

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: Porto Velho
Estação Pluviográfica: Jaci-Paraná
Código ANA: 00964005

 **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-FREQÜÊNCIA**

Município: Porto Velho - RO

**Estação Pluviográfica: Jaci-Paraná
Códigos: 00964005**

**PORTO ALEGRE
2016**

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300
Fax: 0(xx)(51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência.
Município: Porto Velho. Estação Pluviográfica: Jaci Paraná, Códigos 00964005.
Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto –
Porto Alegre: CPRM, 2016.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - WESCHENFELDER,
A.B.; PICKBRENNER, K. e 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

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

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 REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
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

Achiles Monteiro (*In memorian*)

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 Atlas Pluviométrico

Andressa Macêdo Silva de Azambuja - Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - Sureg/PA

Equipe Executora

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 Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa – Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

Apoio Técnico

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betânia Rodrigues dos Santos– Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva– RETE

Priscila Nishihara Leo - Sureg/SP

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 Porto Velho onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Jaci-Paraná, código 00964005, operada pela CPRM/ANA. Esta estação está localizada no distrito de Jaci-Paraná no município de Porto Velho, aproximadamente a 75 km da sede deste município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Porto Velho.

O município de Porto Velho é a capital do estado de Rondônia e situa-se na Latitude $08^{\circ}45'43''$ S e Longitude $63^{\circ}54'14''$ W. O município apresenta área de 34.096 Km² e localiza-se a uma altitude média de 85 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 428.527 habitantes.

A estação de Jaci-Paraná, código 00964005, está localizada nas coordenadas $09^{\circ}15'25''$ S e $64^{\circ}23'42''$ W, no distrito de Jaci-Paraná, na cidade de Porto Velho. Esta estação fica inserida na sub-bacia 15, sub-bacia dos rios Amazonas, Madeira, Guaporé e outros, mais especificamente na sub-bacia do rio Jaci-Paraná, um dos principais afluentes, pela margem direita do rio Madeira.

Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos registros de precipitação de uma estação pluviográfica convencional, operada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos), no período de setembro de 2002 até fevereiro de 2012 quando foi desativada devido à construção do reservatório da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio. As imediações do local onde estava instalada a estação pluviográfica foram inundadas pelo reservatório. Na Figura 01 são apresentados o mapa de localização do município e as imagens de satélite com os cenários anteriores e posteriores à formação do reservatório.

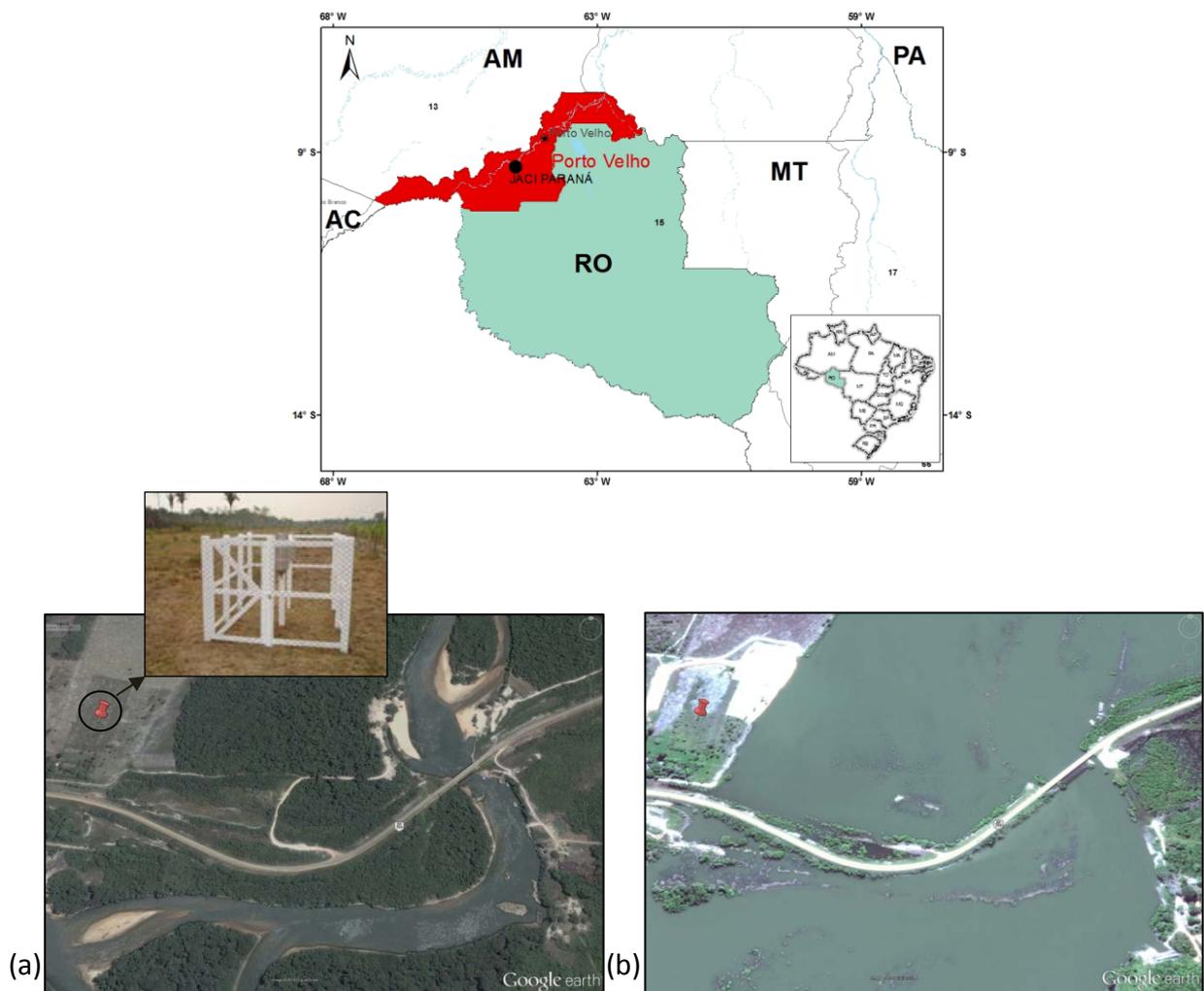


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica nos cenários de 2002 (a) e 2012 (b) (Fonte: GOOGLE 2016)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Porto Velho, código 00964005, foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

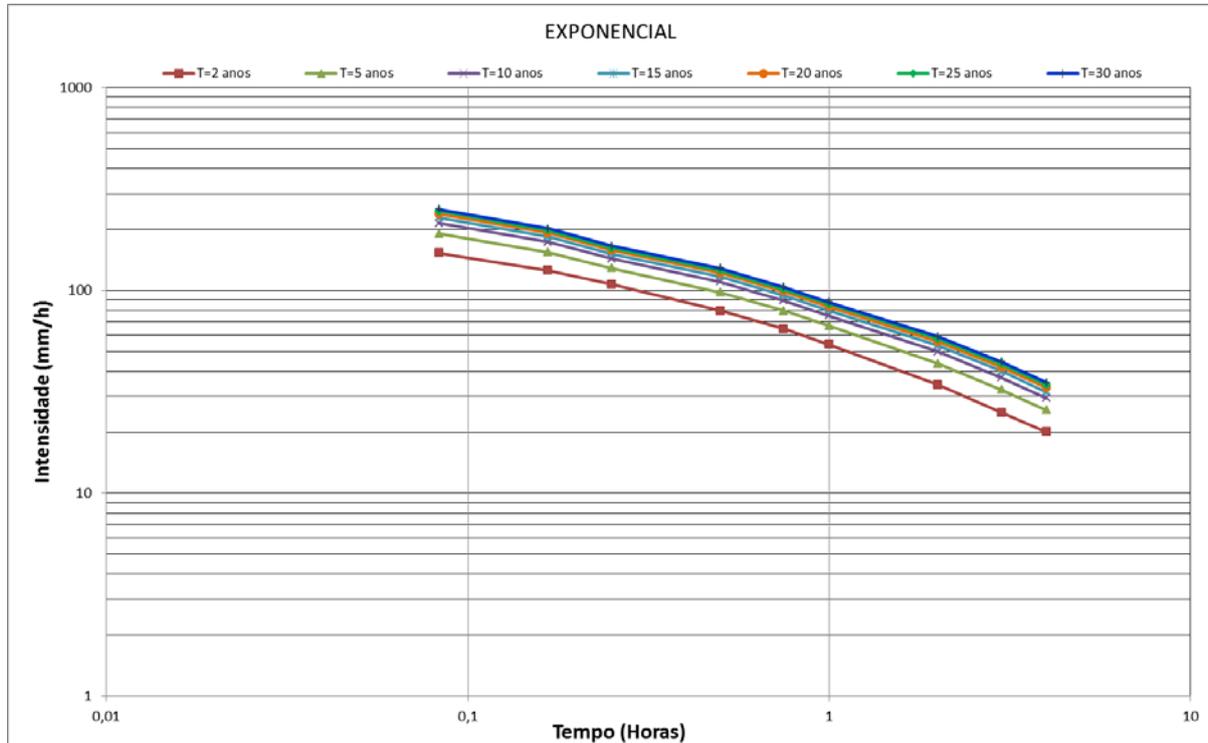


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 de Porto Velho os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5 \text{ min} \leq t \leq 4 \text{ h}$$

$$a = 1012,9; b = 0,1658; c = 12,1 \text{ e } d = 0,7118;$$

$$i = \frac{1012,9T^{0,1658}}{(t+12,1)^{0,7118}} \quad (02)$$

Estas equações são válidas para tempos de retorno até 30 anos e durações de 5 minutos a 4 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	30
5 Minutos	150,6	175,3	196,7	210,3	220,6	228,9	236,0
10 Minutos	125,5	146,1	163,8	175,2	183,8	190,7	196,6
15 Minutos	108,5	126,3	141,7	151,6	159,0	165,0	170,0
20 Minutos	96,2	112,0	125,6	134,3	140,9	146,2	150,7
30 Minutos	79,3	92,3	103,6	110,8	116,2	120,6	124,3
45 Minutos	63,8	74,3	83,4	89,2	93,5	97,0	100,0
1 Hora	54,1	62,9	70,6	75,5	79,2	82,2	84,7
2 Horas	35,1	40,9	45,9	49,1	51,5	53,4	55,1
3 Horas	26,9	31,3	35,2	37,6	39,4	40,9	42,2
4 Horas	22,2	25,8	29,0	31,0	32,5	33,7	34,8

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)						
	2	5	10	15	20	25	30
5 Minutos	12,6	14,6	16,4	17,5	18,4	19,1	19,7
10 Minutos	20,9	24,3	27,3	29,2	30,6	31,8	32,8
15 Minutos	27,1	31,6	35,4	37,9	39,7	41,2	42,5
20 Minutos	32,1	37,3	41,9	44,8	47,0	48,7	50,2
30 Minutos	39,7	46,2	51,8	55,4	58,1	60,3	62,1
45 Minutos	47,9	55,7	62,5	66,9	70,1	72,8	75,0
1 Hora	54,1	62,9	70,6	75,5	79,2	82,2	84,7
2 Horas	70,3	81,8	91,8	98,2	103,0	106,8	110,1
3 Horas	80,8	94,0	105,5	112,8	118,3	122,8	126,5
4 Horas	88,7	103,3	115,9	123,9	130,0	134,9	139,0

3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, na estação de Jaci-Paraná, foi registrada uma chuva de 75 mm em 45 minutos, que gerou vários transtornos em alguns bairros do município de Porto Velho. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

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

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 75 mm dividido por 45 minutos é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{100(45 + 12,1)^{0,7118}}{1012,9} \right]^{1/0,1658} = 30,0 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 30,0 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 3,34%, ou

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{30,0} 100 = 3,34\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Estação pluviográfica de Jaci-Paraná. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 26 de fevereiro de 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 26 de fevereiro 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
15/01/2004	16,0	15/01/2004	25,1	15/01/2004	32,6	15/01/2004	56,1	15/01/2004	66,4
24/01/2004	10,4	10/09/2004	16,6	10/09/2004	21,7	10/09/2004	34,0	24/11/2004	38,2
01/05/2004	10,1	24/11/2004	20,6	24/11/2004	24,5	24/11/2004	35,4	29/11/2004	49,6
10/09/2004	11,9	29/11/2004	26,5	29/11/2004	32,2	29/11/2004	42,3	06/12/2004	43,4
24/11/2004	10,4	06/12/2004	24,3	06/12/2004	30,7	06/12/2004	37,8	09/12/2004	43,2
29/11/2004	17,0	09/12/2004	20,4	09/12/2004	26,1	09/12/2004	37,6	01/01/2005	43,9
06/12/2004	17,1	01/01/2005	17,5	01/01/2005	24,1	01/01/2005	38,7	07/02/2005	38,0
09/12/2004	12,2	07/02/2005	18,4	07/02/2005	24,5	07/02/2005	35,8	25/11/2005	38,1
01/01/2005	10,2	02/04/2005	15,3	21/01/2006	22,1	25/11/2005	30,5	18/04/2006	37,5
07/02/2005	10,0	21/01/2006	19,6	13/12/2006	30,0	18/04/2006	30,0	13/12/2006	50,5
21/01/2006	10,3	13/12/2006	20,0	22/12/2008	24,7	20/10/2006	30,0	18/02/2007	42,2
13/12/2006	10,0	24/12/2006	15,0	08/01/2009	20,9	30/11/2006	30,0	13/04/2007	40,6
24/12/2006	10,0	22/12/2008	20,2	24/01/2009	23,4	13/12/2006	45,0	08/01/2009	42,6
22/12/2008	12,9	24/01/2009	17,3	28/10/2009	21,2	22/12/2008	34,9	24/01/2009	45,8
31/12/2009	11,4	28/10/2009	16,6	31/12/2009	21,9	08/01/2009	31,7	26/01/2009	40,8
08/01/2010	14,7	31/12/2009	17,6	08/01/2010	24,6	26/01/2009	32,2	03/10/2010	50,0
03/11/2010	10,0	08/01/2010	20,0	03/10/2010	20,4	03/10/2010	38,0	06/11/2010	63,6
06/11/2010	10,0	06/11/2010	18,3	06/11/2010	26,0	06/11/2010	50,0	05/12/2011	63,7
05/12/2011	14,5	05/12/2011	28,9	05/12/2011	34,2	05/12/2011	46,9	02/01/2012	37,7

DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS	DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS
15/01/2004	71,7	15/01/2004	77,7	15/01/2004	82,2	15/01/2004	82,2
29/11/2004	54,6	29/11/2004	56,8	29/11/2004	61,8	24/11/2004	74,8
06/12/2004	48,0	06/12/2004	49,3	09/12/2004	88,0	29/11/2004	68,1
09/12/2004	51,0	09/12/2004	81,8	26/12/2004	54,7	09/12/2004	93,7
01/01/2005	45,5	07/03/2005	54,3	07/03/2005	55,6	26/12/2004	60,3
07/02/2005	42,9	13/12/2006	51,0	07/01/2007	62,0	07/03/2005	61,6
18/04/2006	42,4	07/01/2007	53,9	08/01/2009	55,4	07/01/2007	62,0
13/12/2006	51,0	18/02/2007	49,7	24/01/2009	70,3	08/01/2009	55,4
18/02/2007	45,8	08/01/2009	54,9	26/01/2009	53,8	24/01/2009	73,1
13/04/2007	42,2	24/01/2009	66,6	10/03/2009	56,4	10/03/2009	59,4
08/01/2009	49,4	26/01/2009	52,4	10/04/2009	53,7	10/04/2009	56,8
24/01/2009	56,3	10/03/2009	50,4	17/12/2009	60,2	17/12/2009	64,6
26/01/2009	46,0	17/12/2009	55,3	25/02/2010	53,4	25/02/2010	57,4
17/12/2009	43,1	03/10/2010	78,4	03/10/2010	92,1	03/10/2010	95,9
03/10/2010	56,0	06/11/2010	91,8	06/11/2010	98,9	06/11/2010	103,2
06/11/2010	74,6	05/12/2011	95,1	05/12/2011	103,4	05/12/2011	107,8
05/12/2011	71,5	20/12/2011	62,2	20/12/2011	72,1	20/12/2011	78,6
20/12/2011	43,0	02/01/2012	77,2	02/01/2012	91,7	02/01/2012	101,7
17/01/2012	42,3	17/01/2012	66,0	17/01/2012	73,0	17/01/2012	78,4

ANEXO II

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

Tempos de Retorno de 2 a 30 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	0,62	0,81	0,67	0,83	0,90
Mínima	0,61	0,78	0,64	0,82	0,89
Média	0,62	0,80	0,65	0,82	0,89
Mediana	0,62	0,81	0,65	0,82	0,89

	Relação 1h/2h	Relação 2h/3h	Relação 3h/4h
Máxima	0,79	0,91	0,95
Mínima	0,74	0,89	0,93
Média	0,75	0,89	0,95
Mediana	0,75	0,89	0,95

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

Tempos de Retorno de 2 a 30 anos

	Relação 5 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 45 min/1h
Máxima	0,24	0,39	0,49	0,73	0,90
Mínima	0,24	0,38	0,47	0,73	0,89
Média	0,24	0,38	0,48	0,73	0,89
Mediana	0,24	0,38	0,48	0,73	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

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

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