

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: Laranjal do Jari
Estação Pluviográfica: São Francisco
Código ANA: 00052000

 **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**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**

Município: Laranjal do Jari/AP

**Estação Pluviográfica: São Francisco
Código: 00052000**

**BELO HORIZONTE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

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

Copyright © 2017 CPRM - Superintendência de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 – 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.
Município: Laranjal do Jari, Estação Pluviográfica: São Francisco Código
00052000. Luana Kessia Lucas Alves Martins e Eber José de Andrade Pinto –
Belo Horizonte: CPRM, 2017.

11p.; 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

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.

Este relatório apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Laranjal do Jari (Amapá), para a qual foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica de São Francisco, código 00052000. Esta estação é operada pela CPRM, sob responsabilidade da ANA (Agência Nacional de Águas).

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Laranjal do Jari e regiões circunvizinhas.

O município de Laranjal do Jari está localizado na mesorregião Sul do estado do Amapá, a cerca de 190 km em linha reta de Macapá, capital do estado. O município possui área de 30.782,998 Km² e faz divisa com o Estado do Pará. Segundo o IBGE sua população era de 39.942 habitantes em 2010, conforme o censo demográfico, e foi estimada em 45.712 pessoas em 2015.

A estação pluviográfica São Francisco, código 00052000, conta com um pluviógrafo IH e está localizada na Latitude 0°34'16" S e Longitude 52°34'30" W. A mesma foi instalada em dezembro de 1980. Na data de elaboração do presente relatório estavam disponíveis registros de dados entre os anos de 1990 e 2013.

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

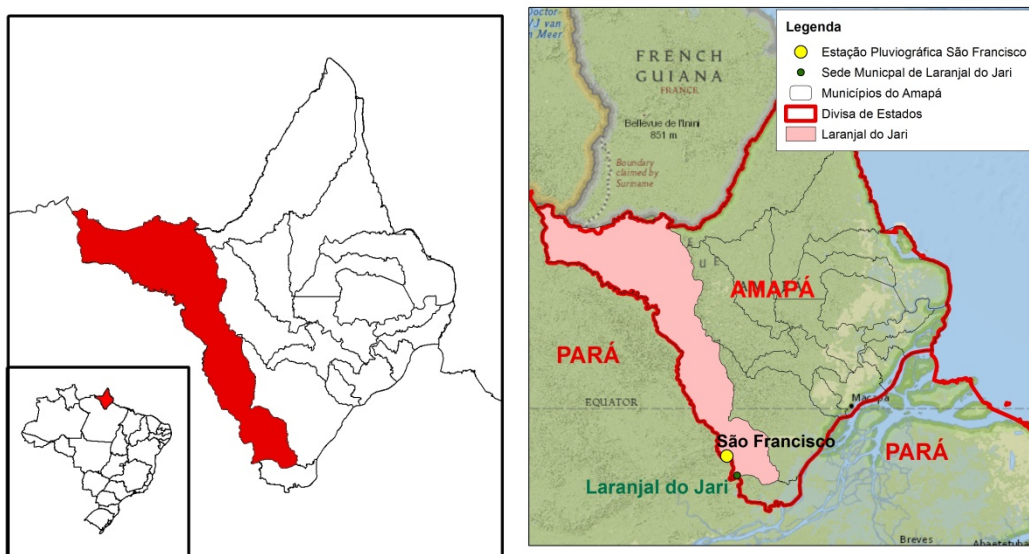


Figura 1 – Localização do Município de Laranjal do Jari e da Estação de São Francisco

2 – EQUAÇÕES

A metodologia para definição da equação utilizando os dados pluviográficos está descrita em detalhes em Pinto (2013).

Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação São Francisco, código 00052000, foram utilizadas séries de duração parcial, apresentadas no Anexo I. A montagem das séries foi realizada utilizando 14 anos, no período de 1990 a 2013. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. O Anexo II apresenta as relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações calculadas com os resultados das análises de frequência.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

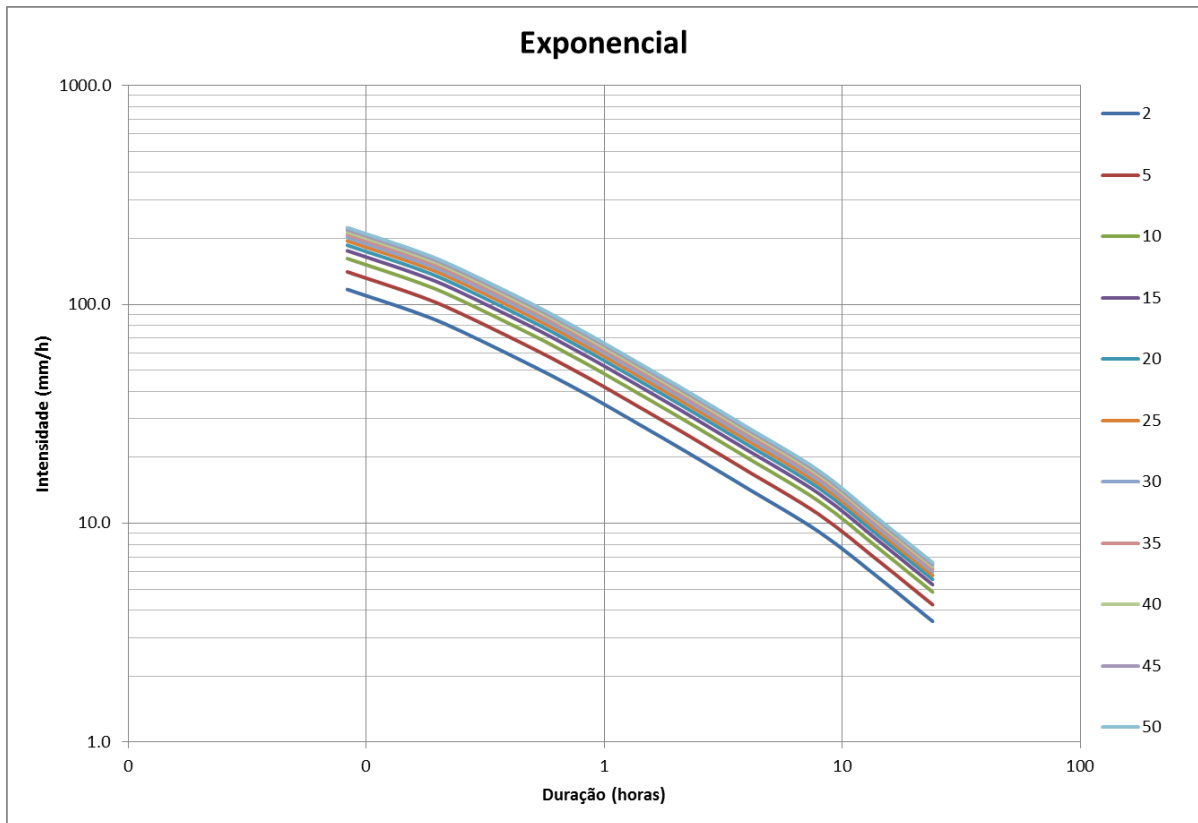


Figura 2 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 São Francisco foram definidas três equações, conforme os seguintes parâmetros:

$5 \text{ min} \leq t \leq 30 \text{ min}$

$a = 526,7; b = 0,2019; c = 6,1; d = 0,6831$

$$i = \frac{526,7T^{0,2019}}{(t+6,1)^{0,6831}} \quad (02)$$

$30 \text{ min} < t \leq 8 \text{ h}$

$a = 510,2; b = 0,1995; c = 6,0; d = 0,6728$

$$i = \frac{510,2T^{0,1995}}{(t+6,0)^{0,6728}} \quad (03)$$

$8 \text{ h} < t \leq 24 \text{ h}$

$a = 1867,6; b = 0,1917; c = 0,0; d = 0,8794$

$$i = \frac{1867,6T^{0,1917}}{(t)^{0,8794}} \quad (04)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 50 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, T (anos)							
	2	5	10	15	20	25	40	50
5 Minutos	117,0	140,8	162,0	175,8	186,3	194,9	214,3	224,1
10 Minutos	90,8	109,2	125,6	136,3	144,5	151,2	166,2	173,9
15 Minutos	75,5	90,8	104,4	113,3	120,1	125,7	138,2	144,5
30 Minutos	52,3	62,9	72,4	78,5	83,2	87,1	95,7	100,2
45 Minutos	41,6	49,9	57,3	62,2	65,8	68,8	75,6	79,0
1 HORA	35,0	42,0	48,2	52,3	55,3	57,9	63,6	66,5
2 HORAS	22,6	27,2	31,2	33,8	35,8	37,5	41,1	43,0
3 HORAS	17,4	20,9	24,0	26,0	27,6	28,8	31,7	33,1
4 HORAS	14,4	17,3	19,9	21,6	22,8	23,9	26,2	27,4
8 HORAS	9,1	11,0	12,6	13,6	14,4	15,1	16,6	17,3
14 HORAS	5,7	6,8	7,8	8,4	8,9	9,3	10,2	10,6
20 HORAS	4,2	5,0	5,7	6,2	6,5	6,8	7,4	7,7
24 HORAS	3,6	4,2	4,8	5,2	5,5	5,8	6,3	6,6

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)							
	2	5	10	15	20	25	40	50
5 Minutos	9,8	11,7	13,5	14,6	15,5	16,2	17,9	18,7
10 Minutos	15,1	18,2	20,9	22,7	24,1	25,2	27,7	29,0
15 Minutos	18,9	22,7	26,1	28,3	30,0	31,4	34,5	36,1
30 Minutos	26,1	31,5	36,2	39,3	41,6	43,5	47,9	50,1
45 Minutos	31,2	37,4	43,0	46,6	49,4	51,6	56,7	59,3
1 HORA	35,0	42,0	48,2	52,3	55,3	57,9	63,6	66,5
2 HORAS	45,3	54,3	62,4	67,7	71,6	74,9	82,3	86,0
3 HORAS	52,2	62,7	72,0	78,1	82,7	86,5	95,0	99,3
4 HORAS	57,7	69,3	79,6	86,3	91,4	95,5	104,9	109,7
8 HORAS	73,0	87,6	100,6	109,1	115,6	120,8	132,7	138,7
14 HORAS	80,1	95,5	109,0	117,8	124,5	130,0	142,2	148,4
20 HORAS	83,6	99,6	113,8	123,0	130,0	135,7	148,5	154,9
24 HORAS	85,5	101,9	116,3	125,7	132,9	138,7	151,8	158,4

3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Laranjal do Jari, foi registrada uma chuva de 120 mm com duração de 4 horas. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária à inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (05)$$

Como a duração da chuva é de 4 horas devem ser utilizados os parâmetros da equação 03. A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 100 mm dividido por 4 h é igual a 25 mm/h. Substituindo os valores de intensidade e duração na equação 05 temos:

$$T = \left[\frac{25(240 + 6,0)^{0,6728}}{510,2} \right]^{1/0,1995} = 31,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 31,5 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 3,2%, ou

$$P(i \geq 25 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{31,5} 100 = 3,2\%$$

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. *Cidades*. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/4C1>. Acesso em maio de 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 por Duração – Altura de Chuva (mm)

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA
16/05/1990	9,3	16/05/1990	14,2	16/05/1990	18,8	03/06/1993	27,3	22/03/1990	33,8	22/03/1990	39,1
03/06/1993	9,1	07/11/1993	12,9	03/06/1993	17,3	07/11/1993	29,99	07/11/1993	40,9	07/11/1993	48,5
07/11/1993	9,3	04/11/1994	12,6	07/11/1993	19,2	04/11/1994	31,6	02/04/1994	33,6	04/11/1994	41,5
04/11/1994	9,2	06/04/2009	13,0	04/11/1994	19,3	17/03/1995	27,7	04/11/1994	37,9	07/03/1995	38,8
30/05/2009	12,9	30/05/2009	20,0	17/03/1995	17,4	30/05/2009	34,7	17/03/1995	34,6	17/03/1995	39,9
07/03/2010	12,9	07/03/2010	20,0	30/05/2009	24,6	07/03/2010	35	04/03/2002	33,31	23/01/1996	38,6
15/04/2010	11,6	15/04/2010	16,6	07/03/2010	25,0	05/05/2010	36,7	17/10/2003	33,3	04/03/2002	41,41
04/05/2010	10,8	05/05/2010	30,0	15/04/2010	18,6	11/03/2011	30	26/12/2008	32,91	17/10/2003	41,4
05/05/2010	20,0	27/03/2011	20,0	05/05/2010	31,7	27/03/2011	29,6	30/05/2009	42,5	30/05/2009	50
27/03/2011	10,0	29/02/2012	15,6	27/03/2011	22,5	06/05/2011	27	07/03/2010	41,8	07/03/2010	47,2
29/02/2012	10,6	28/04/2012	14,6	29/02/2012	18,1	14/11/2011	29,98	05/05/2010	41,2	11/04/2010	39,2
28/04/2012	9,6	19/04/2013	13,2	28/04/2012	19,3	05/05/2012	30,02	11/03/2011	45	05/05/2010	44,7
23/04/2013	10,0	23/04/2013	20,0	19/04/2013	17,7	07/06/2012	30,01	07/06/2012	38	11/03/2011	56,2
12/05/2013	9,0	12/05/2013	14,0	23/04/2013	30,0	23/04/2013	50	23/04/2013	55,6	23/04/2013	60,6
DATA	2 h	DATA	4 h	DATA	8 h	DATA	14 h	DATA	20 h	DATA	24 h
07/11/1993	50,8	15/01/1996	62,1	15/01/1996	63,7	01/04/1994	77,7	16/03/1993	73,9	01/04/1994	100,1
04/11/1994	50,9	05/03/1996	54,4	19/03/1996	61,7	15/01/1996	68,7	01/04/1994	80,3	15/01/1996	91,7
07/03/1995	50,4	19/03/1996	55,4	23/02/2003	75	20/01/2002	72,1	20/01/2002	75,3	20/01/2002	76,3
15/01/1996	52,3	23/02/2003	67,1	17/08/2003	73,11	23/02/2003	76,1	23/02/2003	76,1	23/02/2003	77,2
05/03/1996	48,8	17/10/2003	60,8	05/04/2008	119,7	17/08/2003	73,1	05/04/2008	128,5	05/04/2008	135
04/03/2002	48,6	05/04/2008	93,4	10/05/2008	84,3	05/04/2008	122	10/05/2008	90	10/05/2008	90
17/10/2003	53,2	10/05/2008	67,6	26/02/2009	76,3	10/05/2008	90	25/02/2009	82	25/02/2009	83,6
05/04/2008	60,5	26/02/2009	55,2	30/03/2009	73,1	26/02/2009	79,4	30/03/2009	73,8	30/05/2009	91
30/05/2009	67,5	30/05/2009	73,6	30/05/2009	81,1	30/03/2009	73,8	30/05/2009	90,6	11/04/2010	86,6
07/03/2010	50,4	07/03/2010	62,2	07/03/2010	64,2	30/05/2009	85,9	11/04/2010	86,4	14/04/2010	78
28/03/2010	50,0	28/03/2010	55,0	11/04/2010	84,6	11/04/2010	85,8	14/04/2010	75	11/03/2011	113,6
11/04/2010	53,0	11/04/2010	76,3	11/03/2011	94,1	11/03/2011	99,8	11/03/2011	113,2	05/05/2011	87,8
11/03/2011	72,7	11/03/2011	82,7	22/04/2013	122,3	22/04/2013	142,2	05/05/2011	86,9	17/05/2011	85,6
23/04/2013	76,4	23/04/2013	79,6	12/05/2013	65,4	01/05/2013	68,4	22/04/2013	142,2	22/04/2013	142,3

ANEXO II

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd1/Pd2)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 5 min/10 min	Relação 10 min/15 min	Relação 15 min/30 min	Relação 30 min/45 min	Relação 45 min/1h
Máxima	0,02	0,05	0,18	0,48	0,89
Mínima	0,02	0,05	0,18	0,47	0,89
Média	0,02	0,05	0,18	0,48	0,89
Mediana	0,02	0,05	0,18	0,47	0,89

	Relação 1h/2h	Relação 2h/3h	Relação 3h/4h	Relação 4h/8h	Relação 8h/14h	Relação 14h/20h	Relação 20h/24h
Máxima	0,77	0,87	0,91	0,79	0,94	0,96	0,98
Mínima	0,77	0,87	0,91	0,79	0,91	0,96	0,98
Média	0,77	0,87	0,91	0,79	0,93	0,96	0,98
Mediana	0,77	0,87	0,91	0,79	0,93	0,96	0,98

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd/P1hora)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 5 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 45 min/1h
Máxima	0,28	0,44	0,54	0,75	0,89
Mínima	0,28	0,43	0,54	0,75	0,89
Média	0,28	0,44	0,54	0,75	0,89
Mediana	0,28	0,44	0,54	0,75	0,89

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd/P24horas)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 1h/24h	Relação 2h/24h	Relação 3h/24h	Relação 4h/24h	Relação 8h/24h	Relação 14h/24h	Relação 20h/24h
Máxima	0,42	0,55	0,63	0,70	0,88	0,94	0,98
Mínima	0,41	0,53	0,61	0,68	0,85	0,94	0,98
Média	0,42	0,54	0,63	0,69	0,87	0,94	0,98
Mediana	0,42	0,54	0,62	0,69	0,87	0,94	0,98

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



PAC