

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: Rio Novo do Sul
Estação Pluviométrica: Rio Novo do Sul
Código ANA: 02040013

 **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**

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

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

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Rio Novo do Sul

**Estação Pluviométrica: Rio Novo do Sul,
Código 02040013**

**BELO HORIZONTE
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS DE MASSA E ENCHENTES
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2017 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG - 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31)3878-0376
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<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: Rio Novo do Sul. Estação Pluviométrica: Rio Novo do Sul, Código 02040013. Eber José de Andrade Pinto - Belo Horizonte : CPRM,2017.

11p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e
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 BELO HORIZONTE

Leandro Lima
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Murilo Martino Pinho
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Margareth Marques dos Santos
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
e 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 gravitacionais de massa e inundação.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Rio Novo de Sul onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Rio Novo do Sul, código 02040013. Esta estação está localizada na zona rural do município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Rio Novo do Sul e regiões circunvizinhas.

O município de Rio Novo do Sul está localizado no estado do Espírito Santo, na microrregião do litoral sul Espírito-Santense, a 91 km de Vitória, capital do estado. O município possui área de 204,358 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 60 metros. Ressalva-se que o território do Município de Rio Novo do Sul é bastante acidentado, podendo alcançar altitudes superiores a 300 metros.

A estação de Rio Novo do Sul, código 02040013, está localizada na Latitude 20°52'51" S e Longitude 40°56'36" W, em Pau D'valho. Esta estação pluviométrica foi extinta em 15 de maio de 2010. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em pluviômetro modelo Ville de Paris. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: IBGE, 2013 e Google, 2013)

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 Rio Novo do Sul, código 02040013, 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 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 publicadas pela CETESB (1986), na tabela 3.2 da página 17 e apresentadas no Anexo II. Essas relações correspondem aos valores médios para os períodos de retorno de 2 a 100 anos dos estudos desenvolvidos por Pfafstetter (1982). A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

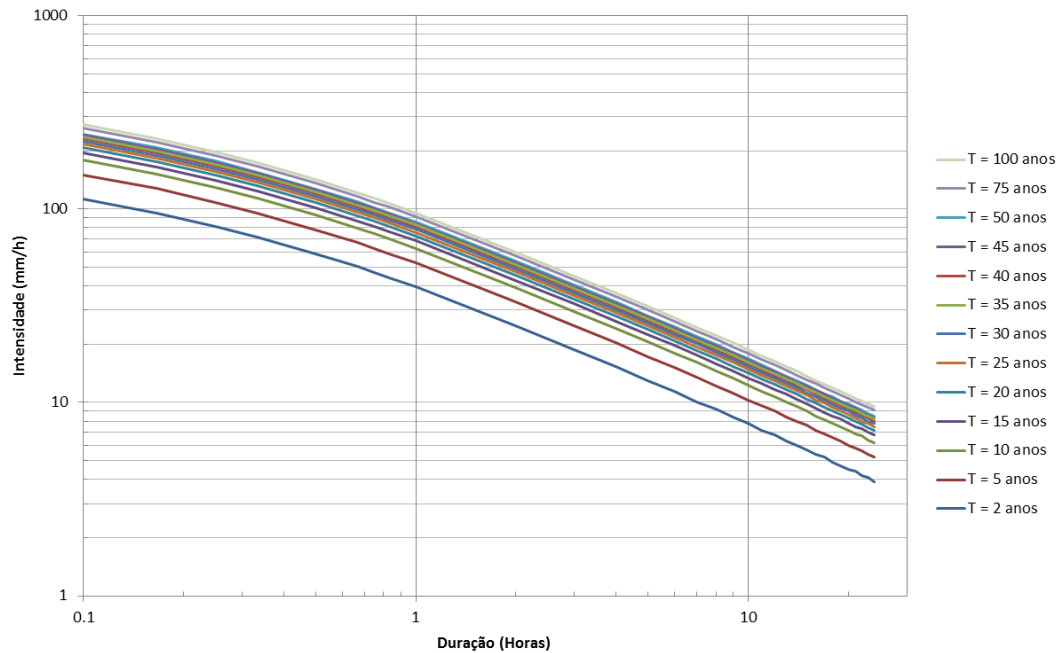


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \left\{ \left[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60)) \right] + c \ln(T) + d \right\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

No caso de Rio Novo do Sul, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,2511 ; b = 12,9336 ; c = 13,6492 ; d = 28,2604 \text{ e } \delta = 7,0$$

$$i = \left\{ \left[(6,2511 \ln(T) + 12,9336) \cdot \ln(t + (7/60)) \right] + 13,6492 \ln(T) + 28,2604 \right\} / t \quad (02)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 75 anos.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 7,0631 ; b = 14,6428 ; c = 11,4563 ; d = 23,7109 \text{ e } \delta = 30,0$$

$$i = \left\{ \left[(7,0631 \ln(T) + 14,6428) \cdot \ln(t + (30/60)) \right] + 11,4563 \ln(T) + 23,7109 \right\} / t \quad (03)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 75 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 de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	119,2	158,6	188,5	205,9	218,3	227,9	248,2	257,8	265,6	275,3	283,1	287,6
10 Minutos	95,7	127,4	151,4	165,4	175,3	183,1	199,3	207	213,3	221,1	227,4	231
15 Minutos	81,6	108,6	129,1	141,1	149,5	156,1	170	176,6	182	188,5	193,9	197
20 Minutos	71,8	95,6	113,6	124,1	131,6	137,4	149,6	155,4	160,1	165,9	170,7	173,4
30 Minutos	58,7	78,2	93	101,6	107,7	112,4	122,4	127,2	131	135,8	139,7	141,9
45 Minutos	47	62,6	74,4	81,3	86,2	90	97,9	101,7	104,8	108,6	111,7	113,5
1 HORA	39,6	52,8	62,7	68,5	72,6	75,8	82,6	85,8	88,4	91,6	94,2	95,7
2 HORAS	24,8	33	39,2	42,8	45,4	47,4	51,6	53,6	55,3	57,3	58,9	59,8
3 HORAS	18,7	24,9	29,6	32,3	34,3	35,8	39	40,5	41,7	43,2	44,5	45,2
4 HORAS	15,3	20,3	24,1	26,4	28	29,2	31,8	33	34	35,3	36,3	36,9
5 HORAS	13	17,3	20,6	22,5	23,8	24,9	27,1	28,1	29	30	30,9	31,4
6 HORAS	11,4	15,1	18	19,7	20,8	21,8	23,7	24,6	25,4	26,3	27	27,5
7 HORAS	10,1	13,5	16,1	17,5	18,6	19,4	21,1	22	22,6	23,4	24,1	24,5
8 HORAS	9,2	12,2	14,5	15,9	16,8	17,6	19,1	19,9	20,5	21,2	21,8	22,2
12 HORAS	6,8	9	10,7	11,7	12,4	12,9	14,1	14,6	15,1	15,6	16	16,3
14 HORAS	6	8	9,5	10,4	11	11,5	12,5	13	13,4	13,8	14,2	14,5
20 HORAS	4,5	6	7,2	7,8	8,3	8,7	9,4	9,8	10,1	10,5	10,8	10,9
24 HORAS	3,9	5,2	6,2	6,8	7,2	7,5	8,2	8,5	8,7	9,1	9,3	9,5

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração de Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	9,9	13,2	15,7	17,2	18,2	19	20,7	21,5	22,1	22,9	23,6	24
10 Minutos	15,9	21,2	25,2	27,6	29,2	30,5	33,2	34,5	35,6	36,8	37,9	38,5
15 Minutos	20,4	27,2	32,3	35,3	37,4	39	42,5	44,1	45,5	47,1	48,5	49,3
20 Minutos	23,9	31,9	37,9	41,4	43,9	45,8	49,9	51,8	53,4	55,3	56,9	57,8
30 Minutos	29,4	39,1	46,5	50,8	53,8	56,2	61,2	63,6	65,5	67,9	69,8	70,9
45 Minutos	35,3	46,9	55,8	60,9	64,6	67,5	73,5	76,3	78,6	81,5	83,8	85,1
1 HORA	39,6	52,8	62,7	68,5	72,6	75,8	82,6	85,8	88,4	91,6	94,2	95,7
2 HORAS	49,6	66	78,4	85,7	90,8	94,8	103,3	107,3	110,5	114,5	117,8	119,7
3 HORAS	56,1	74,7	88,8	97	102,9	107,4	117	121,5	125,2	129,7	133,4	135,6
4 HORAS	61	81,3	96,6	105,5	111,9	116,8	127,2	132,1	136,1	141,1	145,1	147,4
5 HORAS	65	86,5	102,8	112,3	119,1	124,3	135,4	140,6	144,9	150,1	154,4	156,9
6 HORAS	68,2	90,8	107,9	117,9	125	130,6	142,1	147,7	152,2	157,7	162,2	164,8
7 HORAS	71	94,6	112,4	122,8	130,2	135,9	148	153,7	158,4	164,1	168,8	171,5
8 HORAS	73,5	97,8	116,2	127	134,6	140,6	153,1	159	163,8	169,8	174,6	177,4
12 HORAS	81	107,8	128,2	140	148,5	155	168,8	175,3	180,6	187,2	192,5	195,6
14 HORAS	83,9	111,7	132,7	145	153,8	160,5	174,8	181,6	187,1	193,9	199,4	202,6
20 HORAS	90,7	120,7	143,4	156,7	166,2	173,5	188,9	196,2	202,2	209,5	215,5	218,9
24 HORAS	94,1	125,3	148,9	162,8	172,5	180,1	196,2	203,7	210	217,6	223,8	227,3

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Rio Novo do Sul, foi registrada uma Chuva de 42 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 42 mm dividido por 0,25 h é igual a 168 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{168,0,25 - 12,9336 \ln(t + (7/60)) - 28,2604}{6,2511 \ln(t + (7/60)) + 13,6492} \right] = 37,4 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 37,5 anos corresponde a uma probabilidade de 2,67% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 168 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{37,4} 100 = 2,67\%$$

O tempo de retorno do evento ocorrido, 37,4 anos, é superior aos tempos de retorno utilizados no dimensionamento do sistema de drenagem de Rio Novo do Sul, isto explica os transtornos gerados no sistema de drenagem pluvial da cidade.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. *Drenagem Urbana: Manual de Projeto*. 3ª ed, São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em novembro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=320440&search=espírito-santolrio-novo-do-sul> Acesso em novembro de 2013.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

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)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1971	1972	22/11/1971	103,1
1972	1973	20/11/1972	125,4
1973	1974	12/01/1974	70,0
1974	1975	06/02/1975	90,0
1978	1979	11/12/1978	95,8
1980	1981	18/04/1981	104,2
1981	1982	13/08/1982	125,2
1982	1983	18/04/1983	93,6
1983	1984	04/12/1983	138,4
1984	1985	09/12/1984	91,6
1985	1986	12/01/1986	75,4
1986	1987	24/04/1987	79,2
1988	1989	17/12/1988	88,6
1998	1999	19/11/1998	52,4
1999	2000	06/04/2000	66,4
2001	2002	02/02/2002	63,4
2002	2003	06/11/2002	76,8
2003	2004	20/12/2003	165,2
2005	2006	27/11/2005	99,9
2006	2007	29/12/2006	74,3
2007	2008	25/02/2008	73,2

Anexo II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações publicadas pela CETESB (1986), na tabela 3.2 da página 17

5 Minutos/30 minutos	10 Minutos/30 minutos	15 Minutos/30 minutos	20 Minutos/30 minutos
0,34	0,54	0,70	0,81

25 Minutos/30 minutos	30 Minutos/1 Hora	1 Hora/24 Horas
0,91	0,74	0,42

6 Horas/24 Horas	8 Horas/24 Horas	10 Horas/24 Horas	12 Horas/24 Horas
0,72	0,78	0,82	0,85

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 Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 - Funcionários
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0300 - Fax: 31 3878-0383

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
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



PAC