

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: Vargem Alta
Estação Pluviométrica: Jacigua (DNOS)
Código ANA: 02041010

 **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: Vargem Alta/ES

**Estação Pluviométrica: Jacigua (DNOS),
Código 02041010**

**Teresina/PI
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 Teresina

Copyright @ 2017 CPRM - Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 – Frei Serafim
Teresina - PI - 64.001-620
Telefone: 0(xx)(86)3222-4153
Fax: 0(xx)(86) 3223-6188
<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: Vargem Alta/ES. Estação Pluviométrica: Jacigua (DNOS), Código 02041010. Jean Ricardo da Silva do Nascimento, José Alexandre Moreira Farias; Eber José de Andrade Pinto. Teresina, PI: CPRM, 2017.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - NASCIMENTO, J. R. S.; 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 TERESINA

Evaldo Lira
Chefe da Residência

Jean Ricardo da Silva Nascimento
Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial

Francisco Rubens de Sousa
Assistente de Geologia e Recursos Minerais

Francisca de Paula da Silva e Lima
Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thiago Moraes Sousa
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 Vargem Alta/ES onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Jacigua (DNOS), Código 02041010. Esta estação fica localizada no próprio município de Vargem Alta/ES.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Vargem Alta está localizado no Estado do Espírito Santo, na microrregião de Cachoeiro de Itapemirim, dentro da mesorregião Sul Espírito-santense, fazendo fronteira com os municípios de Domingos Martins, Itapemirim, Rio Novo do Sul, Alfredo Chaves, Cachoeiro de Itapemirim e Castelo. O município de Vargem Alta/ES possui área aproximada de 413,6 km² (IBGE). O distrito sede localiza-se a uma altitude de 600 metros. Apresenta uma população de 19.130 habitantes (IBGE 2010), e população estimada para 2013 de 20.744 habitantes.

A Estação Jacigua (DNOS), código 02041010, está localizada na Latitude 20°42'38"S e Longitude 41°1'1"W (segundo inventário da ANA), no município de Vargem Alta/ES. 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. 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 Jacigua (DNOS), código 02041010, 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 Exponencial, 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 no Projeto Atlas por Germano (2013) para a estação Pr de Aracê, código 02041020, localizada no vizinho município de Domingos Martins.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

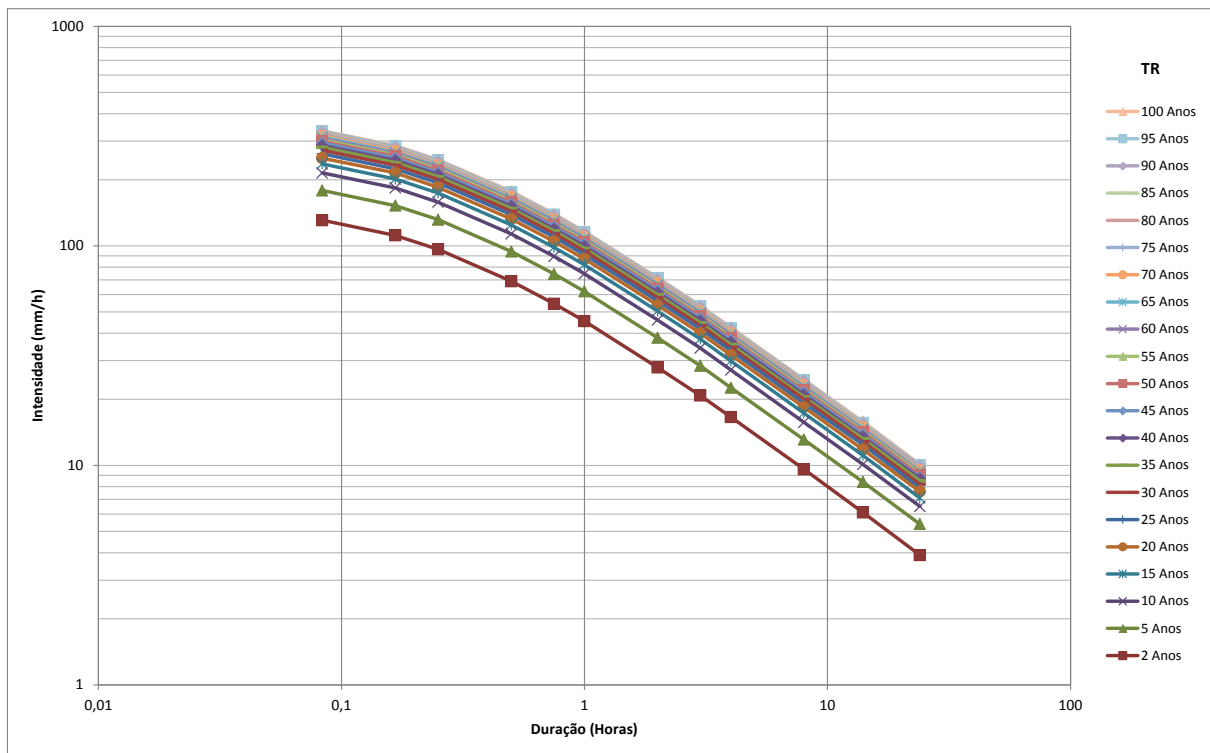


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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

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

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, δ são parâmetros da equação

No caso de Vargem Alta, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 7,3823 ; b = 13,3425 ; c = 17,6630 ; d = 31,9468 \text{ e } \delta = 5$$

$$i = \{[(7,3823 \ln(T) + 13,3425) \cdot \ln(t + (5/60))] + 17,6630 \ln(T) + 31,9468\} / t \quad (02)$$

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:

$$a = 6,4732 ; b = 11,6814 ; c = 17,2057 ; d = 31,1256 \text{ e } \delta = 11$$

$$i = \{[(6,4732 \ln(T) + 11,6814) \cdot \ln(t + (11/60))] + 17,2057 \ln(T) + 31,1256\} / t \quad (03)$$

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 da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	133,4	182,2	219	240,6	255,9	267,8	292,8	304,7	314,4	326,3	336	341,6
10 Minutos	111,6	152,4	183,3	201,4	214,2	224,2	245,1	255,1	263,2	273,1	281,3	286
15 Minutos	95,6	130,7	157,1	172,6	183,6	192,2	210,1	218,6	225,6	234,1	241,1	245,1
20 Minutos	84,1	114,9	138,2	151,8	161,5	169	184,7	192,2	198,4	205,9	212	215,5
30 Minutos	68,5	93,6	112,5	123,6	131,5	137,6	150,5	156,6	161,6	167,7	172,7	175,5
45 Minutos	54,4	74,4	89,4	98,3	104,5	109,4	119,6	124,5	128,4	133,3	137,3	139,5
1 HORA	45,7	62,4	75	82,4	87,7	91,8	100,4	104,4	107,8	111,8	115,2	117,1
2 HORAS	27,8	38	45,8	50,3	53,5	56	61,2	63,7	65,7	68,2	70,2	71,4
3 HORAS	20,6	28,1	33,8	37,2	39,6	41,4	45,3	47,1	48,6	50,4	51,9	52,8
4 HORAS	16,5	22,6	27,2	29,9	31,8	33,3	36,4	37,8	39,1	40,5	41,7	42,4
5 HORAS	13,9	19	22,9	25,2	26,8	28	30,6	31,9	32,9	34,1	35,1	35,7
6 HORAS	12,1	16,5	19,9	21,8	23,2	24,3	26,6	27,6	28,5	29,6	30,5	31
7 HORAS	10,7	14,6	17,6	19,3	20,6	21,5	23,5	24,5	25,3	26,2	27	27,5
8 HORAS	9,6	13,2	15,8	17,4	18,5	19,4	21,2	22	22,7	23,6	24,3	24,7
12 HORAS	7	9,5	11,4	12,6	13,4	14	15,3	15,9	16,4	17	17,5	17,8
14 HORAS	6,1	8,4	10,1	11,1	11,8	12,3	13,5	14	14,5	15	15,5	15,7
20 HORAS	4,6	6,3	7,5	8,3	8,8	9,2	10,1	10,5	10,8	11,2	11,6	11,8
24 HORAS	3,9	5,4	6,5	7,1	7,6	7,9	8,7	9	9,3	9,7	9,9	10,1

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	11,1	15,2	18,3	20,1	21,3	22,3	24,4	25,4	26,2	27,2	28,0	28,5
10 Minutos	18,6	25,4	30,6	33,6	35,7	37,4	40,9	42,5	43,9	45,5	46,9	47,7
15 Minutos	23,9	32,7	39,3	43,2	45,9	48,0	52,5	54,7	56,4	58,5	60,3	61,3
20 Minutos	28,0	38,3	46,1	50,6	53,8	56,3	61,6	64,1	66,1	68,6	70,7	71,8
30 Minutos	34,2	46,8	56,3	61,8	65,7	68,8	75,2	78,3	80,8	83,8	86,3	87,8
45 Minutos	40,8	55,8	67,1	73,7	78,4	82,0	89,7	93,3	96,3	100,0	102,9	104,7
1 HORA	45,7	62,4	75,0	82,4	87,7	91,8	100,4	104,4	107,8	111,8	115,2	117,1
2 HORAS	55,7	76,1	91,5	100,5	106,9	111,9	122,4	127,3	131,4	136,4	140,4	142,8
3 HORAS	61,8	84,4	101,5	111,5	118,7	124,2	135,8	141,3	145,8	151,3	155,8	158,4
4 HORAS	66,2	90,4	108,8	119,5	127,1	133,0	145,5	151,4	156,2	162,1	167,0	169,7
5 HORAS	69,7	95,2	114,5	125,8	133,8	140,0	153,1	159,3	164,4	170,6	175,7	178,6
6 HORAS	72,5	99,1	119,2	130,9	139,3	145,8	159,4	165,9	171,1	177,6	182,9	186,0
7 HORAS	74,9	102,4	123,2	135,3	143,9	150,6	164,7	171,4	176,9	183,6	189,0	192,2
8 HORAS	77,0	105,3	126,6	139,1	148,0	154,9	169,3	176,2	181,8	188,7	194,3	197,6
12 HORAS	83,5	114,1	137,2	150,7	160,4	167,8	183,5	190,9	197,0	204,5	210,6	214,1
14 HORAS	85,9	117,4	141,3	155,2	165,1	172,7	188,9	196,6	202,8	210,5	216,8	220,4
20 HORAS	91,6	125,2	150,6	165,5	176,0	184,2	201,4	209,6	216,3	224,5	231,2	235,0
24 HORAS	94,6	129,2	155,4	170,8	181,7	190,1	207,9	216,3	223,2	231,7	238,6	242,5

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Vargem Alta, foi registrada uma Chuva de 60mm 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, 60 mm dividido por 0,25 h é igual a 240 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{240 \times 0,25 - 13,3425 \ln(0,25 + (5/60)) - 31,9468}{7,3823 \ln(0,25 + (5/60)) + 17,6630} \right] = 87,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 87,5 anos corresponde a uma probabilidade de 1,14% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 240 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{87,5} 100 = 1,14\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 87,5 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Vargem Alta, 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 novembro de 2013.
- GERMANO, A. O. de. *Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência. Estação Pluviográfica: Aracê, Código 02041020*. CPRM. Porto Alegre/RS. Maio, 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=320503&search=espírito-santo|vargem-alta>. Acesso em: novembro de 2013.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: Ac <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.php?codmun=320503&idtema=1&search=espírito-santo|vargem-alta|censo-demografico-2010:-sinopse->. Acesso em: novembro 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. Fichero – Espírito Santo - Município de Vargem Alta. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Vargem_Alta. Acesso em: novembro de 2013.

ANEXO I

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

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

Data	P Max Diária	Data	P Max Diária
28/09/1947	60	20/03/1981	60,8
03/12/1947	90	13/08/1982	155
18/06/1949	70	04/05/1983	68,8
26/09/1950	65,2	12/04/1984	76,02
25/02/1951	95	01/03/1985	78,8
26/11/1951	86,2	28/11/1985	67
02/12/1952	75,7	30/12/1986	76,2
31/12/1953	75	14/12/1987	94,8
07/05/1955	80,3	07/10/1988	57
22/03/1956	89	12/04/1990	141
16/03/1957	120,3	23/03/1991	81,4
05/12/1957	163	27/02/1992	105,01
29/04/1959	76	28/11/1992	63
07/02/1960	117	09/03/1994	184
16/11/1960	65,3	26/03/1995	99
21/07/1962	67,3	01/01/1996	111,6
15/12/1962	59,01	05/11/1996	78,81
31/03/1964	151	17/12/1997	130
27/12/1964	107,01	14/03/1999	59
04/04/1966	72	04/09/2000	74
19/03/1967	81	18/12/2000	72,4
18/03/1968	118	22/03/2002	56,2
04/04/1969	156,2	07/11/2002	74,4
11/11/1969	76,8	20/12/2003	105
16/01/1971	80,4	11/12/2004	74,6
20/11/1971	162,2	26/12/2005	96
12/03/1973	54,4	29/12/2006	107
31/01/1974	75,4	17/11/2007	78,82
23/01/1975	76,01	23/01/2009	102
23/03/1976	166	06/03/2010	73,8
03/04/1977	125,4	29/12/2010	92,2
02/04/1978	103,8	17/03/2012	71,7
01/02/1979	83,6	02/03/2013	113,6
17/04/1980	112,4		

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Costa et al. (2013) para a Estação Aracê.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,91	0,81	0,70	0,66	0,59	0,48

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,90	0,76	0,53	0,41	0,24

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 Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Teresina - PI - CEP: 64001-570
Tel.: 86 3222-4153 - Fax: 86 3222-6651

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



PAC