

**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: Caratinga**

**Estação Pluviométrica: Santo Antônio do Manhuaçu  
Código 01941011**

**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

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: Caratinga. Estação Pluviométrica: Santo Antônio do Manhuaçu, Código 01941011/ Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014.

13 p.(Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - 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 Ramos 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

Osvalcílio 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 Caratinga onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Santo Antônio do Manhuaçu, código 01941011, operada pela CPRM.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Caratinga e regiões circunvizinhas.

O município de Caratinga está localizado no estado de Minas Gerais, Mesorregião do Vale do Rio Doce, a 189 km de Belo Horizonte, capital do estado. O município possui área de 1.258,778 km<sup>2</sup> e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 588 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 85.239 habitantes.

A estação de Santo Antônio do Manhuaçu, código 01941011, está localizada na Latitude 19°40'41.99"S e Longitude 41°50'9.99"W, no distrito de mesmo nome, do município de Caratinga (aproximadamente 33 km). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no Banco de Dados da ANA - Agencia Nacional de Águas.

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

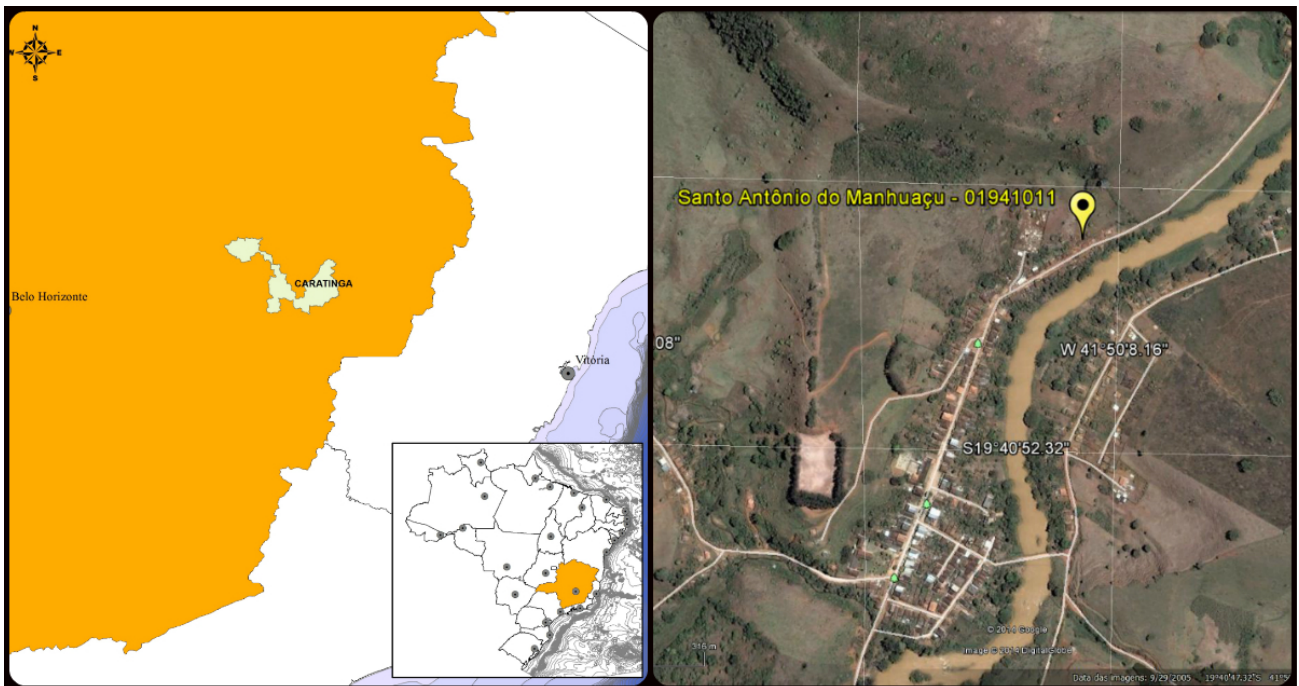


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

(Google *apud* SNIRH, 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 Santo Antônio do Manhuaçu, código 01941011, 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 Gumbel, 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 o município de Pocrane, estação Assaraí (01941006), distante 41 km da estação de Santo Antônio do Manhuaçu. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

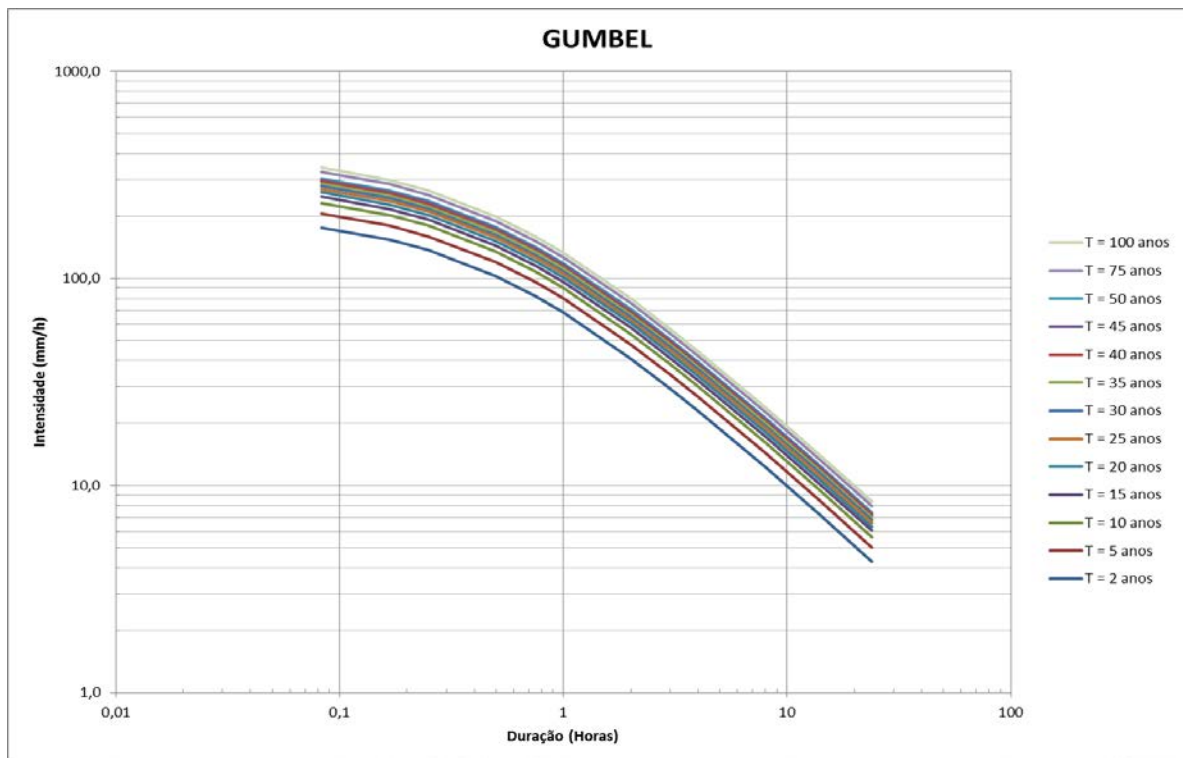


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 de Santo Antônio do Manhuaçu, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 5121,4; b = 0,1701; c = 29,2 \text{ e } d = 0,9876;$$

$$i = \frac{5121,4T^{0,1701}}{(t+29,2)^{0,9876}} \quad (02)$$

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, $T$ (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	153,8	179,8	202,3	216,7	227,6	236,4	243,8	250,3	266,0	274,4	285,0	294,0	299,3
15 Minutos	136,6	159,7	179,7	192,5	202,2	210,0	216,6	222,3	236,2	243,7	253,1	261,1	265,8
20 Minutos	122,9	143,6	161,6	173,2	181,8	188,9	194,8	200,0	212,5	219,2	227,7	234,9	239,1
30 Minutos	102,4	119,7	134,6	144,2	151,5	157,3	162,3	166,6	177,0	182,6	189,7	195,6	199,2
45 Minutos	81,9	95,7	107,7	115,4	121,2	125,9	129,8	133,3	141,6	146,1	151,7	156,5	159,4
1 Hora	68,3	79,8	89,8	96,2	101,0	105,0	108,3	111,1	118,1	121,8	126,5	130,5	132,9
2 Horas	41,1	48,0	54,0	57,9	60,8	63,1	65,1	66,9	71,1	73,3	76,1	78,5	79,9
3 Horas	29,4	34,4	38,7	41,5	43,5	45,2	46,7	47,9	50,9	52,5	54,5	56,2	57,3
4 Horas	22,9	26,8	30,2	32,3	33,9	35,3	36,4	37,3	39,7	40,9	42,5	43,8	44,6
5 Horas	18,8	22,0	24,7	26,5	27,8	28,9	29,8	30,6	32,5	33,5	34,8	35,9	36,6
6 Horas	15,9	18,6	21,0	22,5	23,6	24,5	25,3	25,9	27,6	28,4	29,5	30,5	31,0
7 Horas	13,8	16,2	18,2	19,5	20,5	21,3	21,9	22,5	23,9	24,7	25,6	26,4	26,9
8 Horas	12,2	14,3	16,1	17,2	18,1	18,8	19,4	19,9	21,1	21,8	22,6	23,4	23,8
12 Horas	8,3	9,8	11,0	11,8	12,4	12,8	13,2	13,6	14,4	14,9	15,5	16,0	16,2
14 Horas	7,2	8,4	9,5	10,2	10,7	11,1	11,4	11,7	12,5	12,9	13,4	13,8	14,0
20 Horas	5,1	6,0	6,7	7,2	7,6	7,9	8,1	8,3	8,9	9,1	9,5	9,8	10,0
24 Horas	4,3	5,0	5,6	6,0	6,4	6,6	6,8	7,0	7,4	7,7	8,0	8,2	8,4

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	35	50	60	75	90	100
10 Minutos	25,6	30,0	33,7	36,1	37,9	39,4	40,6	41,7	44,3	45,7	47,5	49,0	49,9
15 Minutos	34,2	39,9	44,9	48,1	50,5	52,5	54,1	55,6	59,1	60,9	63,3	65,3	66,5
20 Minutos	41,0	47,9	53,9	57,7	60,6	63,0	64,9	66,7	70,8	73,1	75,9	78,3	79,7
30 Minutos	51,2	59,8	67,3	72,1	75,7	78,7	81,1	83,3	88,5	91,3	94,8	97,8	99,6
45 Minutos	61,4	71,8	80,8	86,6	90,9	94,4	97,4	100,0	106,2	109,6	113,8	117,4	119,5
1 Hora	68,3	79,8	89,8	96,2	101,0	105,0	108,3	111,1	118,1	121,8	126,5	130,5	132,9
2 Horas	82,2	96,1	108,1	115,8	121,6	126,3	130,3	133,7	142,1	146,6	152,2	157,0	159,9
3 Horas	88,3	103,2	116,1	124,4	130,6	135,7	140,0	143,7	152,7	157,5	163,6	168,7	171,8
4 Horas	91,8	107,3	120,7	129,3	135,8	141,0	145,5	149,3	158,7	163,7	170,0	175,4	178,5
5 Horas	94,0	109,9	123,7	132,5	139,1	144,5	149,1	153,0	162,6	167,7	174,2	179,7	182,9
6 Horas	95,7	111,8	125,8	134,8	141,5	147,0	151,6	155,6	165,4	170,6	177,2	182,8	186,1
7 Horas	96,9	113,2	127,4	136,5	143,3	148,8	153,5	157,6	167,5	172,7	179,4	185,1	188,4
8 Horas	97,8	114,3	128,6	137,8	144,7	150,3	155,0	159,1	169,1	174,4	181,2	186,9	190,3
12 Horas	100,2	117,1	131,7	141,1	148,2	154,0	158,8	163,0	173,2	178,7	185,6	191,4	194,9
14 Horas	100,9	118,0	132,7	142,2	149,3	155,1	160,0	164,2	174,5	180,0	187,0	192,9	196,4
20 Horas	102,4	119,7	134,7	144,3	151,5	157,4	162,3	166,6	177,1	182,6	189,7	195,7	199,2
24 Horas	103,0	120,4	135,5	145,2	152,4	158,3	163,3	167,7	178,1	183,8	190,9	196,9	200,4

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Caratinga, foi registrada uma chuva de 90,0 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, 90,0 mm dividido por 0,5 h é igual a 180,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{180(30 + 29,2)^{0,9876}}{5121,4} \right]^{1/0,1701} = 55 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 55 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,8%, ou*

$$P(i \geq 180 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{55} 100 = 1,8\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia. Neste caso, para o período de retorno de 55 anos, a região poderia ser caracterizada como uma região de inundações ocasionais, porém, de alto risco para os núcleos urbanos.

#### **4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Estação pluviométrica de Santo Antônio do Manhuaçu**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>>. Acesso em: out. 2014.

\_\_\_\_\_. **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: out. 2014.

FREITAS, Adir José de et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Universidade Federal de Viçosa, 2001.

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

Ano Hidrológico	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1970-1971	09/11/1970	111,5
1971-1972	25/01/1972	89,2
1972-1973	12/03/1973	75
1973-1974	14/10/1973	45
1973-1974	29/03/1974	45,0
1974-1975	03/01/1975	74
1975-1976	13/11/1975	61,4
1976-1977	04/12/1976	123,2
1977-1978	10/01/1978	77,5
1978-1979	25/11/1978	120,6
1979-1980	10/11/1979	90
1980-1981	20/03/1981	62,4
1981-1982	20/03/1982	107
1983-1984	22/03/1984	81,1
1984-1985	02/04/1985	92,9
1985-1986	15/02/1986	75,8
1986-1987	04/04/1987	73,1
1989-1990	29/11/1989	55
1990-1991	23/03/1991	96,2
1991-1992	20/01/1992	66,8
1992-1993	27/04/1993	50,5
1993-1994	04/01/1994	64
1994-1995	25/12/1994	74,0
1995-1996	29/11/1995	96
1996-1997	01/03/1997	132,1
1997-1998	29/11/1997	80,6
1998-1999	21/12/1998	106
1999-2000	10/11/1999	116,4
2000-2001	18/12/2000	80,5
2001-2002	17/11/2001	99,2
2002-2003	16/01/2003	135,4
2003-2004	12/01/2004	129,6
2004-2005	22/12/2004	93
2005-2006	27/11/2005	103,5
2006-2007	08/11/2006	113,1
2007-2008	25/02/2008	52,3
2008-2009	29/11/2008	69,6
2009-2010	05/12/2009	136,2
2010-2011	29/12/2010	55,8
2011-2012	17/04/2012	63,2
2012-2013	02/11/2012	68,1

## 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 Pocrane /MG.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,98	0,95	0,89	0,85	0,79	0,66

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,90	0,75	0,50	0,37