

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: Gurupá  
Estação Pluviométrica: Areias  
Código ANA: 00151002

 **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: Gurupá - PA**

**Estação Pluviométrica: Areias  
Código: 00151002**

**BELO HORIZONTE  
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE  
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência de Belo Horizonte

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1731 – Funcionários  
Belo Horizonte - MG – 30.140-002  
Telefone: 0(xx)(31)3878-0307  
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: Gurupá/PA. Estação Pluviométrica: Areias , Código 00151002. Luana Kessia Lucas Alves Martins; Eber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte, MG: CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – MARTINS, L. K. L. A.; 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**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Luiz Eduardo Barata

**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**

Demetrius Ferreira e Cruz

Janaina Gomes Pires da Silva

Ladice Peixoto

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**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 BELO HORIZONTE**

*Paulo César de Souza*  
**Superintendente**

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

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

*Frederico André Favre*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Cléria Sebastiana Vieira*  
**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

**Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

**Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Marlon Colombo Hoelzel

**Coordenadores Regionais do Projeto**

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

**Equipe Executora**

Adriano da Silva Santos – Sureg/RE

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 Silvado Nascimento – RETE

Luana Kessia Lucas Alves Martins – Sureg/BH  
Osvalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA  
Vanesca Sartorelli Medeiros - Sureg/SP

### **Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

#### **Apoio Técnico**

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA  
Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA  
Celina Monteiro – Sureg/BE  
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  
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 Dausg Borges Fortes - Sureg/PA  
Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes - Sureg/BH  
Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE  
Ivo Cleiton Costa Bonfim - REFO  
João Paulo Lopes Chaves Miranda - Sureg/BH  
José Érico Nascimento Barros - Sureg/RE  
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 Gurupá, estado do Pará, onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Areias, localizada no município de Melgaço, código 00151002.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada para o município de Gurupá e região, localizado no estado do Pará, na mesorregião de Marajó, a 350 km de Belém, capital do estado. O município de Gurupá possui área de 8.540,113 Km<sup>2</sup> e faz divisa com Estado do Amapá. Segundo o IBGE sua população era de 29.062 habitantes em 2010, conforme o censo demográfico e foi estimada em 31.623 pessoas em 2015.

A estação pluviométrica Areias, código 00151002 está localizada no município de Melgaço, vizinho a Gurupá, nas coordenadas S 1°12'47,2'' e W 51°15'43,9''. A mesma foi instalada em março de 1982 e dista cerca de 47 Km da sede do município de Gurupá. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris.

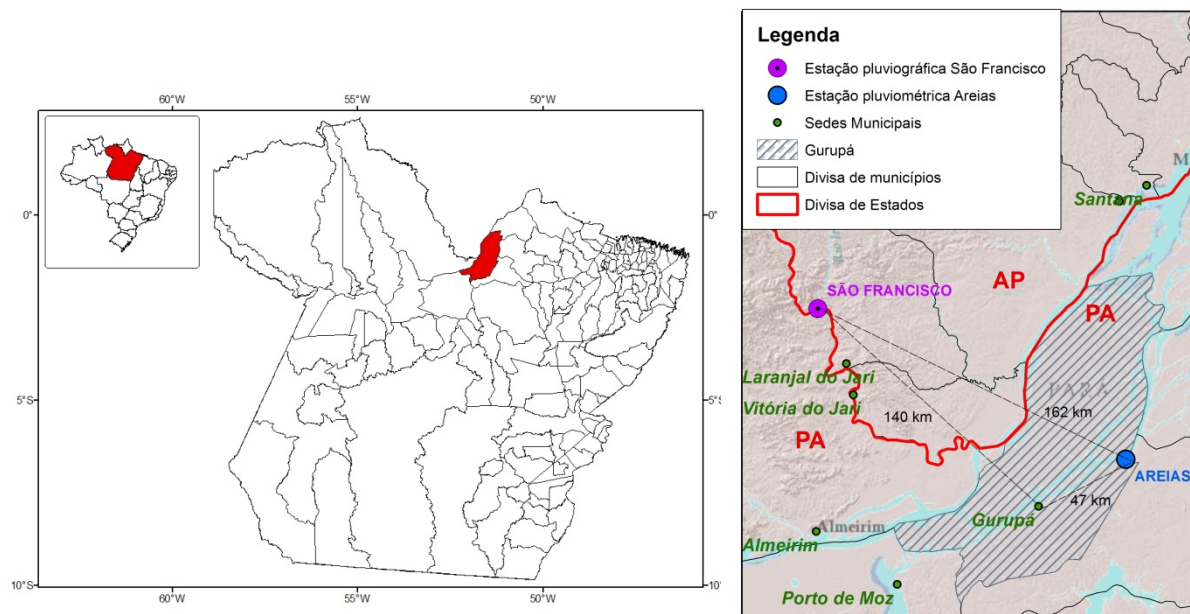


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

## 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 Areias, código 00151002, 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 Martins e Pinto (2016) para o município de Laranjal do Jari, utilizando dados da estação São Francisco, distante 162 km da estação Areias (vide Figura 1 acima). As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.



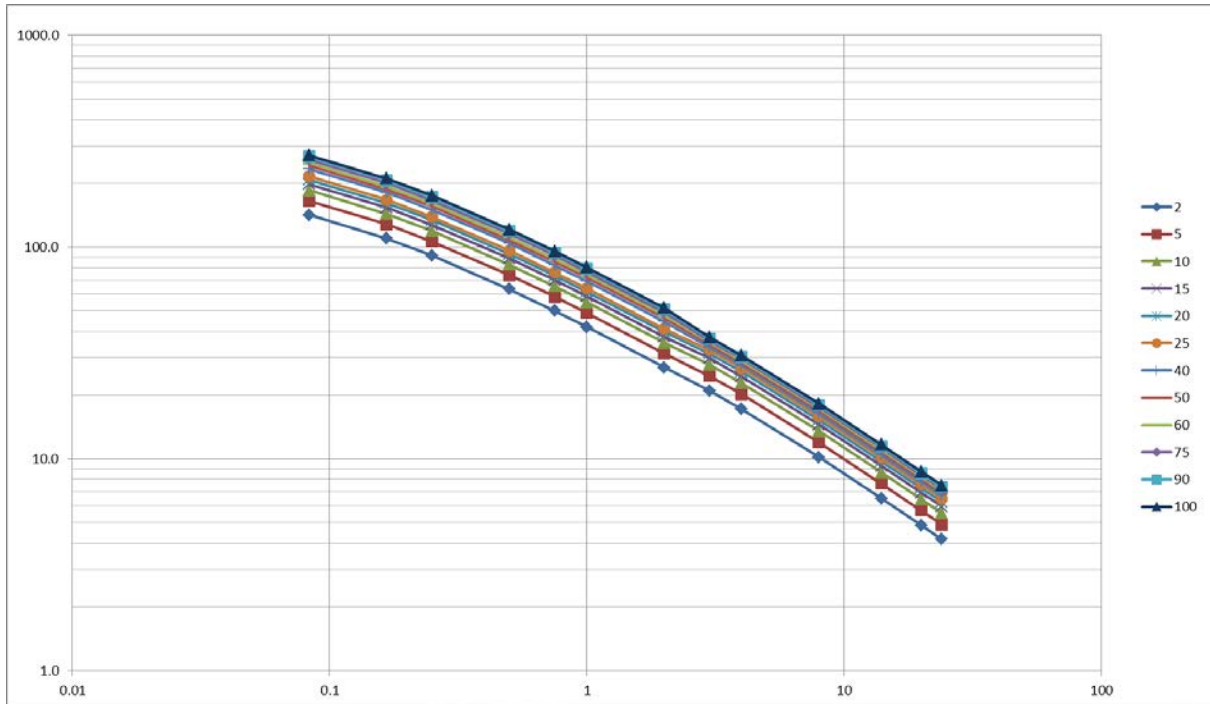


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Areias foram definidas duas equações, conforme os seguintes parâmetros:

$$5\text{min} \leq t \leq 2\text{h}$$

$$a = 646,9; b = 0,1659; c = 6; d = 0,6802$$

$$i = \frac{646,9T^{0,1659}}{(t+6)^{0,6802}} \quad (02)$$

$$2\text{ h} < t \leq 24\text{h}$$

$$a = 1853,2; b = 0,1759; c = 50; d = 0,8508$$

$$i = \frac{1853,2T^{0,1759}}{(t+50)^{0,8508}} \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos até 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	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	142.0	165.4	185.5	198.4	208.1	216.0	233.5	242.3	249.7	259.2	267.1	271.8
10 Minutos	110.1	128.2	143.8	153.8	161.3	167.4	181.0	187.8	193.5	200.8	207.0	210.7
15 Minutos	91.5	106.5	119.5	127.8	134.1	139.1	150.4	156.1	160.9	166.9	172.1	175.1
30 Minutos	63.4	73.8	82.8	88.6	92.9	96.4	104.2	108.2	111.5	115.7	119.2	121.4
45 Minutos	50.0	58.3	65.4	69.9	73.3	76.1	82.2	85.4	88.0	91.3	94.1	95.8
1 HORA	42.0	48.9	54.8	58.7	61.5	63.8	69.0	71.6	73.8	76.6	79.0	80.3
2 HORAS	27.0	31.5	35.3	37.8	39.6	41.1	44.5	46.1	47.6	49.3	50.9	51.8
3 HORAS	20.5	24.1	27.2	29.2	30.7	31.9	33.0	33.9	34.7	35.4	36.1	36.7
4 HORAS	16.8	19.8	22.3	24.0	25.2	26.2	27.1	27.8	28.5	29.1	29.6	30.1
8 HORAS	10.1	11.8	13.4	14.4	15.1	15.7	16.2	16.7	17.1	17.4	17.7	18.0
14 HORAS	6.5	7.6	8.6	9.2	9.7	10.1	10.4	10.7	11.0	11.2	11.4	11.6
20 HORAS	4.9	5.7	6.4	6.9	7.3	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.5	8.7
24 HORAS	4.2	4.9	5.5	6.0	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	7.5

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	11.8	13.8	15.5	16.5	17.3	18.0	19.5	20.2	20.8	21.6	22.3	22.7
10 Minutos	18.3	21.4	24.0	25.6	26.9	27.9	30.2	31.3	32.3	33.5	34.5	35.1
15 Minutos	22.9	26.6	29.9	32.0	33.5	34.8	37.6	39.0	40.2	41.7	43.0	43.8
30 Minutos	31.7	36.9	41.4	44.3	46.5	48.2	52.1	54.1	55.7	57.8	59.6	60.7
45 Minutos	37.5	43.7	49.0	52.4	55.0	57.1	61.7	64.0	66.0	68.5	70.6	71.8
1 HORA	42.0	48.9	54.8	58.7	61.5	63.8	69.0	71.6	73.8	76.6	79.0	80.3
2 HORAS	54.1	63.0	70.6	75.6	79.3	82.2	88.9	92.3	95.1	98.7	101.7	103.5
3 HORAS	61.5	72.2	81.6	87.6	92.2	95.8	99.0	101.7	104.1	106.3	108.3	110.1
4 HORAS	67.3	79.1	89.3	95.9	100.9	104.9	108.3	111.3	114.0	116.4	118.5	120.5
8 HORAS	80.6	94.7	106.9	114.8	120.8	125.6	129.7	133.3	136.5	139.3	141.9	144.3
14 HORAS	90.7	106.6	120.4	129.3	136.0	141.5	146.1	150.1	153.6	156.9	159.8	162.5
20 HORAS	97.1	114.0	128.8	138.3	145.5	151.4	156.3	160.6	164.4	167.8	171.0	173.9
24 HORAS	100.3	117.9	133.1	143.0	150.4	156.4	161.5	166.0	169.9	173.5	176.7	179.7

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Gurupá, foi registrada uma chuva de 80 mm com duração de 1 hora, 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:

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

Como a duração da chuva é de 1 hora devem ser utilizados os parâmetros da equação 02. A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 80 mm dividido por 1 h é igual a 80 mm/h. Substituindo os valores de intensidade e duração na equação 04 temos:

$$T = \left[ \frac{80(60 + 6)^{0,6802}}{646,9} \right]^{1/0,1659} = 97 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 97 anos corresponde a uma probabilidade de 1,0% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou:

$$P(i \geq 80\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{97} 100 = 1,0\%$$

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. *Cidades*. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/AYB>. Acesso em Maio de 2016.

MARTINS, L. K. L. A.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil - Equações Intensidade-Duração-Frequência - Município: Laranjal do Jari/AP* – Belo Horizonte: CPRM, 2016.

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1981	1982	26/03/1982	52.8
1982	1983	08/03/1983	57
1983	1984	26/10/1983	104
1984	1985	12/10/1984	95.1
1985	1986	25/12/1985	120.4
1986	1987	28/04/1987	75
1987	1988	02/04/1988	77.81
1988	1989	17/05/1989	118.5
1989	1990	22/12/1989	96.8
1990	1991	16/01/1991	96.3
1991	1992	30/10/1991	64.2
1992	1993	02/05/1993	68.5
1993	1994	11/07/1994	60
1994	1995	28/02/1995	64.3
1995	1996	20/06/1996	88
1996	1997	23/11/1996	81.5
1997	1998	10/03/1998	80
1998	1999	21/04/1999	107.7
1999	2000	08/01/2000	99.9
2000	2001	23/06/2001	69.7
2001	2002	07/01/2002	70.3
2002	2003	01/04/2003	77.5
2003	2004	23/05/2004	78.1
2004	2005	07/06/2005	65.6
2005	2006	04/03/2006	79.2
2006	2007	28/01/2007	97.8
2007	2008	25/03/2008	129.7
2008	2009	25/05/2009	103.2
2009	2010	12/02/2010	77.8
2010	2011	19/01/2011	131.1
2011	2012	14/02/2012	60.8
2012	2013	07/12/2012	139.8
2013	2014	26/02/2014	53.8
2014	2015	5/12/2014	45.2

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Martins et al. (2016) para o município de Laranjal do Jari/AP.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,94	0,87	0,69	0,62	0,54	0,42

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,89	0,75	0,54	0,44	0,28

## 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

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



**PAC**