

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA
GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Paraná

Município: Curitiba

Estação Pluviométrica: Curitiba - INMET

Código OMM: 83842

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

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

**PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

LEVANTAMENTOS DA GEODIVERSIDADE

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

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Curitiba

**Estação Pluviométrica: Curitiba - INMET
Código: 83842**

**Belo Horizonte
2014**

PROGRAMA GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA
MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTOS 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 Belo Horizonte

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG – 30.140-002
Telefone: (31) 3878-0376
Fax: (31) 3878-0322
<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: Curitiba. Estação Pluviométrica Curitiba-INMET, Código OMM 83842. Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte: CPRM, 2014.

12p.; 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

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 BELO HORIZONTE

Marcelo de Araújo Vieira
Superintendente

Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Frederico André Favre
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cléria Sebastiana Vieira
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

Adriana Medeiros

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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH
Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE
Osvalcílio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA
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
Glauco Leite de Freitas – 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
Lêmia 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 Estratégica da Geologia, da Transformação Mineral 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 Curitiba onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Curitiba-INMET, código OMM 83842.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Curitiba e regiões circunvizinhas.

O município de Curitiba está inserido na Metropolitana e é a capital do Estado do Paraná. Os municípios limítrofes são Almirante Tamandaré, Colombo, Pinhais, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Araucária, Campo Largo e Campo Magro. O município possui área territorial de 435,036 km², sua altitude em relação ao nível médio do mar é aproximadamente 934 m. Sua população, estimada pelo IBGE em 2014, é de 1.864,416 habitantes.

A estação de Curitiba-INMET, código OMM 83842, está localizada na Latitude 25°43'S Longitude 49°26"W, no município de Curitiba, a uma altitude de 923,50 m. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos no banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa, BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia. A Figura 01 apresenta a localização do município.

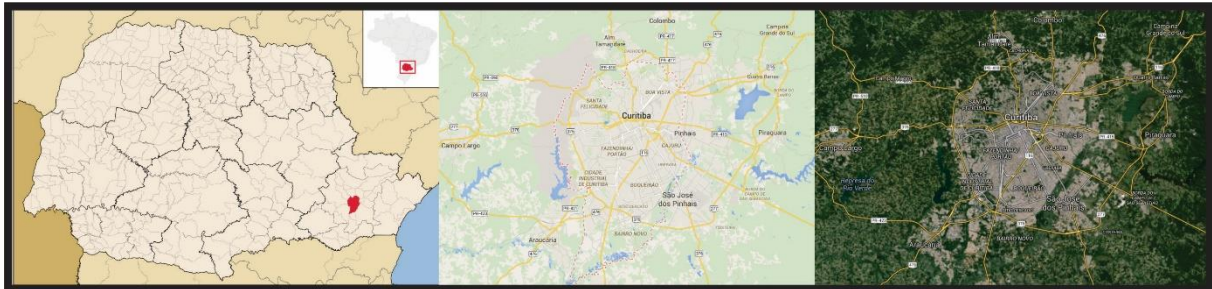


Figura 01 – Localização do Município.
(Fonte: Google, 2014)

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 de Curitiba-INMET, código OMM 83842, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Set a 31/Ago), 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 Fendrich (2011) para Curitiba-Prado Velho-2000. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

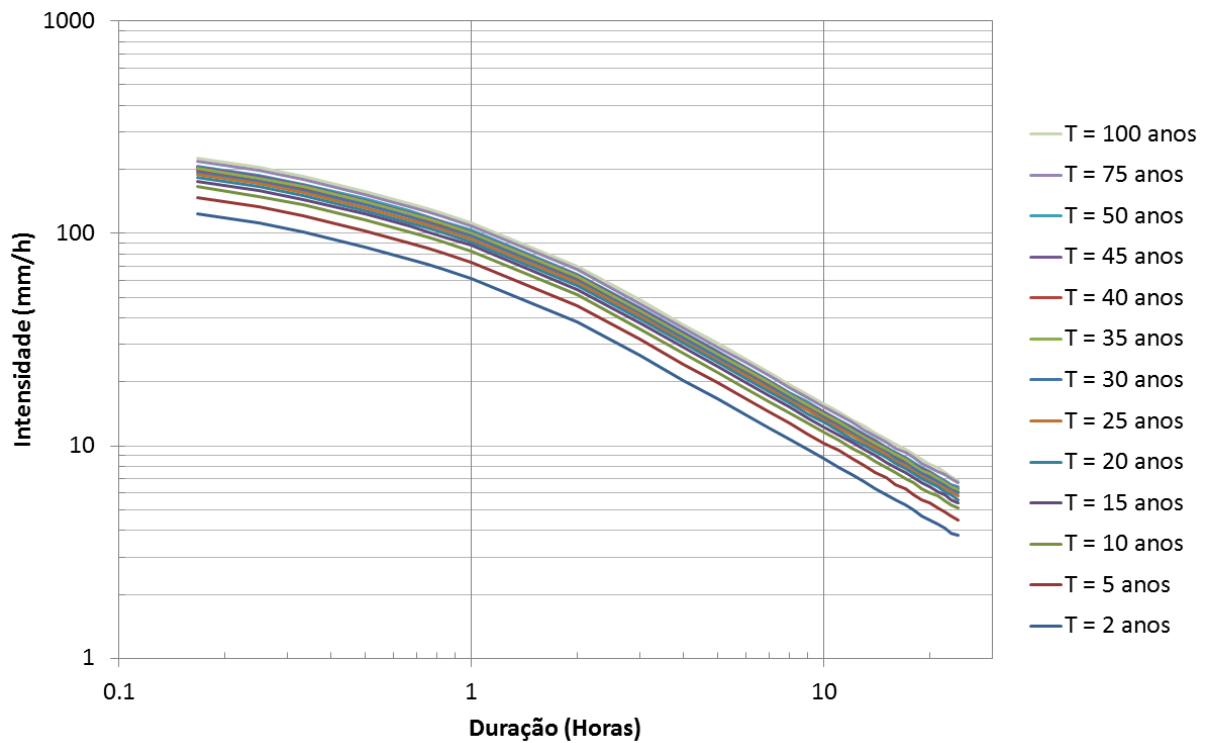


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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

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

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 Curitiba-INMET, para durações de 10 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 6,8798; b = 27,8683; c = 11,9165; d = 48,2210 \text{ e } \delta = 10$$

$$i = \{[(6,8798 \ln(T) + 27,8683) \cdot \ln(t + (10/60))] + 11,9165 \ln(T) + 48,2210\} / t \quad (02)$$

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

$$a = 0,9826; b = 3,9953; c = 16,0971; d = 65,2214 \text{ e } \delta = -58$$

$$i = \left\{ \left[(0,9826 \ln(T) + 3,9953) \cdot \ln(t + (-58/60)) \right] + 16,0971 \ln(T) + 65,2214 \right\} / t \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno 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	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	123,8	147,7	165,8	176,4	184	189,8	202,1	207,9	212,7	218,5	223,3	226,1
15 Minutos	111,6	133,2	149,6	159,1	165,9	171,2	182,3	187,5	191,8	197,1	201,4	203,9
20 Minutos	101,6	121,2	136,1	144,8	151	155,7	165,8	170,6	174,5	179,3	183,2	185,5
30 Minutos	86,5	103,2	115,9	123,3	128,5	132,6	141,2	145,3	148,6	152,7	156	157,9
45 Minutos	71,5	85,3	95,8	101,9	106,3	109,6	116,7	120,1	122,8	126,2	129	130,6
1 HORA	61,5	73,4	82,4	87,7	91,4	94,3	100,4	103,3	105,6	108,5	110,9	112,3
2 HORAS	38,3	45,7	51,3	54,5	56,9	58,7	62,5	64,3	65,7	67,5	69	69,8
3 HORAS	26,6	31,7	35,6	37,9	39,5	40,7	43,3	44,6	45,6	46,9	47,9	48,5
4 HORAS	20,4	24,3	27,3	29,1	30,3	31,2	33,3	34,2	35	36	36,8	37,2
5 HORAS	16,6	19,8	22,2	23,6	24,6	25,4	27	27,8	28,5	29,2	29,9	30,3
6 HORAS	14	16,7	18,7	19,9	20,8	21,4	22,8	23,5	24	24,7	25,2	25,5
7 HORAS	12,1	14,5	16,2	17,3	18	18,6	19,8	20,3	20,8	21,4	21,8	22,1
8 HORAS	10,7	12,8	14,3	15,2	15,9	16,4	17,4	17,9	18,3	18,8	19,3	19,5
12 HORAS	7,3	8,7	9,8	10,4	10,8	11,2	11,9	12,3	12,5	12,9	13,2	13,3
14 HORAS	6,3	7,5	8,5	9	9,4	9,7	10,3	10,6	10,8	11,1	11,4	11,5
20 HORAS	4,5	5,4	6	6,4	6,7	6,9	7,4	7,6	7,7	7,9	8,1	8,2
24 HORAS	3,8	4,5	5,1	5,4	5,6	5,8	6,2	6,4	6,5	6,7	6,8	6,9

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	20,6	24,6	27,6	29,4	30,7	31,6	33,7	34,7	35,5	36,4	37,2	37,7
15 Minutos	27,9	33,3	37,4	39,8	41,5	42,8	45,6	46,9	48	49,3	50,4	51
20 Minutos	33,9	40,4	45,4	48,3	50,3	51,9	55,3	56,9	58,2	59,8	61,1	61,8
30 Minutos	43,3	51,6	58	61,7	64,3	66,3	70,6	72,7	74,3	76,4	78	79
45 Minutos	53,6	64	71,9	76,4	79,7	82,2	87,5	90,1	92,1	94,7	96,8	98
1 HORA	61,5	73,4	82,4	87,7	91,4	94,3	100,4	103,3	105,6	108,5	110,9	112,3
2 HORAS	76,6	91,4	102,6	109	113,8	117,4	125	128,6	131,4	135	138	139,6
3 HORAS	79,8	95,1	106,8	113,7	118,5	122,1	129,9	133,8	136,8	140,7	143,7	145,5
4 HORAS	81,6	97,2	109,2	116,4	121,2	124,8	133,2	136,8	140	144	147,2	148,8
5 HORAS	83	99	111	118	123	127	135	139	142,5	146	149,5	151,5
6 HORAS	84	100,2	112,2	119,4	124,8	128,4	136,8	141	144	148,2	151,2	153
7 HORAS	84,7	101,5	113,4	121,1	126	130,2	138,6	142,1	145,6	149,8	152,6	154,7
8 HORAS	85,6	102,4	114,4	121,6	127,2	131,2	139,2	143,2	146,4	150,4	154,4	156
12 HORAS	87,6	104,4	117,6	124,8	129,6	134,4	142,8	147,6	150	154,8	158,4	159,6
14 HORAS	88,2	105	119	126	131,6	135,8	144,2	148,4	151,2	155,4	159,6	161
20 HORAS	90	108	120	128	134	138	148	152	154	158	162	164
24 HORAS	91,2	108	122,4	129,6	134,4	139,2	148,8	153,6	156	160,8	163,2	165,6

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Curitiba, foi registrada uma chuva de 30 mm com duração de 10 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, 30 mm dividido por 0,166h é igual a 180,7 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{180,7 \cdot 0,166 - 27,8683 \ln(0,166 + (10/60)) - 48,2210}{6,8798 \ln(0,166 + (10/60)) + 11,9165} \right] = 17 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 17 anos corresponde a uma probabilidade de 5,9% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 180\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{17} 100 = 5,9\%$$

Este tempo de retorno sugere que a região é suscetível a inundações frequentes e de alto risco, ou seja, evento hidrológico que pode produzir graves danos aos núcleos urbanos.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FENDRICH, R. **Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2011.

GOOGLE EARTH. **Curitiba**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Curitiba**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410690&search=parana|curitiba>. Acesso em: Novembro de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa, BDMEP. **Estação de Curitiba, código 83842**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: nov.2014.

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/Set a 31/Ago)

n	Data	Precipitação Máxima diária (mm)
1	11/09/1961	62.6
2	21/02/1963	61.4
3	13/06/1964	84.3
4	29/04/1965	102.4
5	25/04/1966	64.8
6	13/03/1967	69
7	19/02/1969	57.7
8	20/03/1970	94.5
9	06/01/1971	87.4
10	08/01/1972	104.6
11	17/03/1974	64.2
12	05/02/1975	55.6
13	03/10/1975	83.2
14	02/03/1977	70
15	16/05/1978	72.5
16	15/06/1987	65.1
17	23/05/1988	82.9
18	04/01/1989	72.9
19	01/04/1990	61.2
20	09/11/1990	68.7
21	31/05/1992	65.8
22	14/05/1993	95.3
23	09/02/1994	81.4
24	08/01/1995	121
25	27/02/1996	83.4
26	12/02/1997	102.5
27	14/08/1998	81.41
28	22/02/1999	146.2
29	06/03/2000	74.1
30	13/01/2002	79.7
31	07/07/2003	93.4
32	25/01/2004	79.8
33	31/08/2005	72.3
34	05/09/2005	54.8
35	20/01/2007	106.3
36	11/03/2008	78.5
37	05/10/2008	61.7
38	20/11/2009	77.9
39	14/12/2010	100.3
40	05/06/2012	106.8
41	21/06/2013	128.2
42	07/06/2014	95.2

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral 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 3878-0307 - 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

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

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

www.cprm.gov.br

