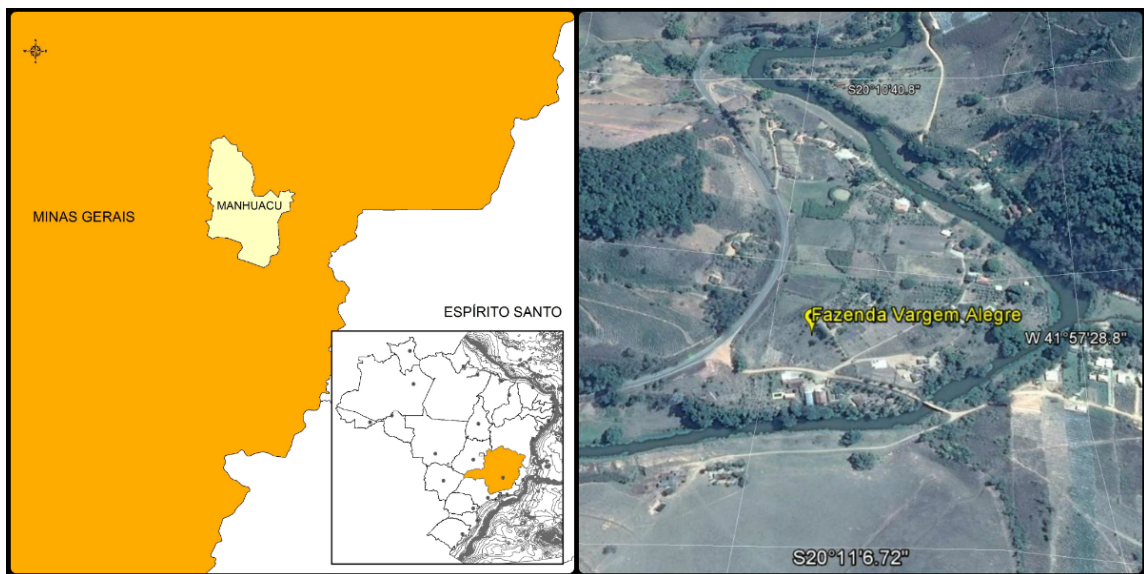


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.  
(Fonte: Google, 2014)

## 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 Fazenda Vargem Alegre, código 02041048, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gama, 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 (2001) para a estação de Raul Soares, distante 54,25 km da estação de Vargem Alegre. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

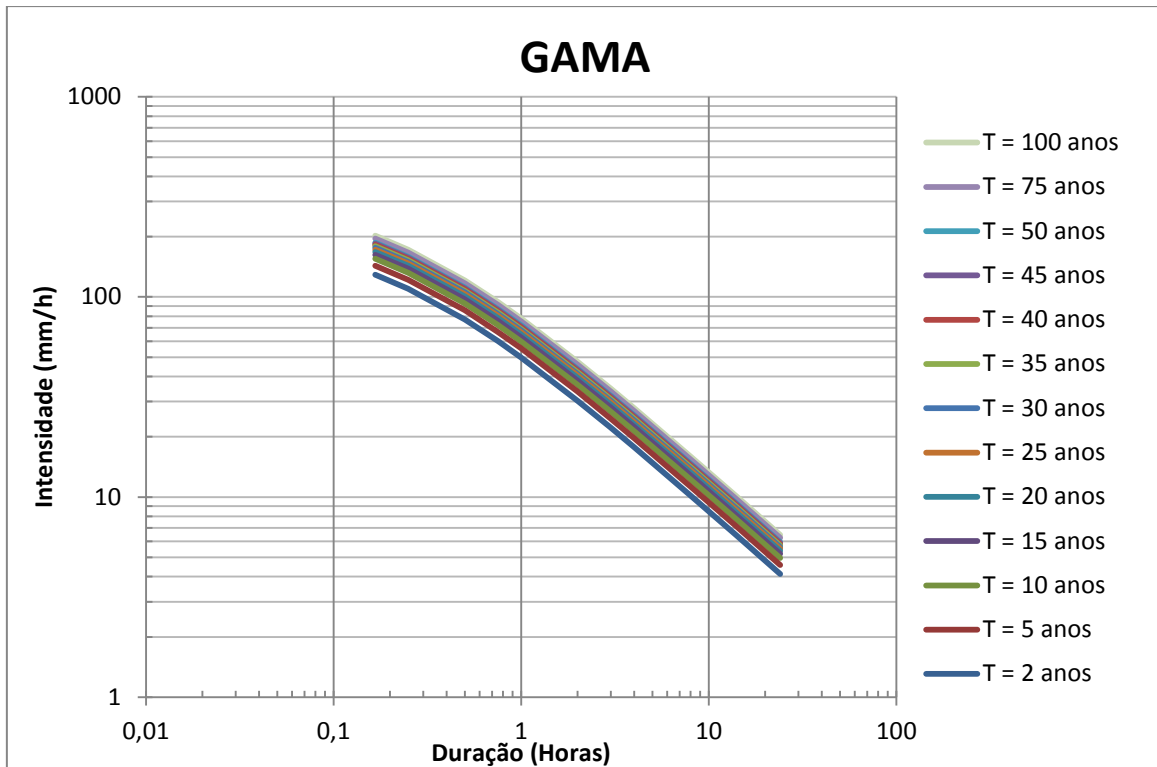


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 de Manhuaçu, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1659,8 ; b = 0,1150 ; c = 13 \text{ e } d = 0,8346;$$

$$i = \frac{1659,8 T^{0,1150}}{(t+13)^{0,8346}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos e durações de 10 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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	131,3	145,9	158,0	165,5	171,1	175,5	179,2	182,4	190,1	194,1	199,2	203,4	205,9
15 Minutos	111,4	123,8	134,0	140,4	145,2	148,9	152,1	154,8	161,3	164,7	169,0	172,6	174,7
20 Minutos	97,1	107,9	116,9	122,4	126,6	129,9	132,6	135,0	140,6	143,6	147,3	150,5	152,3
30 Minutos	77,9	86,5	93,7	98,2	101,5	104,1	106,3	108,2	112,8	115,1	118,1	120,6	122,1
45 Minutos	60,7	67,4	73,0	76,5	79,1	81,1	82,8	84,3	87,8	89,7	92,0	94,0	95,1
1 Hora	50,1	55,6	60,2	63,1	65,2	66,9	68,4	69,6	72,5	74,0	76,0	77,6	78,5
2 Horas	30,3	33,7	36,5	38,3	39,5	40,6	41,4	42,2	43,9	44,9	46,0	47,0	47,6
3 Horas	22,2	24,7	26,8	28,0	29,0	29,7	30,4	30,9	32,2	32,9	33,7	34,5	34,9
4 Horas	17,7	19,7	21,4	22,4	23,1	23,7	24,2	24,7	25,7	26,2	26,9	27,5	27,8
5 Horas	14,9	16,5	17,9	18,7	19,4	19,9	20,3	20,6	21,5	22,0	22,5	23,0	23,3
6 Horas	12,8	14,3	15,4	16,2	16,7	17,2	17,5	17,8	18,6	19,0	19,5	19,9	20,1
7 Horas	11,3	12,6	13,6	14,3	14,8	15,1	15,5	15,7	16,4	16,8	17,2	17,6	17,8
8 Horas	10,2	11,3	12,2	12,8	13,3	13,6	13,9	14,1	14,7	15,0	15,4	15,8	15,9
12 Horas	7,3	8,1	8,8	9,2	9,5	9,8	10,0	10,1	10,6	10,8	11,1	11,3	11,5
14 Horas	6,4	7,1	7,7	8,1	8,4	8,6	8,8	8,9	9,3	9,5	9,8	10,0	10,1
20 Horas	4,8	5,3	5,8	6,0	6,3	6,4	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4	7,5
24 Horas	4,1	4,6	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	6,0	6,1	6,3	6,4	6,5

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	21,9	24,3	26,3	27,6	28,5	29,3	29,9	30,4	31,7	32,4	33,2	33,9	34,3
15 Minutos	27,8	30,9	33,5	35,1	36,3	37,2	38,0	38,7	40,3	41,2	42,3	43,1	43,7
20 Minutos	32,4	36,0	39,0	40,8	42,2	43,3	44,2	45,0	46,9	47,9	49,1	50,2	50,8
30 Minutos	38,9	43,3	46,9	49,1	50,7	52,1	53,2	54,1	56,4	57,6	59,1	60,3	61,1
45 Minutos	45,5	50,6	54,7	57,4	59,3	60,8	62,1	63,2	65,9	67,3	69,0	70,5	71,3
1 Hora	50,1	55,6	60,2	63,1	65,2	66,9	68,4	69,6	72,5	74,0	76,0	77,6	78,5
2 Horas	60,7	67,4	73,0	76,5	79,1	81,1	82,9	84,4	87,9	89,7	92,1	94,0	95,2
3 Horas	66,7	74,1	80,3	84,1	86,9	89,2	91,1	92,7	96,6	98,7	101,2	103,4	104,6
4 Horas	71,0	78,9	85,4	89,5	92,5	94,9	96,9	98,6	102,8	104,9	107,7	110,0	111,3
5 Horas	74,3	82,5	89,4	93,6	96,8	99,3	101,4	103,2	107,6	109,8	112,7	115,1	116,5
6 Horas	77,0	85,6	92,7	97,1	100,3	102,9	105,1	107,0	111,5	113,9	116,8	119,3	120,7
7 Horas	79,3	88,1	95,4	100,0	103,4	106,0	108,3	110,2	114,8	117,3	120,3	122,9	124,4
8 Horas	81,3	90,4	97,9	102,6	106,0	108,8	111,1	113,0	117,8	120,3	123,4	126,0	127,6
12 Horas	87,6	97,4	105,4	110,5	114,2	117,2	119,6	121,8	126,9	129,6	132,9	135,8	137,4
14 Horas	90,1	100,1	108,4	113,6	117,4	120,4	123,0	125,2	130,4	133,2	136,7	139,6	141,3
20 Horas	95,9	106,6	115,4	120,9	125,0	128,3	131,0	133,3	138,9	141,8	145,5	148,6	150,4
24 Horas	99,0	110,0	119,1	124,8	129,0	132,4	135,2	137,6	143,4	146,4	150,2	153,4	155,3

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Manhauçu, foi registrada uma chuva de 40,0 mm com duração de 15 minutos. 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, 40,0 mm dividido por 0,25h é igual a 160 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:*

$$T = \left[ \frac{160 (15 + 13)^{0,8346}}{1659,8} \right]^{1/0,1150} = 46,6 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 46,6 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,2%, ou*

$$P(i \geq 160 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{46,6} 100 = 2,2\%$$

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: nov. 2014.

FREITAS, Adir José de et al. **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. **Estação pluviométrica de Fazenda Vargem Alegre**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Manhuaçu**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/234JO>>. Acesso em: nov. 2014.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

## ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (01/Out a 30/Set)

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
07/12/83	77,2
20/10/84	115,0
28/12/85	64,6
08/04/87	79,0
16/11/87	76,0
06/11/88	60,0
17/02/91	95,0
29/12/92	98,0
08/01/94	95,0
04/11/95	40,0
09/12/98	50,8
05/12/99	117,0
18/12/00	104,1
18/01/02	72,6
16/01/03	70,0
12/01/04	92,2
29/12/04	77,7
16/12/05	68,6
12/01/07	65,8
22/09/09	93,4
15/12/09	96,5
29/12/11	77,0
02/11/12	74,6

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Freitas (2001) para o município de Raul Soares/MG.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,82	0,71	0,67	0,61	0,50

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,91	0,78	0,56	0,44