

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: Igaratá

Estação Pluviográfica: Igaratá

Código ANA: 02346344

Código DAEE: E3-242

 **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: Igaratá - SP

**Estação Pluviométrica: Igaratá
Códigos: 02346344(ANA) e E3-242 (DAEE)**

**PORTO ALEGRE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS 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 – 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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Igaratá/SP. Estação Pluviométrica: Igaratá Códigos 02346344 (ANA) e E3-242 (DAEE) Adriana Burin Weschenfelder, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2017.

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

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

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Paulo Cesar Abrão

Telton Elber Correa

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Carlos Garcia Ferreira

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Eduardo Camozzato

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

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

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

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

Apoio Técnico

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Isis Tourinho dos Santos – Sureg/BE

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 Igaratá/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Igaratá 02346344 (ANA) e E3-242 (DAEE). Esta estação está localizada no município de Igaratá a aproximadamente 924 metros da sede do município.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Igaratá.

O município de Igaratá está localizado no estado de São Paulo. O município possui uma área aproximada de 293 km² (IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 717 metros em sua sede. A população de Igaratá, segundo IBGE (2010), é de 8.831 habitantes.

A estação Igaratá, códigos 02346344 (ANA) e E3-242 (DAEE), está localizada na Latitude 23°12'00"S e Longitude 46°09'00" O; na sub-bacia 58, sub-bacia do rio Paraíba do Sul. A estação pluviométrica localiza-se no município de Igaratá a 924 metros da sede. Esta estação encontra-se em operação desde 1972 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1973 a 2013. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo DAEE-SP (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo).

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 Igaratá, 02346344 (ANA) e E3-242 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico 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 de IDF estabelecidas por Nascimento *et al.* (2013), para a estação Paretaí – código 02346018, localizada no município de Guararema/SP, distante aproximadamente 13 km da estação desagregada Igaratá. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

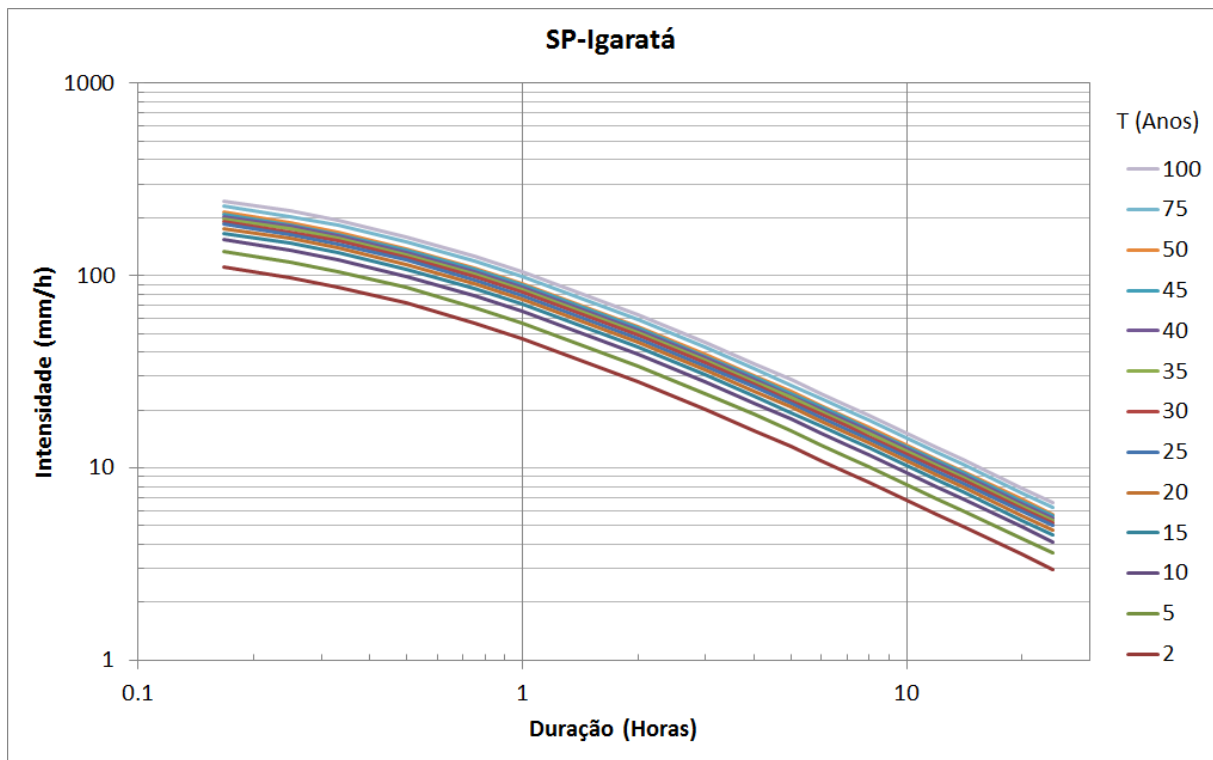


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Igaratá, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$10 \text{ min} \leq t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 3124,0; b = 0,2044; c = 25,9 \text{ e } d = 0,9733;$$

$$i = \frac{3124,0T^{0,2044}}{(t+25,9)^{0,9733}} \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de 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	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	110,3	133,0	153,3	166,5	176,6	184,9	191,9	203,5	213,0	221,1	231,4	245,4
15 Minutos	97,2	117,2	135,0	146,7	155,6	162,8	169,0	179,3	187,6	194,7	203,8	216,2
20 Minutos	86,9	104,7	120,7	131,1	139,1	145,5	151,1	160,2	167,7	174,1	182,2	193,2
30 Minutos	71,7	86,5	99,6	108,2	114,8	120,1	124,7	132,3	138,4	143,7	150,4	159,5
45 Minutos	56,9	68,6	79,0	85,9	91,1	95,3	98,9	104,9	109,8	114,0	119,3	126,6
1 HORA	47,2	56,9	65,6	71,2	75,6	79,1	82,1	87,1	91,1	94,6	99,0	105,0
2 HORAS	28,2	34,0	39,2	42,5	45,1	47,2	49,0	52,0	54,4	56,5	59,1	62,7
3 HORAS	20,2	24,3	28,0	30,4	32,3	33,8	35,1	37,2	38,9	40,4	42,3	44,8
4 HORAS	15,7	18,9	21,8	23,7	25,2	26,3	27,3	29,0	30,3	31,5	33,0	35,0
5 HORAS	12,9	15,5	17,9	19,5	20,6	21,6	22,4	23,8	24,9	25,8	27,0	28,7
6 HORAS	10,9	13,2	15,2	16,5	17,5	18,3	19,0	20,2	21,1	21,9	22,9	24,3
7 HORAS	9,5	11,5	13,2	14,3	15,2	15,9	16,5	17,5	18,3	19,0	19,9	21,1
8 HORAS	8,4	10,1	11,7	12,7	13,5	14,1	14,6	15,5	16,2	16,8	17,6	18,7
12 HORAS	5,8	6,9	8,0	8,7	9,2	9,6	10,0	10,6	11,1	11,5	12,1	12,8
14 HORAS	5,0	6,0	6,9	7,5	8,0	8,3	8,7	9,2	9,6	10,0	10,4	11,1
20 HORAS	3,6	4,3	4,9	5,4	5,7	5,9	6,2	6,5	6,9	7,1	7,4	7,9
24 HORAS	3,0	3,6	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
10 Minutos	18,4	22,2	25,5	27,8	29,4	30,8	32,0	33,9	35,5	36,9	38,6	40,9
15 Minutos	24,3	29,3	33,8	36,7	38,9	40,7	42,3	44,8	46,9	48,7	51,0	54,0
20 Minutos	29,0	34,9	40,2	43,7	46,4	48,5	50,4	53,4	55,9	58,0	60,7	64,4
30 Minutos	35,8	43,2	49,8	54,1	57,4	60,1	62,4	66,1	69,2	71,8	75,2	79,7
45 Minutos	42,7	51,5	59,3	64,4	68,3	71,5	74,2	78,7	82,4	85,5	89,5	94,9
1 HORA	47,2	56,9	65,6	71,2	75,6	79,1	82,1	87,1	91,1	94,6	99,0	105,0
2 HORAS	56,4	68,0	78,3	85,1	90,2	94,5	98,0	104,0	108,8	113,0	118,2	125,4
3 HORAS	60,5	72,9	84,0	91,3	96,8	101,3	105,2	111,5	116,7	121,2	126,8	134,5
4 HORAS	62,9	75,8	87,3	94,9	100,6	105,3	109,3	115,9	121,4	126,0	131,8	139,8
5 HORAS	64,5	77,7	89,6	97,3	103,2	108,0	112,1	118,9	124,4	129,2	135,2	143,4
6 HORAS	65,6	79,1	91,2	99,0	105,0	109,9	114,1	121,0	126,7	131,5	137,6	146,0
7 HORAS	66,5	80,2	92,4	100,4	106,5	111,4	115,7	122,7	128,4	133,3	139,5	147,9
8 HORAS	67,2	81,1	93,4	101,5	107,6	112,6	116,9	124,0	129,8	134,7	141,0	149,5
12 HORAS	69,1	83,3	96,0	104,3	110,6	115,8	120,2	127,5	133,4	138,5	144,9	153,7
14 HORAS	69,7	84,1	96,9	105,2	111,6	116,8	121,3	128,6	134,6	139,7	146,2	155,1
20 HORAS	71,0	85,6	98,7	107,2	113,7	119,0	123,5	131,0	137,1	142,3	148,9	158,0
24 HORAS	71,6	86,3	99,5	108,1	114,6	120,0	124,5	132,1	138,2	143,5	150,2	159,3

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Igaratá, foi registrada uma chuva de 90 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:*

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90 mm dividido por 45 minutos é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{120(45 + 25,9)^{0,9733}}{3124,0} \right]^{1/0,2044} = 77,1 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 77,1 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,3%, ou:

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{77,1} 100 = 1,3\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=352020>. Acesso em agosto de 2017.

NASCIMENTO, J. R. S.; FARIAS, J.A.M.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Guararema/SP. Estação pluviográfica Paretaí, código 02346018. Teresina, PI: CPRM, 2013. 12p.

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

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1972	1973	15/01/73	77,9	1994	1995	07/12/94	90,0
1973	1974	18/12/73	66,1	1995	1996	13/12/95	78,4
1975	1976	13/12/75	57,7	1996	1997	25/05/97	68,5
1976	1977	07/01/77	65,8	1997	1998	08/12/97	82,1
1977	1978	05/02/78	77,2	1998	1999	15/01/99	71,8
1978	1979	11/11/78	80,5	1999	2000	23/11/99	71,8
1979	1980	04/04/80	64,0	2000	2001	04/03/01	44,1
1980	1981	09/03/81	57,9	2001	2002	02/10/01	67,4
1981	1982	02/01/82	67,3	2002	2003	22/01/03	76,2
1982	1983	03/12/82	115,1	2003	2004	11/10/03	47,7
1983	1984	04/04/84	59,7	2004	2005	27/09/05	95,6
1984	1985	09/01/85	60,9	2005	2006	11/02/06	62,6
1985	1986	02/11/85	47,5	2006	2007	25/07/07	50,6
1986	1987	04/11/85	71,3	2007	2008	22/02/08	76,1
1987	1988	26/11/87	88,4	2008	2009	11/03/09	128,6
1988	1989	29/03/89	85,4	2009	2010	18/12/09	81,2
1989	1990	17/03/90	53,6	2010	2011	03/04/11	103,6
1990	1991	16/01/91	75,8	2011	2012	01/01/12	63,1
1991	1992	07/10/91	72,1	2012	2013	06/12/12	50,2
1992	1993	24/04/93	70,3	2013	2014	18/01/14	36,0
1993	1994	24/07/94	46,5				

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Nascimento *et al.* (2013) para o município de Igaratá/SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,90	0,85	0,83	0,81	0,70	0,66

Relação 45min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h
0,85	0,69	0,47	0,37

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