

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A  
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS  
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Chapada do Norte

Estação Pluviométrica: Minas Novas

Código ANA: 01742000

Código ANA: 01742023

 **CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil



**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: Chapada do Norte - MG**

**Estação Pluviométrica: Minas Novas  
Código: 01742000/01742023**

**BELO HORIZONTE  
2017**

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 Belo Horizonte

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1734 – Funcionários  
Belo Horizonte - MG – 30.140-002  
Telefone: 0(xx)(31)3878-0376  
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383  
<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: Chapada do Norte /MG. Estação Pluviométrica: Minas Novas, Código 01742000/01742023 Marlon Marques Coutinho; Eber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2017.

11p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – COUTINHO, M. M.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e**  
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Fernando Bezerra Coelho Filho

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Paulo Pedrosa

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

Vicente Humberto Lobo Cruz

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

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Otto Bittencourt Netto

**Vice-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Conselheiros**

Cassio Roberto da Silva

Cassiano de Souza Alves

Elmer Prata Salomão

Paulo Cesar Abrão

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente (Interino)**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Antonio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)**

José Leonardo Silva Andriotti

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Administração e Finanças (Interino)**

Juliano de Souza Oliveira

# **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE**

*Leandro Lima*  
**Superintendente**

*Márcio de Oliveira Cândido*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Marcio Antônio da Silva*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Júlio Murilo Martino Pinho*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Margareth Marques dos Santos  
**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

e Achiles Monteiro (*In memorian*)

**Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**  
Eber José de Andrade Pinto

**Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**  
Tiago Antonelli

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

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

#### **Equipe Executora**

Adriana Burin Weschenfelder-Sureg/PA

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado 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

## 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 Chapada do Norte/MG onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Minas Novas, códigos 01742000 (1952 a 1980) e 01742023 (1992 a 2014).

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Chapada do Norte/MG.

O município de Chapada do Norte está localizado na Região Nordeste Estado de Minas Gerais, distante cerca de 550 km da capital, Belo Horizonte. Tem como municípios limítrofes Francisco Badaró, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Minas Novas, Berilo e Novo Cruzeiro. Possui área de 827,958 km<sup>2</sup> e uma população de 15.189 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Minas Novas, código 01742023, está a 34,4 km de distância do centro de Chapada do Norte, localizada no município de mesmo nome, na Latitude 17°13'09"S e Longitude 42°35'20"W. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1934 (com o código 01742000 entre o período de 1934 a 1980 e código 01742023 desde 1992), sendo operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo DNAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município de Chapada do Norte e da estação Minas Novas no estado de Minas Gerais.

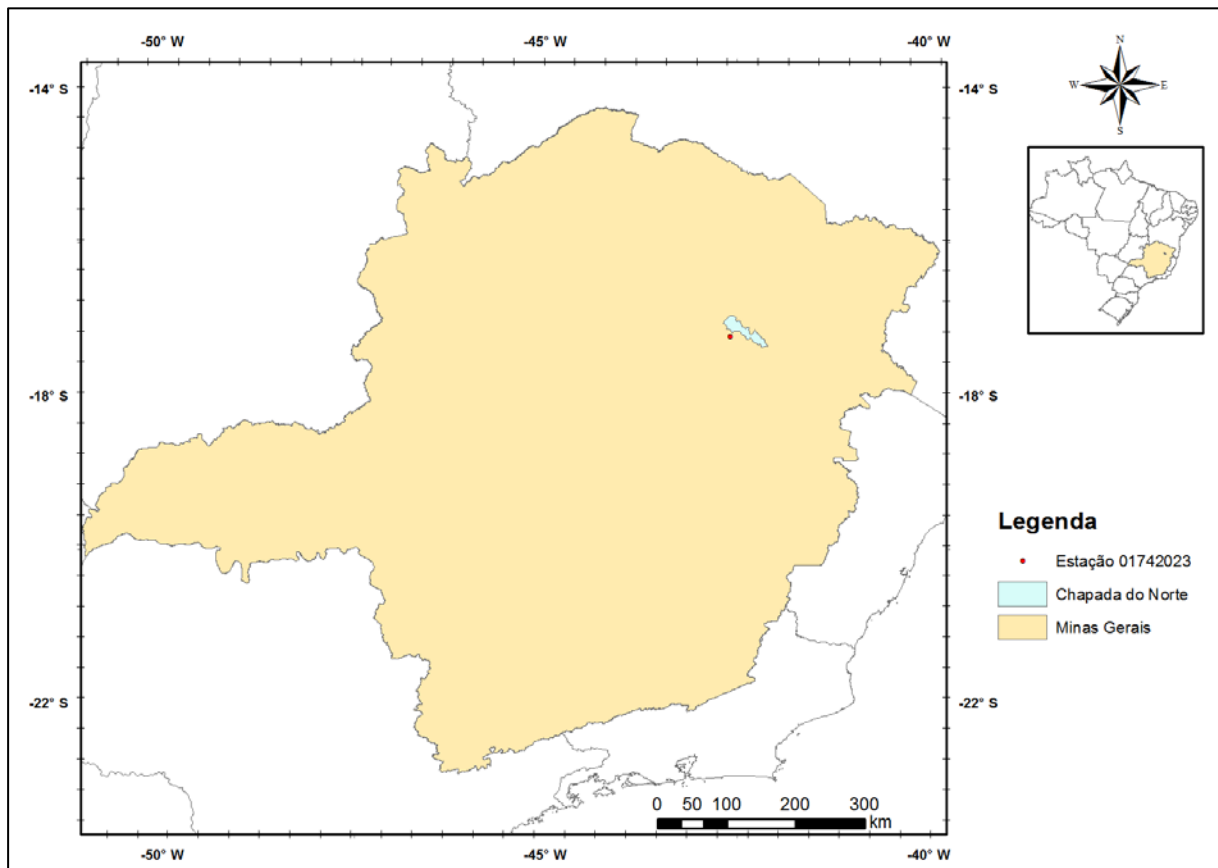


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

## 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 Minas Novas, código 01742023, 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 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 COPASA/UFV (Freitas *et al.*, 2001) para o município de Carbonita, distante aproximadamente 75 km do município de Chapada do Norte e cerca de 56 Km da estação Minas Novas. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

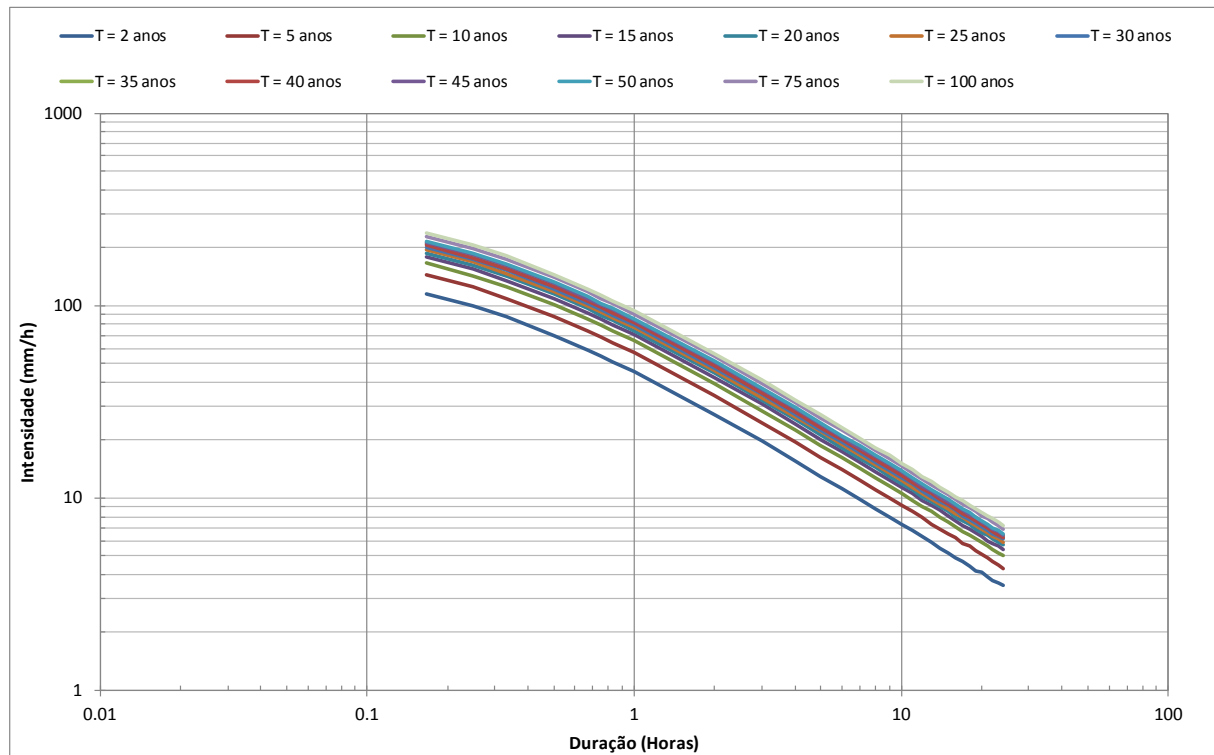


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

Onde:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/h)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (horas)

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

No caso de Novo Cruzeiro, para durações de 10 minutos a 1 hora (inclusive), os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,2117; b = 12,4174; c = 12,4048; d = 36,5758 \text{ e } \delta = 1$$

$$i = \left\{ \left[ (4,2117 \ln(T) + 12,4174) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{1}{60}\right)\right) \right] + 12,4048 \ln(T) + 36,5758 \right\} / t \quad (02)$$



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

$$a = 3,188 ; b = 9,4319 ; c = 12,7276 ; d = 37,5161 \text{ e } \delta = 2$$

$$i = \{[(3,188 \ln(T) + 9,4319) \cdot \ln(t + (2/60))] + 12,7276 \ln(T) + 37,5161\} / t \quad (03)$$

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	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	114,9	143,9	165,7	178,5	187,6	194,6	209,5	216,5	222,3	229,3	235,1	238,4
15 Minutos	99,6	124,7	143,6	154,7	162,6	168,7	181,5	187,7	192,6	198,7	203,7	206,6
20 Minutos	87,2	109,2	125,8	135,5	142,4	147,7	159	164,3	168,7	174	178,4	180,9
30 Minutos	70,1	87,7	101,1	108,9	114,4	118,7	127,8	132	135,6	139,9	143,4	145,4
45 Minutos	54,8	68,6	79	85,1	89,4	92,8	99,9	103,2	106	109,3	112,1	113,7
1 HORA	45,4	56,9	65,5	70,6	74,2	76,9	82,8	85,6	87,9	90,6	92,9	94,2
2 HORAS	27,3	34,2	39,4	42,4	44,6	46,2	49,8	51,4	52,8	54,5	55,8	56,6
3 HORAS	19,8	24,7	28,5	30,7	32,2	33,4	36	37,2	38,2	39,4	40,4	41
4 HORAS	15,6	19,6	22,6	24,3	25,5	26,5	28,5	29,5	30,2	31,2	32	32,4
5 HORAS	13	16,3	18,8	20,2	21,3	22,1	23,7	24,5	25,2	26	26,6	27
6 HORAS	11,2	14	16,2	17,4	18,3	19	20,4	21,1	21,7	22,4	22,9	23,2
7 HORAS	9,9	12,3	14,2	15,3	16,1	16,7	18	18,6	19,1	19,7	20,2	20,5
8 HORAS	8,8	11	12,7	13,7	14,4	14,9	16,1	16,6	17,1	17,6	18	18,3
12 HORAS	6,3	7,9	9	9,7	10,2	10,6	11,4	11,8	12,1	12,5	12,8	13
14 HORAS	5,5	6,9	7,9	8,6	9	9,3	10	10,4	10,6	11	11,3	11,4
20 HORAS	4,1	5,1	5,9	6,3	6,6	6,9	7,4	7,6	7,9	8,1	8,3	8,4
24 HORAS	3,5	4,3	5	5,4	5,7	5,9	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,2

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	19,2	24	27,6	29,8	31,3	32,4	34,9	36,1	37	38,2	39,2	39,7
15 Minutos	24,9	31,2	35,9	38,7	40,6	42,2	45,4	46,9	48,2	49,7	50,9	51,7
20 Minutos	29,1	36,4	41,9	45,2	47,5	49,2	53	54,8	56,2	58	59,5	60,3
30 Minutos	35	43,9	50,5	54,4	57,2	59,4	63,9	66	67,8	69,9	71,7	72,7
45 Minutos	41,1	51,4	59,3	63,8	67,1	69,6	74,9	77,4	79,5	82	84,1	85,2
1 HORA	45,4	56,9	65,5	70,6	74,2	76,9	82,8	85,6	87,9	90,6	92,9	94,2
2 HORAS	54,6	68,3	78,7	84,8	89,1	92,5	99,5	102,9	105,6	108,9	111,7	113,2
3 HORAS	59,3	74,2	85,4	92	96,7	100,3	108	111,6	114,6	118,2	121,2	122,9
4 HORAS	62,6	78,3	90,2	97,2	102,1	105,9	114	117,9	121	124,8	127,9	129,8
5 HORAS	65,2	81,5	93,9	101,2	106,3	110,3	118,7	122,7	126	130	133,2	135,1
6 HORAS	67,3	84,2	97	104,5	109,8	113,9	122,6	126,7	130	134,2	137,5	139,5
7 HORAS	69	86,4	99,5	107,2	112,7	116,9	125,8	130	133,5	137,7	141,2	143,2

### Continuação

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
8 HORAS	70,6	88,3	101,8	109,6	115,2	119,5	128,6	132,9	136,5	140,8	144,3	146,4
12 HORAS	75,3	94,2	108,5	116,9	122,9	127,5	137,2	141,8	145,6	150,2	153,9	156,1
14 HORAS	77,1	96,5	111,1	119,7	125,8	130,5	140,4	145,2	149	153,7	157,6	159,8
20 HORAS	81,2	101,7	117,1	126,1	132,5	137,5	148	153	157	162	166,1	168,4
24 HORAS	83,4	104,3	120,1	129,4	136	141,1	151,8	156,9	161,1	166,2	170,4	172,8

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Chapada do Norte, foi registrada uma chuva de 70 mm com duração de 2 horas, 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:

$$T = \exp \left[ \frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (05)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 70 mm dividido por 2 h é igual a 35 mm/h. Substituindo os valores na equação 05 e considerando os parâmetros para durações superiores a 1 hora temos:

$$T = \exp \left[ \frac{35 \times 2 - 9,4319 \ln(2 + (2/60)) - 37,5161}{3,188 \ln(2 + (2/60)) + 12,7276} \right] = 5,6 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 5,6 anos corresponde a uma probabilidade de 17,9% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 35 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{5,6} 100 = 17,9\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Cidades*. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/IYP>. Acesso em setembro de 2014.

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

FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; GOMES FILHO, R. R.; 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: COPASA; UFV, 2001. 65 p.

ANEXO I

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

Máximo por Ano Hidrológico (Outubro a Setembro)

AI/AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI/AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1952/1953	23/11/1952	66,3	1979/1980	02/01/1980	60
1953/1954	05/11/1953	82	1992/1993	21/01/1993	72,8
1954/1955	18/11/1954	120,8	1993/1994	05/03/1994	74,3
1955/1956	21/11/1955	109,8	1994/1995	21/12/1994	77,8
1959/1960	26/01/1960	82,8	1995/1996	19/11/1995	69,5
1960/1961	28/01/1961	79,6	1996/1997	25/11/1996	54,4
1961/1962	20/01/1962	71,4	1997/1998	18/01/1998	56,4
1962/1963	11/11/1962	54,7	1998/1999	04/01/1999	110
1963/1964	16/12/1963	61,4	1999/2000	22/01/2000	66,01
1964/1965	04/02/1965	49,6	2000/2001	08/11/2000	60,4
1965/1966	22/11/1965	38,7	2001/2002	19/11/2001	67,7
1966/1967	21/12/1966	47,3	2002/2003	07/11/2002	68
1967/1968	24/12/1967	52,1	2003/2004	17/01/2004	112
1968/1969	09/12/1968	82,3	2004/2005	13/02/2005	50
1969/1970	05/12/1969	63,6	2005/2006	08/12/2005	47
1970/1971	17/12/1970	84,1	2006/2007	11/11/2006	105
1971/1972	21/11/1971	60,2	2007/2008	03/03/2008	62
1972/1973	17/01/1973	73,8	2008/2009	23/01/2009	92,4
1973/1974	28/11/1973	90,8	2009/2010	31/10/2009	117
1974/1975	04/12/1974	57,3	2010/2011	27/10/2010	66
1975/1976	15/10/1975	41,2	2011/2012	24/11/2011	63
1976/1977	08/11/1976	39,8	2012/2013	20/01/2013	67,6
1977/1978	19/11/1977	69,4	2013/2014	27/11/2013	118
1978/1979	31/01/1979	136			

## ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por COPASA/UFV (Freitas *et al.*, 2001) para o município de Carbonita

10 Minutos/1 HORA	15 Minutos/1 HORA	30 Minutos/1 HORA	45 Minutos/1 HORA
0,42	0,55	0,77	0,91

1 HORA/24 HORAS	2 HORAS/24 HORAS	3 HORAS/24 HORAS	4 HORAS/24 HORAS	8 HORAS/24 HORAS	14 HORAS/24 HORAS
0,55	0,67	0,73	0,77	0,86	0,93

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

# 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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários  
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002  
Tel.: 31 3878-0300 - Fax: 31 3878-0383

### 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  
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



**PAC**