

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: Cachoeiro do Itapemirim

Estação Pluviométrica: Burarama

Código ANA: 02041021

 **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: Cachoeiro do Itapemirim/ES

**Estação Pluviométrica: Burarama
Código 02041021**

**PORTO ALEGRE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS 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
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Cachoeiro do Itapemirim. Estação Pluviométrica: Burarama Código 02041021. Adriana B. Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

11p.; 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

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 PORTO ALEGRE

Ana Claudia Viero
Superintendente (Interino)

Diogo Rodrigues Andrade da Silva
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Aicaro Umberto Ferrari
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
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 Cachoeiro do Itapemirim onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Burarama, código 02041021, operada pela CPRM/ANA. Esta estação está localizada a 30 km da sede do município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Cachoeiro do Itapemirim e regiões circunvizinhas.

O município de Cachoeiro do Itapemirim está localizado no estado do Espírito Santo, na Latitude 20°50'48" S e Longitude 41°07'12,8" W, a 136 km de Vitória. O município possui área de 877 Km² e sua sede localiza-se a uma altitude de 33 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 189.889 habitantes.

A estação de Burarama, código 02041021, está localizada na Latitude 20°40'50" S e Longitude 41°20'54" W; insere-se no extremo sul da sub-bacia 57, na sub-bacia do rio Itapemirim. O rio Itapemirim é formado na confluência do rio Santa Clara com o Rio Norte no município de Alegre.

A estação pluviométrica localiza-se aproximadamente a 30 km da sede do município de Cachoeiro do Itapemirim. Esta estação encontra-se em operação desde 1964 e os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro convencional, operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

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



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 Burarama código 02041021, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (Out a Set), 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 Pinto (1999), para a estação de Alegre, localizada no município de Alegre, distante aproximadamente 15,6 km da estação desagregada Burarama. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

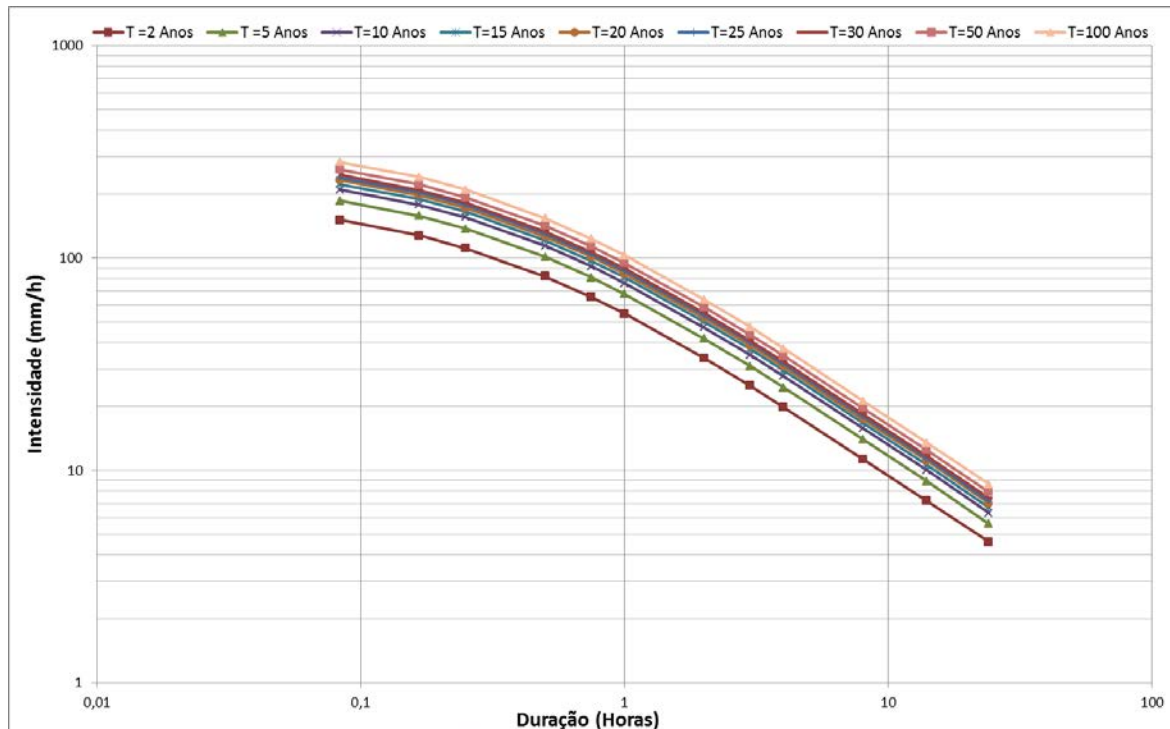


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são 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 Burarama os parâmetros da equação são os seguintes:

$a = 2263,8; b = 0,1426; c = 19,3; d = 0,8536$

$$i = \frac{2263,8T^{0,1426}}{(t+19,3)^{0,8536}} \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 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	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	164,1	187,0	206,4	218,7	227,8	235,2	241,4	251,5	259,6	266,5	275,1	282,3	286,6
10 Minutos	139,8	159,4	175,9	186,4	194,2	200,5	205,8	214,4	221,3	227,1	234,5	240,7	244,3
15 Minutos	122,2	139,3	153,8	162,9	169,8	175,2	179,9	187,4	193,5	198,6	205,0	210,4	213,6
20 Minutos	108,8	124,0	136,9	145,1	151,1	156,0	160,1	166,8	172,2	176,8	182,5	187,3	190,1
30 Minutos	89,7	102,2	112,8	119,5	124,6	128,6	132,0	137,5	141,9	145,7	150,4	154,3	156,7
45 Minutos	71,5	81,5	89,9	95,3	99,3	102,5	105,2	109,6	113,1	116,1	119,9	123,0	124,9
1 HORA	59,8	68,1	75,2	79,7	83,0	85,7	88,0	91,6	94,6	97,1	100,2	102,9	104,4
2 HORAS	37,0	42,1	46,5	49,3	51,3	53,0	54,4	56,7	58,5	60,0	62,0	63,6	64,6
3 HORAS	27,2	31,0	34,2	36,3	37,8	39,0	40,1	41,7	43,1	44,2	45,6	46,8	47,6
4 HORAS	21,7	24,8	27,4	29,0	30,2	31,2	32,0	33,3	34,4	35,3	36,5	37,4	38,0
5 HORAS	18,2	20,7	22,9	24,3	25,3	26,1	26,8	27,9	28,8	29,6	30,5	31,3	31,8
6 HORAS	15,7	17,9	19,8	20,9	21,8	22,5	23,1	24,1	24,9	25,5	26,4	27,0	27,5
7 HORAS	13,9	15,8	17,4	18,5	19,3	19,9	20,4	21,3	21,9	22,5	23,2	23,9	24,2
8 HORAS	12,4	14,2	15,6	16,6	17,3	17,8	18,3	19,1	19,7	20,2	20,8	21,4	21,7
12 HORAS	8,9	10,1	11,2	11,9	12,3	12,7	13,1	13,6	14,1	14,4	14,9	15,3	15,5
14 HORAS	7,8	8,9	9,8	10,4	10,9	11,2	11,5	12,0	12,4	12,7	13,1	13,5	13,7
20 HORAS	5,8	6,6	7,3	7,7	8,1	8,3	8,5	8,9	9,2	9,4	9,7	10,0	10,1
24 HORAS	5,0	5,7	6,3	6,6	6,9	7,1	7,3	7,6	7,9	8,1	8,3	8,6	8,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	13,7	15,6	17,2	18,2	19,0	19,6	20,1	21,0	21,6	22,2	22,9	23,5	23,9
10 Minutos	23,3	26,6	29,3	31,1	32,4	33,4	34,3	35,7	36,9	37,9	39,1	40,1	40,7
15 Minutos	30,6	34,8	38,4	40,7	42,4	43,8	45,0	46,8	48,4	49,6	51,2	52,6	53,4
20 Minutos	36,3	41,3	45,6	48,4	50,4	52,0	53,4	55,6	57,4	58,9	60,8	62,4	63,4
30 Minutos	44,8	51,1	56,4	59,8	62,3	64,3	66,0	68,7	71,0	72,8	75,2	77,2	78,3
45 Minutos	53,6	61,1	67,5	71,5	74,5	76,9	78,9	82,2	84,9	87,1	89,9	92,3	93,7
1 HORA	59,8	68,1	75,2	79,7	83,0	85,7	88,0	91,6	94,6	97,1	100,2	102,9	104,4
2 HORAS	73,9	84,2	93,0	98,5	102,6	106,0	108,7	113,3	117,0	120,0	123,9	127,2	129,1
3 HORAS	81,7	93,1	102,7	108,8	113,4	117,1	120,2	125,2	129,2	132,6	136,9	140,5	142,7
4 HORAS	87,0	99,1	109,4	115,9	120,8	124,7	128,0	133,3	137,6	141,3	145,8	149,7	151,9
5 HORAS	91,0	103,7	114,5	121,3	126,4	130,5	133,9	139,5	144,0	147,8	152,6	156,6	159,0
6 HORAS	94,3	107,5	118,6	125,7	130,9	135,2	138,7	144,6	149,2	153,2	158,1	162,3	164,7
7 HORAS	97,1	110,6	122,1	129,4	134,8	139,1	142,8	148,8	153,6	157,6	162,7	167,0	169,5
8 HORAS	99,4	113,3	125,1	132,5	138,1	142,5	146,3	152,4	157,4	161,5	166,7	171,1	173,7
12 HORAS	106,7	121,6	134,2	142,2	148,2	152,9	157,0	163,5	168,8	173,3	178,9	183,6	186,4
14 HORAS	109,5	124,8	137,7	145,9	152,0	156,9	161,1	167,8	173,2	177,8	183,6	188,4	191,2
20 HORAS	116,0	132,2	145,9	154,6	161,1	166,3	170,7	177,8	183,6	188,4	194,5	199,6	202,7
24 HORAS	119,4	136,1	150,2	159,2	165,8	171,2	175,7	183,1	189,0	194,0	200,2	205,5	208,6

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Cachoeiro do Itapemirim, foi registrada uma Chuva de 50 mm 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:

$$T = \left[\frac{i(t+19,3)^{0,8536}}{2263,8} \right]^{1/0,1426} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 50 mm dividido por 0,25 h é igual a 200 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{200(15 + 19,3)^{0,8536}}{2263,8} \right]^{1/0,1426} = 63 \text{anos}$$

O tempo de retorno de 63 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,6%, ou

$$P(i \geq 200 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{63} 100 = 1,6\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 04 de dezembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Mapa Físico do Estado do Espírito Santo. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/fisico/unidades_federacao/es_fisico.pdf. Acesso em 04 de dezembro de 2013.

PINTO, E. F. R. *Equações de Intensidade-Duração-Frequência da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo: estimativa e espacialização*. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 1999.70p. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, 1999.

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)

Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1964	1965	30/10/64	95,0	1988	1989	04/02/89	90,4
1965	1966	02/04/66	58,0	1990	1991	16/12/90	113,8
1966	1967	21/11/66	112,8	1991	1992	13/11/91	76,2
1967	1968	23/02/68	110,0	1992	1993	19/01/93	78,2
1968	1969	23/04/69	129,8	1993	1994	19/04/94	113,2
1969	1970	01/12/69	100,8	1994	1995	22/12/94	72,2
1970	1971	03/10/70	99,2	1995	1996	30/12/95	116,2
1971	1972	19/11/71	196,2	1996	1997	14/03/97	89,8
1972	1973	03/10/72	90,0	1997	1998	15/12/97	153,2
1973	1974	12/04/74	102,2	1998	1999	30/12/98	58,8
1974	1975	22/11/74	128,8	1999	2000	17/02/00	82,0
1975	1976	10/11/75	79,4	2000	2001	17/12/00	102,5
1976	1977	01/04/77	96,6	2001	2002	17/02/02	69,4
1977	1978	22/12/77	90,0	2002	2003	14/01/03	125,9
1978	1979	24/11/78	117,6	2003	2004	06/12/03	88,4
1979	1980	31/03/80	104,2	2004	2005	29/11/04	96,5
1980	1981	09/03/81	74,4	2005	2006	07/11/05	89,4
1981	1982	13/03/82	91,4	2006	2007	28/12/06	112,5
1982	1983	27/04/83	96,2	2007	2008	06/02/08	87,8
1983	1984	02/12/83	64,2	2008	2009	22/01/09	122,0
1984	1985	19/01/85	117,8	2009	2010	08/11/09	85,5
1985	1986	25/11/85	128,4	2010	2011	28/12/10	134,4
1986	1987	04/04/87	118,2	2011	2012	06/12/11	65,9
1987	1988	26/11/87	114,6				

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pinto (1999), para a estação de Alegre no município de Alegre/ES.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,83	0,73	0,69	0,62	0,50

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,90	0,75	0,51	0,39	0,23

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