

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Pará
Município: Alenquer
Estação Pluviográfica: Arapari
Código ANA: 00154000
Estação Pluviométrica: Alenquer
Código ANA: 00154003

 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: Alenquer/PA

**Estação Pluviográfica: Arapari
Código 00154000
Estação Pluviométrica: Alenquer
Código: 00154003**

**PORTO ALEGRE
2015**

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

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 – Santa Tereza
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. (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Alenquer. Estação Pluviográfica: Arapari, Código 00154000 e Estação Pluviométrica Alenquer Código 00154003. Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

19p.; 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

Edison Lobão

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Pereira Zimmermann

**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 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

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 Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa – Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento – Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – 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

Juliana Oliveira-Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro-Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso -Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior-Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes -Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes -Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim -REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda-Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros -Sureg/RE

Liomar Santos da Hora-Sureg/SA

Lemia Ribeiro-Sureg/SA

Márcia Faermann -Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira-Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira-Sureg/MA

Nayara de Lima Oliveira-Sureg/GO

Pedro da Silva Junqueira-Sureg/PA

Rosangela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima–RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero-Sureg/GO

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 estabelecida para o município de Alenquer. Foram elaboradas duas IDFs, sendo que a primeira (IDF1), foi elaborada com dados de uma estação pluviográfica e subsidiou parâmetros a serem utilizadas na segunda (IDF2), elaborada com séries de uma estação pluviométrica. A IDF1 foi desenvolvida com dados contínuos de precipitação, utilizando os registros da estação pluviográfica Arapari, código 00154000, operada pela CPRM. Na elaboração da IDF2 aplicou-se metodologia de desagregação, com os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Alenquer, código 00154003, operada pela CPRM.

A estação Arapari (pluviográfica) distancia-se da sede municipal de Alenquer em 44 km e Alenquer (pluviométrica) localiza-se na sede do município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida (IDF2) pode ser utilizada no município de Alenquer e regiões circunvizinhas.

O município de Alenquer está localizado no estado do Pará, na Latitude 01°56'48" S e Longitude 54°44'19,8" W, a 697 km de Belém. O município possui área de 23.645,881 Km² e localiza-se a uma altitude de 52 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 52.626 habitantes.

Para a elaboração da IDF do município de Alenquer, procedeu-se a um estudo preliminar com os dados de uma estação pluviográfica operada pela CPRM. Este estudo subsidiou a geração de uma IDF (IDF1) e permitiu o cálculo das relações entre alturas de precipitação de diferentes durações, usadas para a desagregação da série de máximos anuais levantados de registros da estação pluviométrica de Alenquer

A estação pluviográfica Arapari, código 00154000, está localizada no município de Monte Alegre, na Latitude 01°46'34" S e Longitude 54°22'52" W, e fica inserida na sub-bacia 18 (sub-bacia dos rios Amazonas, Xingu, Iriri e Paru), em sua porção mais a norte, na divisa com a sub-bacia 17 (sub-bacia dos rios Amazonas, Tapajós e Juruena), mais especificamente na sub-bacia do rio Maicuru. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos registros de um pluviógrafo PLG-4-IH, operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), no período de 1990 até 2009.

A estação pluviométrica de Alenquer, código 00154003, está localizada no município de Alenquer, na Latitude 01°56'34" S e Longitude 54°44'20" W, e fica inserida na sub-bacia 17, em sua porção mais a norte, na divisa com a sub-bacia 18, mais especificamente na sub-bacia do rio Curuá. O rio Curuá tem suas nascentes na Serra do Cachimbo na sua porção localizada no estado do Pará. A estação Alenquer localiza na sede do município de Alenquer e encontra-se em operação desde 1989. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro padrão DNAEE.

A Figura 01 apresenta a localização do município e das estações pluviográfica e pluviométrica.

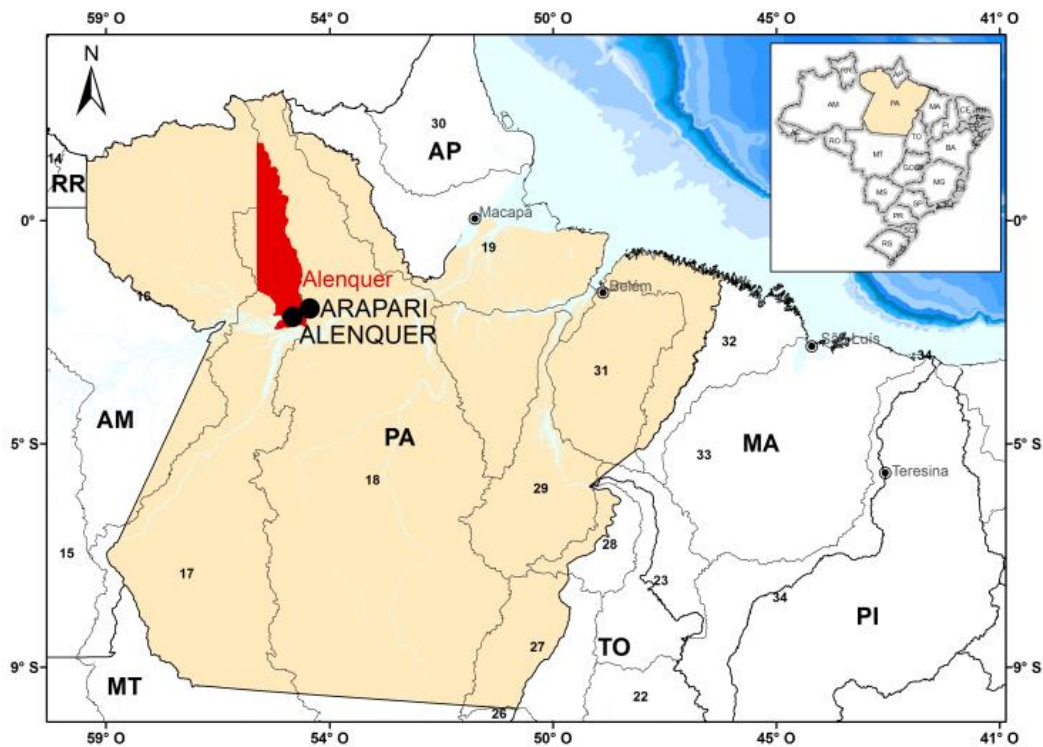


Figura 01 – Localização do Município, da Estação Pluviográfica e da Estação Pluviométrica (Fonte: GOOGLE, 2015)

2 – EQUAÇÕES

2.1 – IDF1: REGISTROS CONTÍNUOS DE PRECIPITAÇÃO

A metodologia para definição da equação utilizando os dados pluviográficos está descrita em detalhes em Pinto (2013).

Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Arapari, código 0154000, foram utilizadas séries de duração parcial e os dados utilizados constam no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. O Anexo II apresenta as relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações calculadas com os resultados das análises de frequência.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas utilizando os dados pluviográficos.

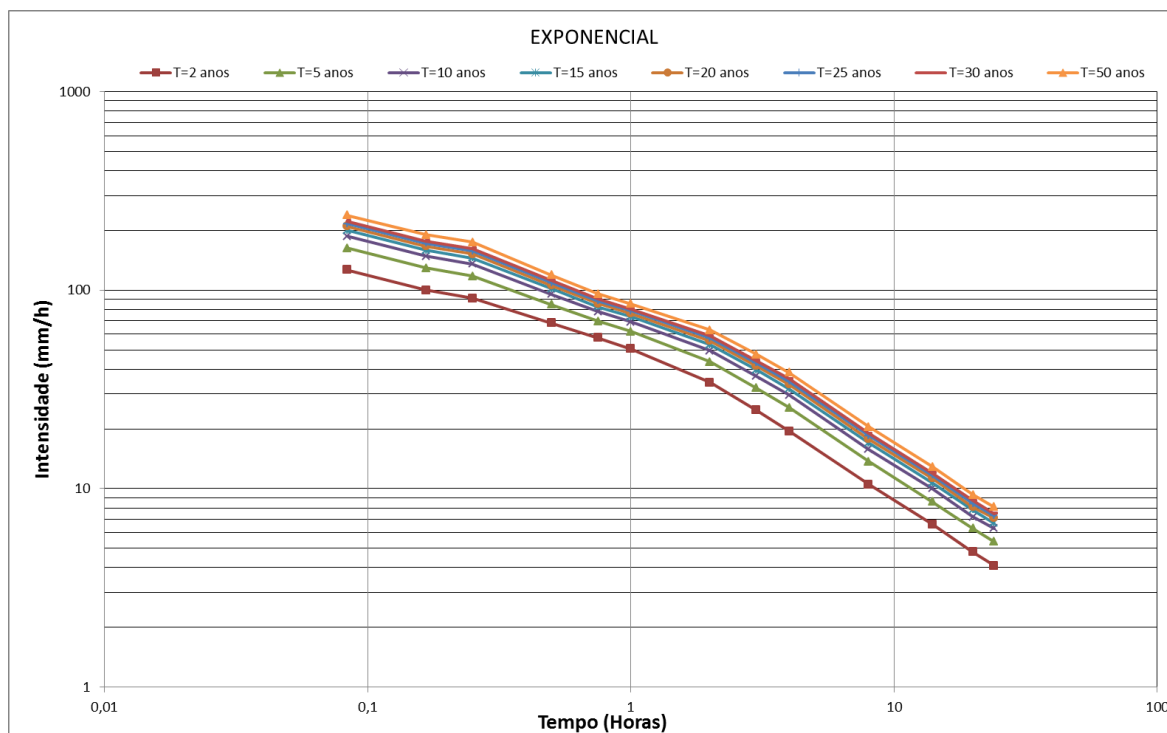


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Arapari os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$$

$$a = 420,3; b = 0,1671; c = 4,7 \text{ e } d = 0,5402;$$

$$i = \frac{420,3T^{0,1671}}{(t+4,7)^{0,5402}} \quad (02)$$

$$1\text{h} < t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2765,6; b = 0,1713; c = 35 \text{ e } d = 0,8964;$$

$$i = \frac{2765,6T^{0,1713}}{(t+35)^{0,8964}} \quad (03)$$

Estas equações são válidas para tempos de retorno até 50 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
5 Minutos	138,3	161,2	181,0	193,7	203,2	210,9	217,4	228,1	236,8
10 Minutos	110,5	128,8	144,6	154,7	162,3	168,5	173,7	182,3	189,2
15 Minutos	94,3	109,9	123,4	132,1	138,6	143,8	148,3	155,6	161,5
20 Minutos	83,5	97,3	109,2	116,9	122,6	127,3	131,2	137,7	142,9
30 Minutos	69,5	81,0	90,9	97,3	102,1	105,9	109,2	114,6	119,0
45 Minutos	57,2	66,7	74,9	80,1	84,1	87,3	90,0	94,4	98,0
1 HORA	49,6	57,8	64,9	69,5	72,9	75,7	78,0	81,8	85,0
2 HORAS	33,9	39,6	44,6	47,8	50,3	52,2	53,9	56,6	58,8
3 HORAS	25,3	29,6	33,3	35,7	37,5	38,9	40,2	42,2	43,9
4 HORAS	20,3	23,7	26,7	28,6	30,1	31,2	32,2	33,9	35,2
5 HORAS	17,0	19,9	22,4	24,0	25,2	26,2	27,0	28,4	29,5
6 HORAS	14,6	17,1	19,3	20,7	21,7	22,6	23,3	24,5	25,4
7 HORAS	12,9	15,1	17,0	18,2	19,1	19,9	20,5	21,6	22,4
8 HORAS	11,5	13,5	15,2	16,3	17,1	17,8	18,4	19,3	20,0
12 HORAS	8,2	9,6	10,8	11,6	12,2	12,6	13,0	13,7	14,2
14 HORAS	7,2	8,4	9,5	10,1	10,7	11,1	11,4	12,0	12,5
20 HORAS	5,3	6,2	6,9	7,4	7,8	8,1	8,4	8,8	9,2
24 HORAS	4,5	5,3	5,9	6,3	6,7	6,9	7,2	7,5	7,8

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	30	40	50
5 Minutos	11,5	13,4	15,1	16,1	16,9	17,6	18,1	19,0	19,7
10 Minutos	18,4	21,5	24,1	25,8	27,1	28,1	29,0	30,4	31,5
15 Minutos	23,6	27,5	30,9	33,0	34,6	36,0	37,1	38,9	40,4
20 Minutos	27,8	32,4	36,4	39,0	40,9	42,4	43,7	45,9	47,6
30 Minutos	34,7	40,5	45,5	48,6	51,0	53,0	54,6	57,3	59,5
45 Minutos	42,9	50,0	56,1	60,1	63,0	65,4	67,5	70,8	73,5
1 HORA	49,6	57,8	64,9	69,5	72,9	75,7	78,0	81,8	85,0
2 HORAS	67,8	79,3	89,3	95,7	100,5	104,4	107,8	113,2	117,6
3 HORAS	75,8	88,7	99,9	107,0	112,5	116,8	120,5	126,6	131,6
4 HORAS	81,1	94,8	106,8	114,5	120,3	124,9	128,9	135,4	140,7
5 HORAS	84,9	99,3	111,8	119,9	125,9	130,9	135,0	141,8	147,3
6 HORAS	87,9	102,8	115,8	124,1	130,4	135,5	139,8	146,8	152,5
7 HORAS	90,3	105,7	119,0	127,6	134,0	139,2	143,6	150,9	156,8
8 HORAS	92,4	108,1	121,7	130,5	137,1	142,4	146,9	154,3	160,3
12 HORAS	98,3	115,1	129,6	138,9	145,9	151,6	156,4	164,3	170,7
14 HORAS	100,5	117,6	132,4	142,0	149,1	154,9	159,9	167,9	174,5
20 HORAS	105,4	123,4	138,9	148,9	156,4	162,5	167,7	176,1	183,0
24 HORAS	107,9	126,2	142,2	152,4	160,1	166,3	171,6	180,3	187,3

2.2 – IDF2: DESAGREGAÇÃO DE DADOS DIARIOS OBSERVADOS DE PRECIPITAÇÃO

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 Alenquer, código 00154003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 31/Set), apresentada no Anexo III. 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 a IDF1, para a estação pluviográfica Arapari, código 0154000. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 03 apresenta as curvas ajustadas.

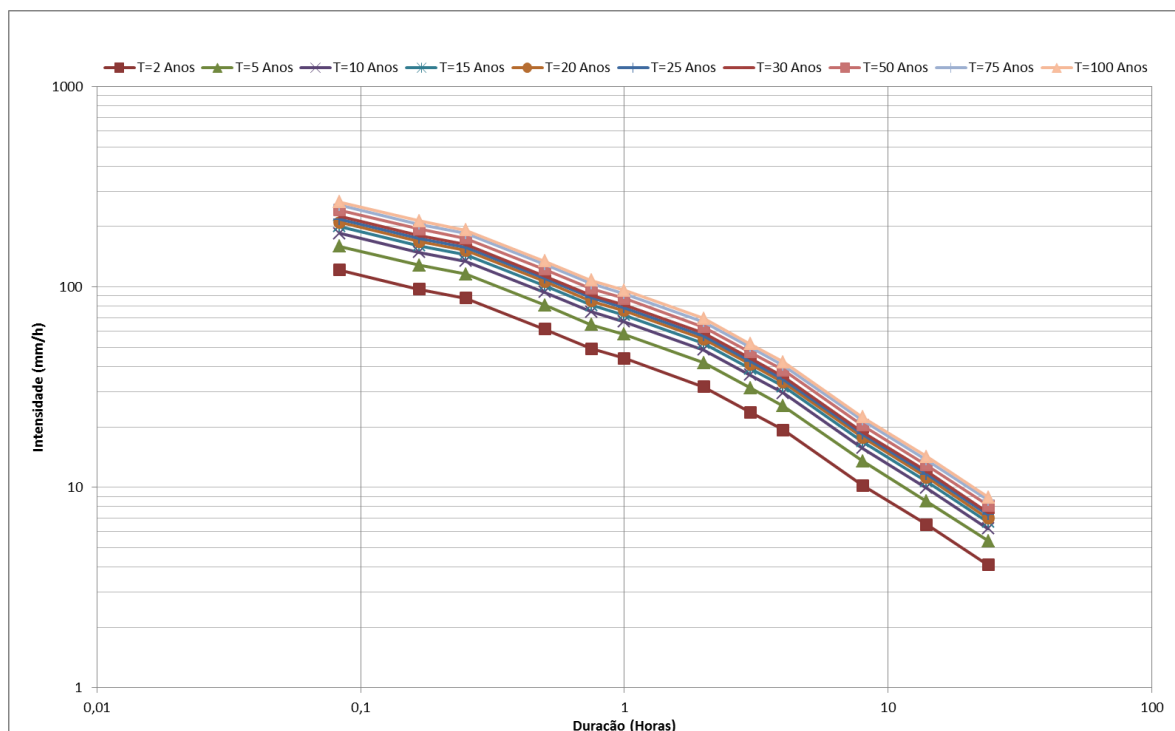


Figura 03 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 03 são do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (04)$$

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 Alenquer os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 1\text{h}$$

$$a = 384,1; b = 0,1889; c = 4,5; d = 0,5355$$

$$i = \frac{386,9T^{0,1898}}{(t+4,7)^{0,5295}} \quad (05)$$

$$1\text{h} < t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2212,1; b = 0,2003; c = 35 \text{ e } d = 0,8695;$$

$$i = \frac{2212,1T^{0,2003}}{(t+35)^{0,8695}} \quad (06)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos até 24 horas. A Tabela 03 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 04 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 03 – 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	70	75	100
5 Minutos	131,1	155,9	177,7	191,9	202,6	211,3	218,7	230,9	240,9	249,3	256,7	260,1	274,6
10 Minutos	104,6	124,3	141,7	153,0	161,5	168,5	174,4	184,1	192,1	198,8	204,7	207,4	218,9
15 Minutos	89,2	106,1	120,9	130,6	137,8	143,8	148,8	157,1	163,9	169,6	174,7	176,9	186,8
20 Minutos	79,0	93,9	107,0	115,5	122,0	127,2	131,7	139,1	145,0	150,1	154,6	156,6	165,3
30 Minutos	65,7	78,2	89,1	96,2	101,6	105,9	109,6	115,8	120,7	125,0	128,7	130,4	137,6
45 Minutos	54,2	64,4	73,4	79,3	83,7	87,3	90,4	95,4	99,5	103,0	106,1	107,4	113,4
1 HORA	47,0	55,9	63,7	68,8	72,6	75,8	78,4	82,8	86,4	89,4	92,0	93,2	98,5
2 HORAS	31,7	38,0	43,7	47,4	50,2	52,5	54,5	57,7	60,3	62,6	64,5	65,4	69,3
3 HORAS	23,8	28,6	32,9	35,7	37,8	39,5	41,0	43,4	45,4	47,1	48,6	49,2	52,2
4 HORAS	19,2	23,1	26,6	28,8	30,5	31,9	33,1	35,1	36,7	38,0	39,2	39,8	42,1
5 HORAS	16,2	19,5	22,4	24,3	25,7	26,9	27,9	29,5	30,9	32,0	33,0	33,5	35,5
6 HORAS	14,0	16,9	19,4	21,0	22,3	23,3	24,2	25,6	26,8	27,7	28,6	29,0	30,7
7 HORAS	12,4	14,9	17,1	18,6	19,7	20,6	21,4	22,6	23,7	24,5	25,3	25,7	27,2
8 HORAS	11,1	13,4	15,4	16,7	17,7	18,5	19,2	20,3	21,2	22,0	22,7	23,0	24,4
12 HORAS	8,0	9,6	11,0	12,0	12,7	13,3	13,7	14,6	15,2	15,8	16,3	16,5	17,5
14 HORAS	7,0	8,4	9,7	10,5	11,2	11,7	12,1	12,8	13,4	13,9	14,3	14,5	15,4
20 HORAS	5,2	6,3	7,2	7,8	8,3	8,6	9,0	9,5	9,9	10,3	10,6	10,8	11,4
24 HORAS	4,5	5,4	6,2	6,7	7,1	7,4	7,7	8,1	8,5	8,8	9,1	9,2	9,8

Tabela 04 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	100
5 Minutos	10,9	13,0	14,8	16,0	16,9	17,6	18,2	19,2	20,1	20,8	21,4	21,7	22,9
10 Minutos	17,4	20,7	23,6	25,5	26,9	28,1	29,1	30,7	32,0	33,1	34,1	34,6	36,5
15 Minutos	22,3	26,5	30,2	32,6	34,5	35,9	37,2	39,3	41,0	42,4	43,7	44,2	46,7
20 Minutos	26,3	31,3	35,7	38,5	40,7	42,4	43,9	46,4	48,3	50,0	51,5	52,2	55,1
30 Minutos	32,9	39,1	44,5	48,1	50,8	53,0	54,8	57,9	60,4	62,5	64,3	65,2	68,8
45 Minutos	40,6	48,3	55,1	59,5	62,8	65,5	67,8	71,6	74,6	77,3	79,5	80,6	85,1
1 HORA	47,0	55,9	63,7	68,8	72,6	75,8	78,4	82,8	86,4	89,4	92,0	93,2	98,5
2 HORAS	63,3	76,1	87,4	94,8	100,4	105,0	108,9	115,4	120,7	125,2	129,1	130,9	138,7
3 HORAS	71,5	85,9	98,7	107,0	113,4	118,5	123,0	130,2	136,2	141,3	145,7	147,7	156,5
4 HORAS	76,9	92,4	106,2	115,2	122,0	127,6	132,4	140,2	146,6	152,1	156,8	159,0	168,4
5 HORAS	81,0	97,3	111,8	121,3	128,5	134,4	139,4	147,6	154,4	160,1	165,1	167,4	177,4
6 HORAS	84,2	101,2	116,3	126,1	133,6	139,7	144,9	153,5	160,5	166,5	171,7	174,1	184,4
7 HORAS	86,9	104,4	120,0	130,1	137,8	144,1	149,5	158,4	165,6	171,8	177,1	179,6	190,3
8 HORAS	89,2	107,1	123,1	133,5	141,4	147,9	153,4	162,5	169,9	176,3	181,8	184,3	195,2
12 HORAS	95,9	115,2	132,4	143,6	152,1	159,1	165,0	174,8	182,8	189,6	195,5	198,2	210,0
14 HORAS	98,4	118,3	135,9	147,4	156,1	163,3	169,3	179,4	187,6	194,5	200,6	203,4	215,5
20 HORAS	104,2	125,2	143,9	156,0	165,3	172,8	179,3	189,9	198,6	206,0	212,4	215,4	228,2
24 HORAS	107,2	128,8	147,9	160,4	170,0	177,7	184,3	195,3	204,2	211,8	218,4	221,5	234,6

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Alenquer, foi registrada uma Chuva de 75 mm com duração de 45 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial no município de Alenquer. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 04. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (07)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 75 mm dividido por 0,75 h é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 07 temos:

$$T = \left[\frac{100(45 + 4,5)^{0,5355}}{384,1} \right]^{1/0,1889} = 51,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 51,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,9%, ou

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{51,3} 100 = 1,9\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

GOOGLE EARTH. Estação pluviográfica de Arapari. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

GOOGLE EARTH. Estação pluviométrica de Alenquer. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

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 por Duração – Altura de Chuva (mm)

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA
02/12/1992	10,0	09/11/1992	13,8	09/11/1992	17,5	25/11/1995	28,4	25/11/1995	43,4	25/11/1995	52,1
26/10/1995	8,3	25/11/1995	13,7	25/11/1995	18,3	15/01/1996	35,6	15/01/1996	49,8	15/01/1996	60,5
07/11/1995	10,1	15/01/1996	15,0	15/01/1996	21,3	24/03/1999	29,6	24/03/1999	34,7	19/04/1996	41,3
15/01/1996	8,8	14/03/1997	13,6	14/03/1997	17,1	21/05/1999	39,5	21/05/1999	44,8	07/03/1999	39,5
14/03/1997	10,0	30/03/1997	14,0	24/03/1999	20,0	12/08/1999	30,1	07/03/2000	52,7	21/05/1999	48,6
30/03/1997	8,3	24/03/1999	15,0	21/05/1999	30,0	07/01/2000	30,0	10/11/2000	46,4	07/03/2000	59,8
24/03/1999	10,0	21/05/1999	21,7	12/08/1999	22,1	07/03/2000	43,9	25/07/2001	37,1	10/11/2000	53,3
21/05/1999	12,0	12/08/1999	16,7	07/01/2000	18,8	13/03/2000	28,0	18/09/2001	52,3	18/09/2001	58,7
12/08/1999	10,0	07/01/2000	12,5	17/01/2000	17,7	10/11/2000	40,2	23/11/2001	35,9	23/11/2001	45,7
24/09/1999	8,3	17/01/2000	13,9	07/03/2000	26,7	26/02/2001	30,0	16/03/2002	36,4	16/03/2002	43,5
17/01/2000	10,4	07/03/2000	18,6	13/03/2000	20,0	11/04/2001	28,1	09/04/2002	40,0	09/04/2002	46,5
07/03/2000	11,4	13/03/2000	13,8	10/11/2000	30,0	25/07/2001	31,4	02/04/2003	41,3	02/04/2003	49,2
10/11/2000	10,0	10/11/2000	20,0	11/01/2001	18,0	18/09/2001	40,9	17/10/2003	40,6	17/10/2003	49,4
22/01/2001	8,0	11/01/2001	13,0	25/01/2001	20,6	16/03/2002	29,2	15/02/2004	35,3	24/02/2004	44,6
25/07/2001	10,0	25/01/2001	14,3	26/02/2001	18,8	17/10/2003	28,3	24/02/2004	34,7	07/05/2004	58,5
18/09/2001	13,3	25/07/2001	15,9	25/07/2001	21,1	07/05/2004	32,7	07/05/2004	46,4	08/05/2004	43,8
07/05/2004	8,3	18/09/2001	20,9	18/09/2001	26,3	08/05/2004	28,2	08/05/2004	37,1	07/12/2004	41,1
07/12/2004	11,7	07/05/2004	14,4	07/05/2004	20,0	07/12/2004	40,0	07/12/2004	41,1	16/02/2005	56,4
16/02/2005	21,7	07/12/2004	20,0	07/12/2004	28,3	16/02/2005	48,5	16/02/2005	55,2	08/04/2008	43,6
03/12/2008	10,0	16/02/2005	30,0	16/02/2005	35,6	14/02/2009	46,0	14/02/2009	49,4	14/02/2009	50,8
14/02/2009	12,9	14/02/2009	20,0	14/02/2009	28,4	25/02/2009	40,0	25/02/2009	55,0	25/02/2009	63,3
21/02/2009	8,6	21/02/2009	14,2	21/02/2009	19,2	05/03/2009	30,0	05/03/2009	38,5	05/03/2009	46,0
25/02/2009	10,0	25/02/2009	20,0	25/02/2009	25,0	01/05/2009	30,0	01/05/2009	42,0	01/05/2009	49,5
03/05/2009	13,8	03/05/2009	20,0	03/05/2009	31,2	03/05/2009	40,0	03/05/2009	55,0	03/05/2009	80,0

DATA	2 HORAS	DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	24 HORAS
25/11/1995	56,5	25/11/1995	61,3	25/11/1995	66,8	25/11/1995	72,0	11/01/1993	67,3	14/01/1996	103,1
15/01/1996	85,5	15/01/1996	95,7	15/01/1996	99,1	15/01/1996	99,9	25/11/1995	72,0	25/03/1996	112,8
19/04/1996	67,1	19/04/1996	82,4	19/04/1996	91,7	16/03/1996	65,7	15/01/1996	100,0	11/04/1996	94,7
02/02/2000	64,5	02/02/2000	65,1	21/05/1999	60,1	11/04/1996	85,3	25/03/1996	98,8	18/04/1996	103,3
07/03/2000	65,4	07/03/2000	65,6	02/02/2000	65,2	18/04/1996	95,5	11/04/1996	94,1	21/05/1999	76,6
10/11/2000	88,3	10/11/2000	104,6	07/03/2000	65,6	02/02/2000	65,4	18/04/1996	95,8	01/02/2000	72,8
18/09/2001	84,5	18/09/2001	85,7	10/11/2000	110,1	07/03/2000	68,6	21/05/1999	73,4	06/03/2000	86,8
23/11/2001	88,0	04/01/2002	78,1	18/09/2001	85,7	10/11/2000	118,4	07/03/2000	74,0	09/11/2000	128,4
18/01/2002	55,8	18/01/2002	65,1	04/01/2002	83,8	18/09/2001	87,4	09/11/2000	121,0	18/09/2001	88,8
16/03/2002	53,4	16/03/2002	56,0	18/01/2002	67,5	04/01/2002	92,1	18/09/2001	87,7	23/11/2001	145,2
09/04/2002	70,6	09/04/2002	76,5	09/04/2002	80,7	18/01/2002	68,7	23/11/2001	145,2	04/01/2002	92,8
27/01/2003	59,5	27/01/2003	65,5	27/01/2003	65,5	09/04/2002	84,3	04/01/2002	92,7	09/04/2002	84,3
02/04/2003	56,9	02/04/2003	56,9	02/04/2003	56,9	27/01/2003	65,5	18/01/2002	68,7	29/03/2003	75,3
17/10/2003	53,5	16/01/2004	56,1	17/10/2003	57,3	02/04/2003	68,3	09/04/2002	84,3	02/04/2003	76,0
16/01/2004	52,8	24/02/2004	97,2	24/02/2004	114,1	17/10/2003	67,1	02/04/2003	74,1	21/02/2004	94,3
24/02/2004	82,5	07/05/2004	85,3	07/05/2004	85,7	24/02/2004	129,2	24/02/2004	129,6	24/02/2004	129,6
07/05/2004	82,4	08/05/2004	57,6	08/05/2004	64,1	06/05/2004	85,7	06/05/2004	85,7	06/05/2004	90,8
08/05/2004	57,6	16/02/2005	57,4	16/02/2005	57,5	08/05/2004	67,1	16/02/2005	89,9	08/05/2004	73,4
16/02/2005	57,4	08/04/2008	66,9	08/04/2008	69,4	07/04/2008	70,0	08/04/2008	70,5	16/02/2005	103,3
08/04/2008	62,1	02/05/2008	62,7	02/05/2008	68,0	02/05/2008	68,7	01/05/2008	68,7	01/05/2008	73,1
14/02/2009	66,0	14/02/2009	98,3	14/02/2009	105,8	14/02/2009	117,0	14/02/2009	117,0	14/02/2009	155,0
25/02/2009	74,0	25/02/2009	74,0	25/02/2009	74,7	25/02/2009	74,8	25/02/2009	86,2	25/02/2009	87,6
01/05/2009	65,9	01/05/2009	80,0	01/05/2009	86,6	01/05/2009	93,3	30/04/2009	106,4	30/04/2009	116,4
03/05/2009	110,7	03/05/2009	113,6	03/05/2009	117,7	03/05/2009	128,6	03/05/2009	135,2	03/05/2009	138,0

ANEXO II

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd1/Pd2)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 5 min/10 min	Relação 10 min/15 min	Relação 15 min/30 min	Relação 30 min/45 min	Relação 45 min/1h
Máxima	0,63	0,73	0,74	0,83	0,85
Mínima	0,63	0,73	0,66	0,79	0,84
Média	0,63	0,73	0,71	0,82	0,84
Mediana	0,63	0,73	0,72	0,83	0,84

	Relação 1h/2h	Relação 2h/3h	Relação 3h/4h	Relação 4h/8h	Relação 8h/14h	Relação 14h/20h
Máxima	0,74	0,92	0,95	0,94	0,91	0,98
Mínima	0,68	0,89	0,92	0,93	0,90	0,96
Média	0,69	0,89	0,93	0,94	0,90	0,97
Mediana	0,68	0,89	0,93	0,94	0,90	0,97

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd/P1hora)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 5 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 45 min/1h
Máxima	0,23	0,37	0,51	0,70	0,85
Mínima	0,21	0,33	0,45	0,68	0,84
Média	0,23	0,36	0,50	0,69	0,84
Mediana	0,23	0,37	0,50	0,69	0,84

RELAÇÕES ENTRE AS ALTURAS DE PRECIPITAÇÕES DE DIFERENTES DURAÇÕES (Pd/P24horas)

Tempos de Retorno de 2 a 50 anos

	Relação 1h/24h	Relação 2h/24h	Relação 3h/24h	Relação 4h/24h	Relação 8h/24h	Relação 14h/24h	Relação 20h/24h
Máxima	0,51	0,70	0,76	0,79	0,85	0,94	0,98
Mínima	0,44	0,65	0,73	0,78	0,84	0,92	0,95
Média	0,46	0,66	0,74	0,79	0,84	0,93	0,96
Mediana	0,45	0,65	0,73	0,79	0,84	0,93	0,96

ANEXO III

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)
1990	1991	11/12/90	111,4
1991	1992	04/04/92	52,0
1992	1993	25/02/93	62,7
1993	1994	03/03/94	72,3
1994	1995	11/06/95	53,0
1995	1996	22/04/96	128,0
1996	1997	29/01/97	85,5
1997	1998	16/03/98	55,3
1998	1999	19/03/99	77,0
1999	2000	04/01/00	78,0
2000	2001	10/11/00	120,2
2001	2002	25/05/02	70,5
2002	2003	10/12/02	137,5
2003	2004	25/04/04	75,2
2004	2005	03/02/05	89,7
2005	2006	11/05/06	147,8
2006	2007	23/04/07	64,2
2007	2008	31/03/08	115,5
2008	2009	01/05/09	144,2
2009	2010	12/04/10	94,5
2010	2011	02/04/11	95,5
2011	2012	20/03/12	92,3
2012	2013	31/03/13	80,0

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

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

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA