

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: Cariacica

Estação Pluviométrica: Duas Bocas

Código ANA: 02040014

 **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: Cariacica - ES**

**Estação Pluviométrica: Estação Duas Bocas,  
Código 02040014**

**FORTALEZA  
2017**

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  
Residência de Fortaleza

Copyright © 2017 CPRM - Residência de Fortaleza  
Av. Antônio Sales 1418 – Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - 60.135-101  
Telefone: 0(xx)(85)3878-0226  
Fax: 0(xx)(85) 3878-0240  
<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: Cariacica/ES. Estação Pluviométrica: Duas Bocas, Código 02040014. José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Fortaleza, CE: CPRM, 2017.

9p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - FARIAS, J. A. 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**

Antônio 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

## **RESIDÊNCIA DE FORTALEZA**

*Darlan Filgueira Maciel*  
**Chefe da Residência**

*Jaime Quintas dos Santos Colares*  
**Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Antônio Maurilio Vasconcelos*  
**Assistente de Geologia e Recursos Minerais**

*Francisco Edson Mendonça Gomes*  
**Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Francisco de Assis Vasconcelos*  
**Assistente 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 memoriam*)

**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 Cariacica/ES onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Duas Bocas, Código 02040014. Esta estação fica localizada no próprio município de Cariacica/ES.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Cariacica/ES.

O município de Cariacica está localizado no Estado do Espírito Santo, na microrregião de Vitória e mesorregião Central Espírito-santense, a 15 km da Capital do Estado, fazendo fronteira com os municípios de Santa Leopoldina, Vila Velha, Viana e Vitória e Serra. O município de Cariacica/ES possui área de 280 km<sup>2</sup> (IBGE) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 30 metros. Apresenta uma população de 348.738 habitantes (IBGE, 2010).

A Estação Duas Bocas, código 02040014, está localizada na Latitude 20°15'41,04"S e Longitude 40°28'45,12"W, no próprio município de Cariacica, nas proximidades da reserva ecológica Duas Bocas. Esta estação pluviométrica continua em atividade, 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 e constam do Anexo I. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

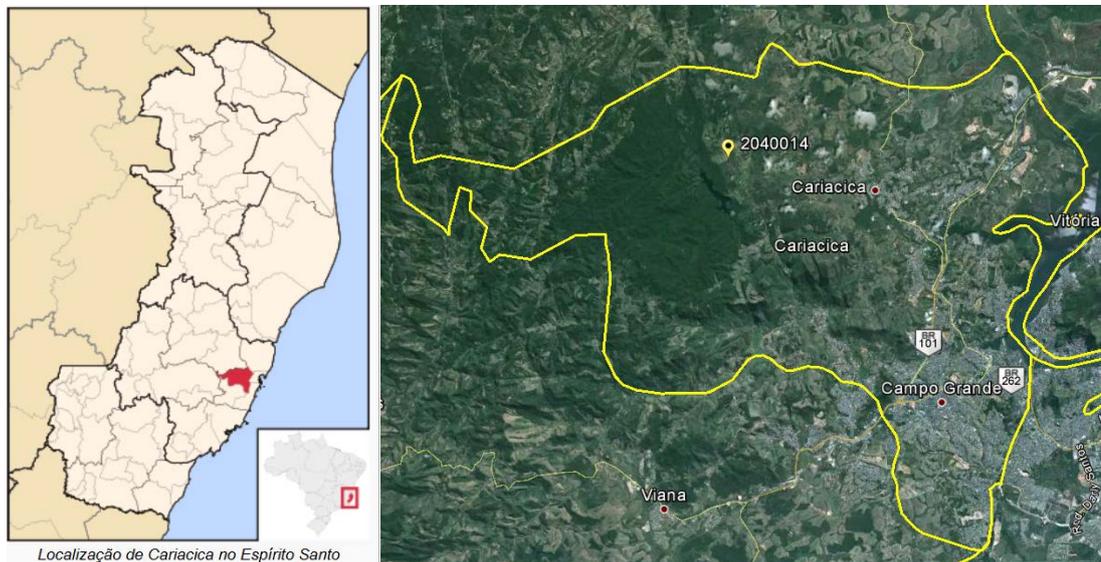


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fontes: Wikipédia e Google, 2013)

## 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 Duas Bocas, código 02040014, 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 Logística, 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 o município de Vitória, distante 15 km da estação de Duas Bocas que constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

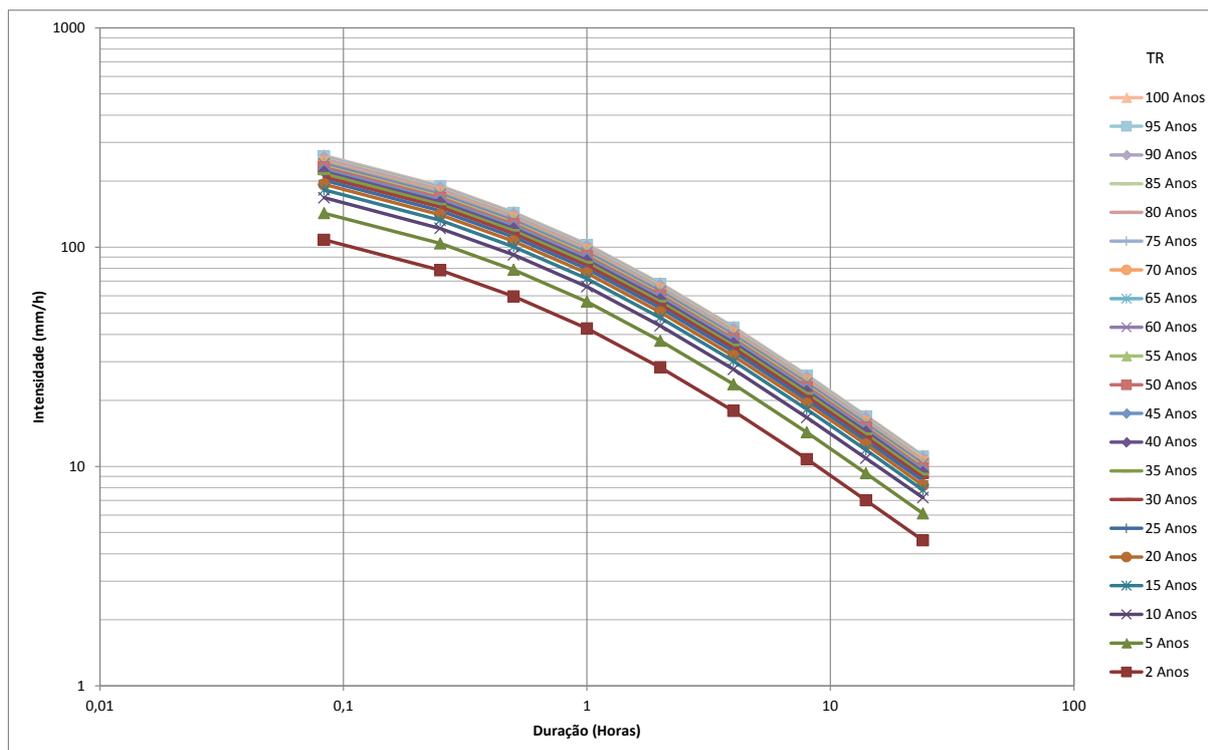


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Cariacica, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 8,4869 ; b = 16,6190 ; c = 13,9588 ; d = 27,3260 \text{ e } \delta = 12$$

$$i = \left\{ \left[ (8,4869 \ln(T) + 16,6190) \cdot \ln(t + (12/60)) \right] + 13,9588 \ln(T) + 27,3260 \right\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos.

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

$$a = 8,0778 ; b = 15,7942 ; c = 14,6191 ; d = 28,6212 \text{ e } \delta = 7$$

$$i = \left\{ \left[ (8,0778 \ln(T) + 15,7942) \cdot \ln(t + (7/60)) \right] + 14,6191 \ln(T) + 28,6212 \right\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno 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 de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	103,5	139,3	166,4	182,2	193,4	202,2	220,5	229,2	236,4	245,1	252,2	256,3
10 Minutos	86,6	116,5	139,1	152,4	161,8	169,1	184,4	191,7	197,6	204,9	210,9	214,3
15 Minutos	76,1	102,5	122,4	134	142,3	148,7	162,2	168,6	173,8	180,3	185,5	188,5
20 Minutos	68,6	92,3	110,2	120,7	128,1	133,9	146,1	151,8	156,6	162,3	167,1	169,8
30 Minutos	58	78	93,1	102	108,3	113,2	123,4	128,3	132,3	137,2	141,2	143,5
45 Minutos	47,8	64,3	76,8	84,1	89,3	93,3	101,8	105,8	109,1	113,1	116,4	118,3
1 HORA	41,1	55,3	66,1	72,3	76,8	80,3	87,6	91	93,8	97,3	100,1	101,8
2 HORAS	27,4	36,9	44	48,2	51,2	53,5	58,4	60,7	62,6	64,9	66,8	67,8
3 HORAS	21	28,3	33,8	37	39,3	41,1	44,8	46,6	48	49,8	51,2	52,1
4 HORAS	17,3	23,2	27,7	30,4	32,3	33,7	36,8	38,2	39,4	40,9	42	42,7
5 HORAS	14,7	19,8	23,7	25,9	27,5	28,8	31,4	32,6	33,7	34,9	35,9	36,5
6 HORAS	12,9	17,4	20,8	22,7	24,1	25,2	27,5	28,6	29,5	30,6	31,5	32
7 HORAS	11,5	15,5	18,5	20,3	21,6	22,5	24,6	25,5	26,3	27,3	28,1	28,6
8 HORAS	10,4	14,1	16,8	18,4	19,5	20,4	22,3	23,1	23,9	24,7	25,4	25,9
12 HORAS	7,7	10,3	12,3	13,5	14,3	15	16,4	17	17,5	18,2	18,7	19
14 HORAS	6,8	9,2	11	12	12,7	13,3	14,5	15,1	15,6	16,1	16,6	16,9
20 HORAS	5,1	6,9	8,3	9,1	9,6	10,1	11	11,4	11,8	12,2	12,5	12,8
24 HORAS	4,5	6	7,2	7,8	8,3	8,7	9,5	9,9	10,2	10,5	10,8	11

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
6 Minutos	8,6	11,6	13,9	15,2	16,1	16,8	18,4	19,1	19,7	20,4	21	21,4
10 Minutos	14,4	19,4	23,2	25,4	27	28,2	30,7	31,9	32,9	34,2	35,1	35,7
15 Minutos	19	25,6	30,6	33,5	35,6	37,2	40,5	42,2	43,5	45,1	46,4	47,1
20 Minutos	22,9	30,8	36,7	40,2	42,7	44,6	48,7	50,6	52,2	54,1	55,7	56,6
30 Minutos	29	39	46,6	51	54,1	56,6	61,7	64,2	66,2	68,6	70,6	71,7
45 Minutos	35,8	48,2	57,6	63,1	67	70	76,4	79,4	81,8	84,9	87,3	88,8
1 HORA	41,1	55,3	66,1	72,3	76,8	80,3	87,6	91	93,8	97,3	100,1	101,8
2 HORAS	54,8	73,7	88,1	96,5	102,4	107	116,7	121,4	125,1	129,7	133,5	135,7
3 HORAS	63,1	84,9	101,4	111	117,9	123,2	134,4	139,7	144	149,3	153,7	156,2
4 HORAS	69	92,9	111	121,5	129	134,8	147,1	152,9	157,6	163,4	168,2	170,9
5 HORAS	73,7	99,2	118,4	129,7	137,7	143,9	157	163,2	168,3	174,5	179,5	182,5
6 HORAS	77,5	104,3	124,6	136,4	144,8	151,4	165,1	171,6	177	183,5	188,8	191,9
7 HORAS	80,7	108,7	129,8	142,1	150,9	157,7	172	178,8	184,4	191,2	196,7	199,9
8 HORAS	83,6	112,4	134,3	147,1	156,2	163,2	178	185,1	190,8	197,8	203,6	206,9
12 HORAS	92,1	124	148,1	162,2	172,2	179,9	196,3	204	210,4	218,1	224,5	228,1
14 HORAS	95,4	128,4	153,3	167,9	178,3	186,3	203,2	211,3	217,8	225,9	232,4	236,2
20 HORAS	103	138,6	165,5	181,3	192,5	201,1	219,4	228,1	235,2	243,8	250,9	255
24 HORAS	106,8	143,8	171,8	188,1	199,7	208,7	227,7	236,7	244	253	260,4	264,6

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Cariacica, foi registrada uma Chuva de 44mm com duração de 15 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 44 mm dividido por 0,25 h é igual a 176 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[ \frac{176 \times 0,25 - 16,6190 \ln(0,25 + (12/60)) - 27,3260}{8,4869 \ln(0,25 + (12/60)) + 13,9588} \right] = 64,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 64,7 anos corresponde a uma probabilidade de 1,55% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 176 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{64,7} 100 = 1,55\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 64,7 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de micro drenagem de Cariacica, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Outubro de 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=320130&search=espírito-santo|cariacica>. Acesso em Outubro de 2013.
- PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.
- PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.
- TABORGA, J. T. *Práticas Hidrológicas*. TRANSCON Consultoria Técnica Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1974.
- WIKIPEDIA, 2013. Ficheiro – Espírito Santo - Município de Cariacica. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cariacica>. Acesso em: Outubro de 2013.

ANEXO I

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

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1952	1953	17/02/1953	60,3	1982	1983	24/01/1983	141,1
1953	1954	01/01/1954	50,8	1983	1984	28/03/1984	148,0
1954	1955	02/04/1955	60,0	1984	1985	29/12/1984	125,0
1955	1956	29/09/1956	114,0	1986	1987	08/12/1986	94,0
1956	1957	28/12/1956	106,5	1987	1988	13/11/1987	127,3
1957	1958	22/11/1957	105,2	1988	1989	12/12/1988	75,0
1958	1959	28/11/1958	99,3	1989	1990	04/11/1989	60,2
1959	1960	09/03/1960	231,5	1998	1999	04/01/1999	83,2
1960	1961	14/01/1961	106,2	1999	2000	22/11/1999	110,4
1961	1962	27/01/1962	183,3	2000	2001	15/11/2000	45,8
1962	1963	29/10/1962	61,0	2001	2002	17/11/2001	91,0
1963	1964	02/04/1964	61,0	2002	2003	11/12/2002	87,4
1964	1965	01/05/1965	79,0	2003	2004	17/02/2004	117,2
1965	1966	24/11/1965	125,0	2004	2005	12/06/2005	105,0
1972	1973	14/04/1973	61,3	2005	2006	15/12/2005	153,7
1973	1974	03/01/1974	77,4	2006	2007	14/11/2006	104,0
1975	1976	24/09/1976	67,0	2007	2008	18/11/2007	84,7
1977	1978	11/07/1978	154,3	2008	2009	07/01/2009	115,7
1978	1979	04/02/1979	122,1	2009	2010	29/10/2009	142,0
1979	1980	18/04/1980	106,3	2010	2011	27/12/2010	206,7
1980	1981	03/12/1980	96,1	2011	2012	02/01/2012	123,2
1981	1982	25/03/1982	102,1				

## ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Vitória-ES

5 Minutos / 1 Hora	15 Minutos/ 1 Hora	30 Minutos/ 1 Hora	1 Hora/ 24 Horas
0,21	0,46	0,70	0,38

2 Horas/ 24 Horas	4 Horas/ 24 Horas	8 Horas/ 24 Horas	14 Horas/ 24 Horas
0,51	0,65	0,78	0,89

## 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

### Residência de Fortaleza

Av. Antonio Sales, 1.418 - Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101  
Tel.: 85 3246-1242 - Fax: 85 3246-1686

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

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

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



**PAC**