

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: Almeirim

Estação Pluviométrica: Almeirim

Código ANA: 00152005

 **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: Almeirim

**Estação Pluviométrica: Almeirim
Código: 00152005**

**BELÉM
2015**

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
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<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: Almeirim. Estação Pluviométrica: Almeirim, Código 00152005. Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Andressa Macedo Silva de Azambuja; Eber José de Andrade Pinto – Belém, PA: CPRM, 2015.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – FARIAS, C.P.C. de; AZAMBUJA, A.M.S. de; 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

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

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 BELÉM

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente

João Batista Marcelo de Lima
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Lucia Travassos da Rosa Costa
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Tomaz de Aquino M Lobato
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cícero Vieira de Meneses
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Cássio Roberto da Silva

Divisão de Hidrologia Aplicada

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Sandra Fernandes da Silva

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 dos Prazeres Campos de Farias – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do 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

Apoio Técnico

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

Fabiana Ferreira Cordeiro - Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso - Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

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 Almeirim onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Almeirim, código 00152005.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Almeirim.

O município de Almeirim está localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas, no Estado do Pará, distante 454 km da capital, Belém. O município possui área de 72.954,798 km². Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de aproximadamente 33.614 habitantes.

A estação de Almeirim, código ANA 00152005, está localizada na Latitude 1°31'35"S e Longitude 52°34'42"W, a uma altitude aproximada de 19 m. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

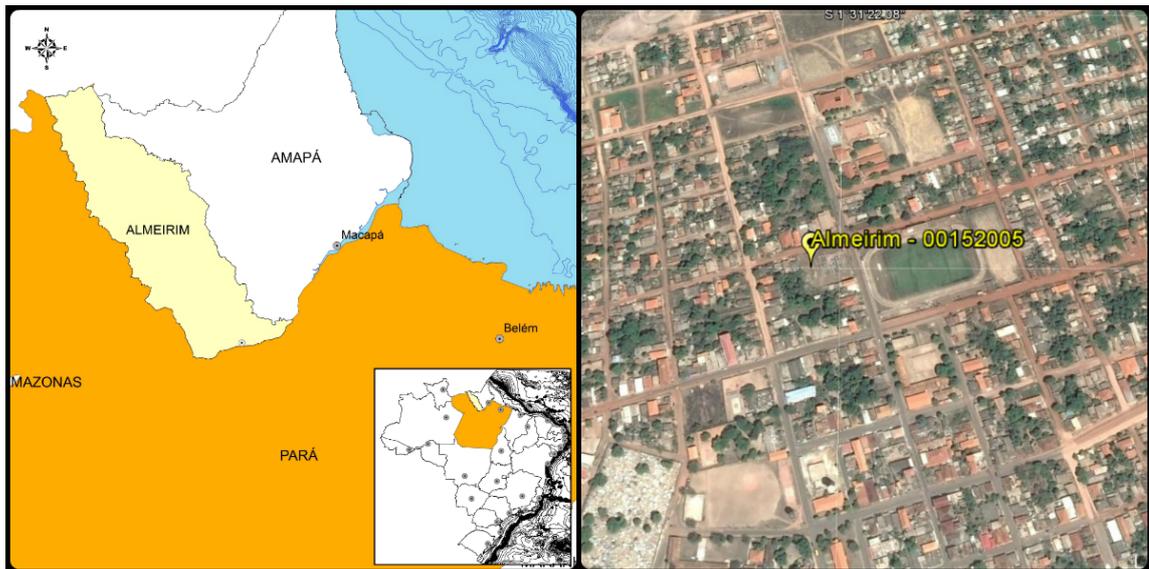


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.
(Fonte: Google, 2015)

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 Almeirim, Código ANA 00152005, 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 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 Azambuja e Pinto (2015) para o município de Prainha, distante 104,6 km da estação de Almeirim. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

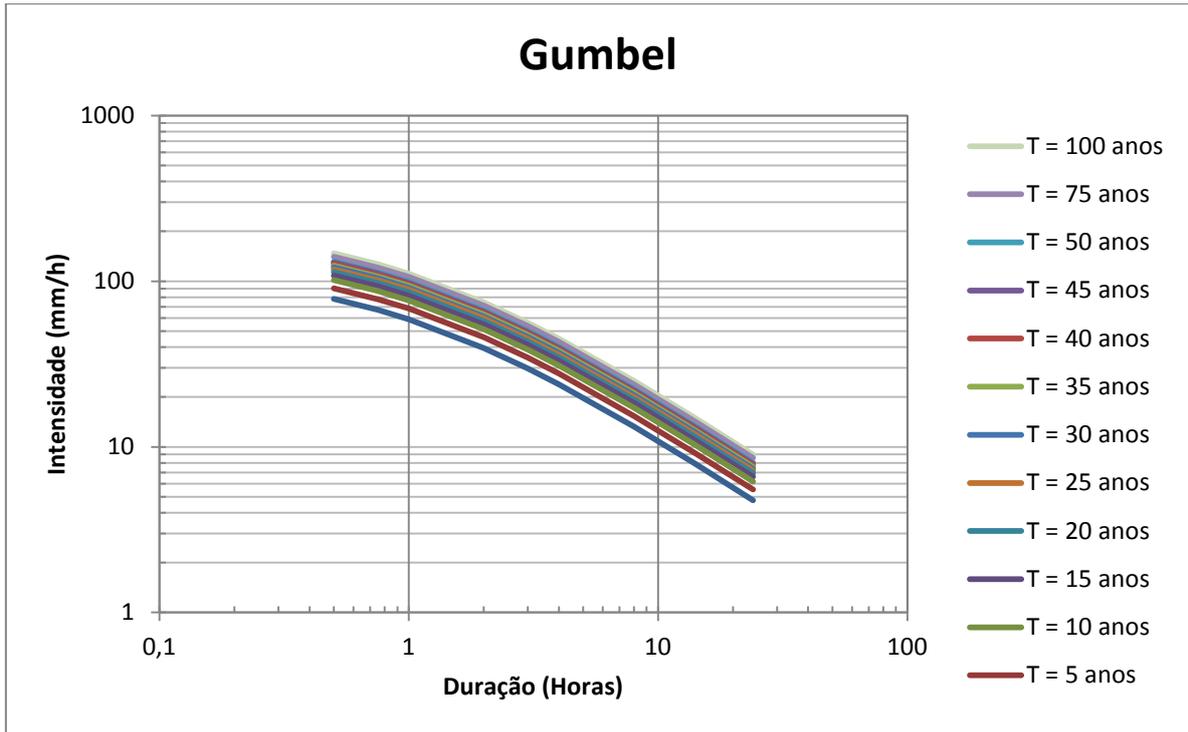


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 de Almeirim, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6611,0 ; b = 0,1621; c = 63 \text{ e } d = 1,0044;$$

$$i = \frac{6611,0T^{0,1621}}{(t+63)^{1,0044}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos e durações de 30 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	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30 Minutos	78,1	90,6	101,4	108,3	113,5	117,7	121,2	124,3	127,0	129,4	131,7	133,7	135,6	137,4	139,0	140,6	142,1	143,5	144,8	146,1	147,3
45 Minutos	67,2	78,0	87,3	93,2	97,6	101,2	104,3	106,9	109,2	111,4	113,3	115,0	116,7	118,2	119,6	121,0	122,2	123,4	124,6	125,7	126,7
1 HORA	59,0	68,4	76,6	81,8	85,7	88,8	91,5	93,8	95,8	97,7	99,4	100,9	102,4	103,7	104,9	106,1	107,2	108,3	109,3	110,3	111,2
2 HORAS	39,5	45,9	51,3	54,8	57,4	59,6	61,3	62,9	64,3	65,5	66,6	67,7	68,6	69,5	70,4	71,2	71,9	72,6	73,3	73,9	74,6
3 HORAS	29,7	34,5	38,6	41,2	43,2	44,8	46,1	47,3	48,3	49,3	50,1	50,9	51,6	52,3	52,9	53,5	54,1	54,6	55,1	55,6	56,1
4 HORAS	23,8	27,6	30,9	33,0	34,6	35,9	37,0	37,9	38,7	39,5	40,1	40,8	41,3	41,9	42,4	42,9	43,3	43,7	44,2	44,5	44,9
8 HORAS	13,3	15,4	17,2	18,4	19,3	20,0	20,6	21,1	21,5	22,0	22,3	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,1	24,3	24,6	24,8	25,0
14 HORAS	8,0	9,2	10,3	11,0	11,5	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7	14,9	15,0
24 HORAS	4,8	5,5	6,2	6,6	6,9	7,2	7,4	7,6	7,7	7,9	8,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)																				
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30 Minutos	39,1	45,3	50,7	54,2	56,7	58,8	60,6	62,1	63,5	64,7	65,8	66,9	67,8	68,7	69,5	70,3	71,0	71,7	72,4	73,1	73,7
45 Minutos	50,4	58,5	65,4	69,9	73,2	75,9	78,2	80,2	81,9	83,5	85,0	86,3	87,5	88,6	89,7	90,7	91,7	92,6	93,4	94,3	95,1
1 HORA	59,0	68,4	76,6	81,8	85,7	88,8	91,5	93,8	95,8	97,7	99,4	100,9	102,4	103,7	104,9	106,1	107,2	108,3	109,3	110,3	111,2
2 HORAS	79,1	91,8	102,7	109,7	114,9	119,1	122,7	125,8	128,5	131,0	133,3	135,4	137,3	139,1	140,8	142,3	143,8	145,3	146,6	147,9	149,1
3 HORAS	89,2	103,5	115,8	123,7	129,6	134,4	138,4	141,9	145,0	147,8	150,3	152,7	154,8	156,9	158,8	160,5	162,2	163,8	165,4	166,8	168,2
4 HORAS	95,3	110,5	123,7	132,1	138,4	143,5	147,8	151,5	154,9	157,8	160,6	163,1	165,4	167,5	169,6	171,5	173,3	175,0	176,6	178,2	179,7
8 HORAS	106,0	123,0	137,7	147,0	154,0	159,7	164,5	168,6	172,3	175,7	178,7	181,5	184,0	186,4	188,7	190,8	192,8	194,7	196,5	198,3	199,9
14 HORAS	111,3	129,2	144,5	154,3	161,7	167,7	172,7	177,0	180,9	184,4	187,6	190,5	193,2	195,7	198,1	200,3	202,4	204,4	206,3	208,2	209,9
24 HORAS	114,4	132,7	148,5	158,6	166,1	172,3	177,4	181,9	185,9	189,5	192,8	195,8	198,5	201,1	203,6	205,8	208,0	210,1	212,0	213,9	215,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Almeirim, foi registrada uma chuva de 90,0 mm com duração de 45 minutos. 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90,0 mm dividido por 0,75h é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{120 (45 + 63)^{1,0044}}{6611,0} \right]^{1/0,1621} = 72 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 72 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,4%, ou

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{72} 100 = 1,4\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Base de dados**. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: ago. 2015.

AZAMBUJA, A. M. S.; PINTO, E. J. A. **Equações intensidade-duração-frequência**. Município: Prainha: estação pluviográfica: Prainha, Código 00153000. Belém: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2015. 12 p. (Série Atlas Pluviométrico do Brasil).

GOOGLE EARTH. **Estação pluviométrica de Almeirim**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Almeirim**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/234KY>>. Acesso em: ago. 2015.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, mar. 2013.

ANEXO I

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

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

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
05/05/83	51,3
08/04/84	142,2
05/06/85	82,0
22/11/85	81,6
14/01/87	72,1
12/03/88	105,0
04/04/89	147,4
13/06/90	110,0
26/05/91	126,4
19/02/92	96,7
16/11/93	98,2
02/05/96	68,3
24/03/97	121,2
17/05/98	58,5
07/06/99	88,0
17/04/00	81,0
12/01/01	93,3
11/04/02	94,5
26/03/03	125,5
25/04/04	108,5
24/12/04	114,2
21/02/06	99,0
11/06/08	88,1
12/06/09	89,0
17/04/10	145,1
28/02/11	98,6
04/05/12	76,4
15/05/13	72,7
27/06/14	110,0

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Azambuja e Pinto (2015) para o município de Prainha/PA.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,98	0,93	0,83	0,76	0,69	0,54

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,84	0,65	0,47	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

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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