

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E  
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE  
CHEIAS E INUNDAÇÕES

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Rio de Janeiro  
Município: Macaé

 SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E  
RESPOSTA A DESASTRES**

**INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**

**Município: Macaé/RJ**

**PORTO ALEGRE  
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

CARTAS 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 @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa  
Porto Alegre - RS - 90.840-030  
Telefone: (51) 3406-7300  
Fax: (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: Macaé/RJ. Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber  
José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

10p.; 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**

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 Ramos dos Prazeres Campos -Sureg/BE

Jean Ricardo do Nascimento – RETE  
Luana Késsia Lucas Alves Martins – SUREG/BH  
Osvalcéllo Mercês Furtunato – SURE/AS

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento - Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Betania 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 Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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 regional estabelecida por Davis e Naghettini (2001) no Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Macaé e regiões incluídas na Região Homogênea 1, definida por Davis e Naghettini (2001).

O município de Macaé está localizado no litoral do Rio de Janeiro, na Latitude  $22^{\circ}22'38''S$  e Longitude  $41^{\circ}47'6,8'' W$ , a 191 km do Rio de Janeiro, capital do estado. O município possui área de 1.217 Km<sup>2</sup> e localiza-se a uma altitude de dois metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 234.628 habitantes.

As estações pluviográficas cujos dados foram utilizados para a definição da Região Homogênea 1 são as seguintes: Álcalis Cabo Frio, Cabo Frio, Campos, Iguaba Grande, Itaperuna, Macaé, Ordinária do Carmo, Rio Mole, Santo Antônio de Pádua e Saquarema. Estas estações são ou foram de responsabilidade da SERLA (Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e ANA (Agencia Nacional de Águas).

A Figura 01 apresenta a localização do município de Macaé.

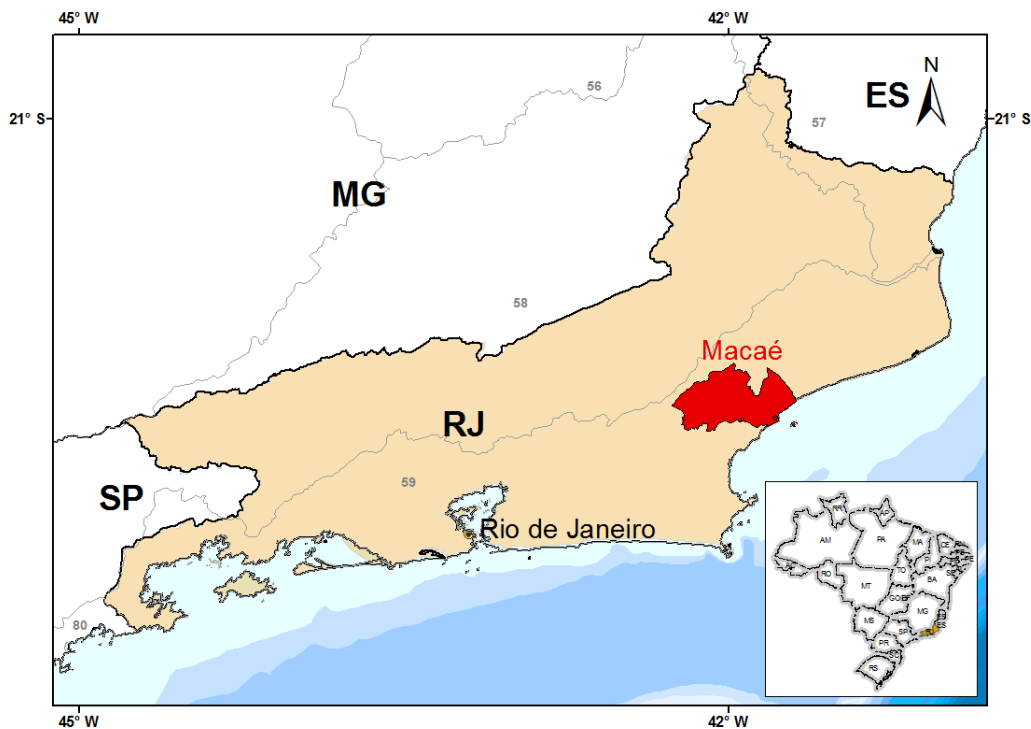


Figura 01 – Localização do Município de Macaé

## 2 – EQUAÇÃO

A metodologia utilizada na definição da equação IDF indicada para o município de Macaé está apresentada em Davis e Naghettini (2001), no estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro. Neste estudo, os autores utilizaram metodologia de análise de frequência regional, utilizando vários postos de medição em uma região hidrologicamente homogênea, de maneira a permitir a transferência de informações espacialmente nos limites da região homogenia. A distribuição de frequência ajustada aos dados da Região Homogênea 1, na qual Macaé se insere, foi a Logística Generalizada para séries parciais.



A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

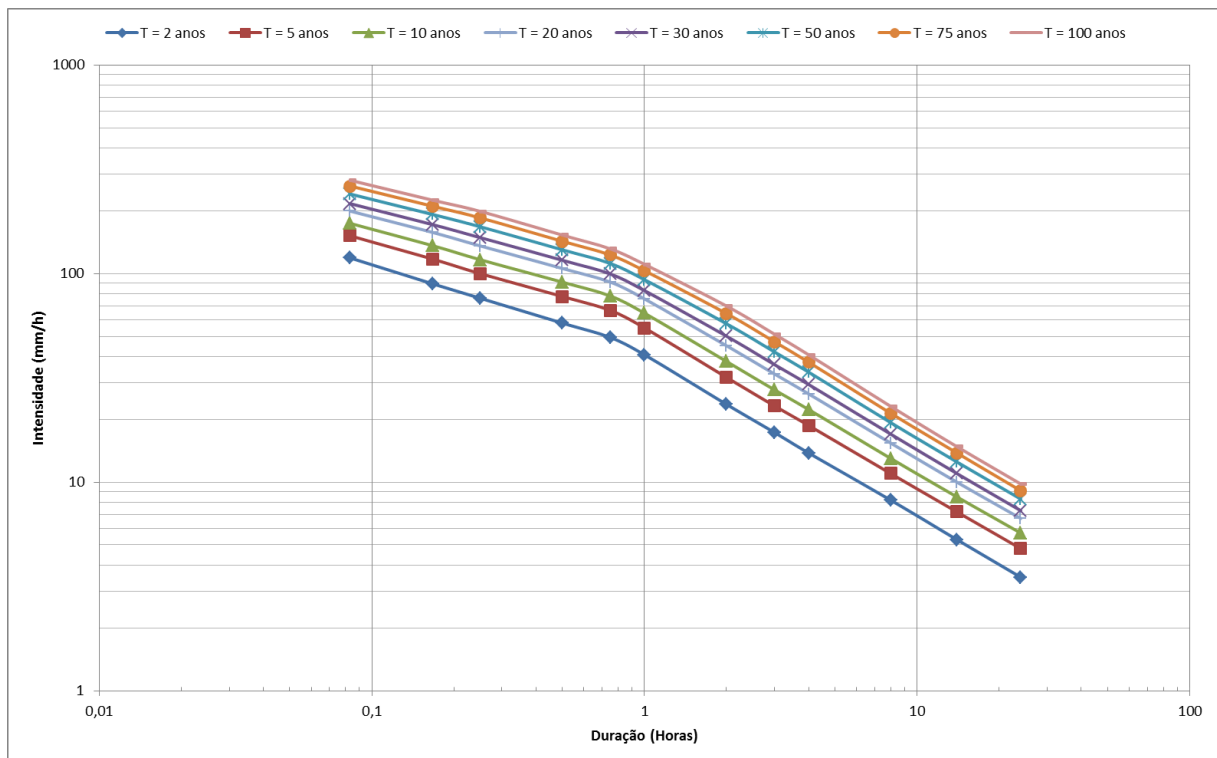


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 foram ajustadas para o 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 Macaé, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 1270,0; b = 0,2477; c = 18,9 \text{ e } d = 0,8277;$$

$$i = \frac{1270,0T^{0,2477}}{(t+18,9)^{0,8277}} \quad (02)$$

Estas equações 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 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	109,0	136,8	162,4	179,6	192,8	203,8	213,2	228,9	242,0	253,1	267,5	279,9	287,3
10 Minutos	93,2	116,9	138,8	153,4	164,8	174,1	182,2	195,6	206,8	216,3	228,6	239,2	245,5
15 Minutos	81,6	102,4	121,6	134,5	144,4	152,6	159,6	171,4	181,2	189,5	200,3	209,6	215,1
20 Minutos	72,8	91,4	108,5	120,0	128,8	136,2	142,5	153,0	161,7	169,1	178,8	187,0	192,0
30 Minutos	60,3	75,6	89,8	99,3	106,6	112,7	117,9	126,6	133,8	140,0	147,9	154,7	158,8
45 Minutos	48,3	60,6	72,0	79,6	85,4	90,3	94,5	101,4	107,2	112,2	118,5	124,0	127,3
1 HORA	40,6	50,9	60,4	66,8	71,8	75,8	79,3	85,2	90,0	94,2	99,6	104,1	106,9
2 HORAS	25,4	31,9	37,8	41,8	44,9	47,5	49,7	53,3	56,4	59,0	62,3	65,2	66,9
3 HORAS	18,9	23,7	28,1	31,1	33,4	35,3	36,9	39,6	41,9	43,8	46,3	48,4	49,7
4 HORAS	15,2	19,0	22,6	25,0	26,8	28,4	29,7	31,9	33,7	35,2	37,2	39,0	40,0
5 HORAS	12,8	16,0	19,0	21,0	22,6	23,9	25,0	26,8	28,3	29,6	31,3	32,8	33,6
6 HORAS	11,1	13,9	16,5	18,2	19,6	20,7	21,6	23,2	24,6	25,7	27,2	28,4	29,2
7 HORAS	9,8	12,3	14,6	16,1	17,3	18,3	19,2	20,6	21,8	22,8	24,1	25,2	25,8
8 HORAS	8,8	11,1	13,1	14,5	15,6	16,5	17,2	18,5	19,6	20,5	21,6	22,6	23,2
12 HORAS	6,4	8,0	9,5	10,5	11,3	11,9	12,5	13,4	14,1	14,8	15,6	16,4	16,8
14 HORAS	5,6	7,1	8,4	9,3	9,9	10,5	11,0	11,8	12,5	13,1	13,8	14,4	14,8
20 HORAS	4,2	5,3	6,3	6,9	7,4	7,9	8,2	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8	11,1
24 HORAS	3,6	4,6	5,4	6,0	6,4	6,8	7,1	7,6	8,0	8,4	8,9	9,3	9,6

**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	9,1	11,4	13,5	15,0	16,1	17,0	17,8	19,1	20,2	21,1	22,3	23,3	23,9
10 Minutos	15,5	19,5	23,1	25,6	27,5	29,0	30,4	32,6	34,5	36,1	38,1	39,9	40,9
15 Minutos	20,4	25,6	30,4	33,6	36,1	38,1	39,9	42,9	45,3	47,4	50,1	52,4	53,8
20 Minutos	24,3	30,5	36,2	40,0	42,9	45,4	47,5	51,0	53,9	56,4	59,6	62,3	64,0
30 Minutos	30,1	37,8	44,9	49,6	53,3	56,3	58,9	63,3	66,9	70,0	74,0	77,4	79,4
45 Minutos	36,2	45,5	54,0	59,7	64,1	67,7	70,8	76,1	80,4	84,1	88,9	93,0	95,5
1 HORA	40,6	50,9	60,4	66,8	71,8	75,8	79,3	85,2	90,0	94,2	99,6	104,1	106,9
2 HORAS	50,8	63,7	75,7	83,7	89,9	95,0	99,4	106,7	112,8	118,0	124,7	130,4	133,9
3 HORAS	56,6	71,0	84,3	93,3	100,1	105,8	110,7	118,9	125,7	131,5	138,9	145,3	149,2
4 HORAS	60,7	76,1	90,4	100,0	107,3	113,4	118,7	127,5	134,7	140,9	148,9	155,8	159,9
5 HORAS	63,8	80,1	95,1	105,2	112,9	119,3	124,8	134,1	141,7	148,2	156,7	163,9	168,2
6 HORAS	66,4	83,3	98,9	109,4	117,5	124,2	129,9	139,5	147,4	154,2	163,0	170,5	175,0
7 HORAS	68,6	86,1	102,2	113,0	121,4	128,3	134,2	144,1	152,3	159,3	168,4	176,1	180,8
8 HORAS	70,5	88,5	105,1	116,2	124,7	131,8	137,9	148,1	156,5	163,8	173,1	181,1	185,8
12 HORAS	76,4	95,9	113,9	125,9	135,2	142,9	149,5	160,5	169,6	177,5	187,5	196,2	201,4
14 HORAS	78,7	98,8	117,3	129,7	139,2	147,2	154,0	165,3	174,7	182,8	193,2	202,1	207,4
20 HORAS	84,2	105,6	125,4	138,6	148,9	157,3	164,6	176,8	186,8	195,4	206,6	216,1	221,8
24 HORAS	87,0	109,2	129,7	143,4	154,0	162,7	170,2	182,8	193,2	202,1	213,6	223,5	229,4

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Macaé, foi registrada uma Chuva de 90 mm com duração de 45 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:*

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

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

$$T = \left[ \frac{120(45 + 18,9)^{0,8277}}{1270} \right]^{1/0,2477} = 78,8 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 78,8 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,3%, ou*

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{78,8} 100 = 1,3\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Davis, E. G. & Naghettini M.C. *Estudos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, CD-ROM. 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 27 de novembro de 2015.

WIKIPEDIA, 2015. Ficheiro – Macaé. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Maca%C3%A9>. Acesso em 27 de novembro de 2015.

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do Programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres 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](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

