

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Amazonas
Município: Manaus
Estação Pluviométrica: Manaus
Código ANA: 00360000
Código INMET: 82331

 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
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Manaus - AM

**Estação Pluviométrica: Manaus
Código: 00360000 (ANA); 82331 (INMET)**

**Albert Teixeira Cardoso
Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto**

**GOIÂNIA
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

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 de Goiânia

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de Goiânia
Rua 148, 485 – Setor Marista
Goiânia - GO - 74.170-110
Telefone: (62) 3240-1100
Fax: (62) 3240-1417
<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: Manaus/AM. Estação Pluviométrica: Manaus, Códigos 00360000 (ANA); 82331(INMET). Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2015.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CARDOSO, A. T.; 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

Carlos Eduardo de Souza Braga

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

Waldir Duarte Costa Filho

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 DE GOIÂNIA

Luiz Fernando Magalhães
Superintendente

Cíntia de Lima Vilas Boas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Luciana Felício Pereira
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Sheila Soraya Alves Knust
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcelo Henrique da Silva Rosa
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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Margarida Regueira da Costa - Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento- Sureg/BH

Apoio Técnico

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betania Rodrigues dos Santos – Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de 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 Manaus/AM onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Manaus, códigos 00360000 (ANA) e 82331 (INMET).

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Manaus/AM e regiões circunvizinhas.

O município de Manaus, capital do Amazonas, está localizado na região nordeste do estado. O município está inserido na bacia do Rio Amazonas, às margens da confluência entre o Rio Negro e o Rio Solimões. O município faz fronteira com os municípios de Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Careiro da Varzea, Iranduba e Novo Airão. O município de Manaus possui uma área de 11.401 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 93 metros do nível do mar. Manaus apresenta uma população de 1.802.014 habitantes (IBGE, 2010).

A estação Manaus, códigos 00360000 (ANA) e 82331 (INMET), está localizada no município de Manaus, na Latitude 03°06'13"S e Longitude 60°00'57"O. Esta estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1910, sendo operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

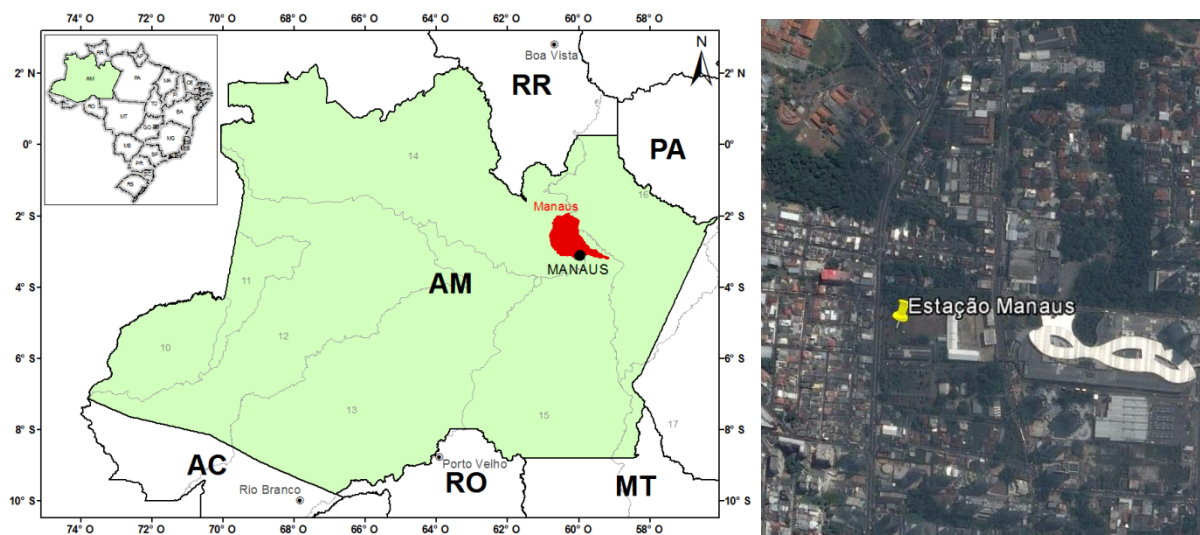


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2015)

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 Manaus, códigos 00360000 (ANA) e 82331 (INMET), 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 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 Pfafstetter (1982), para a Manaus. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

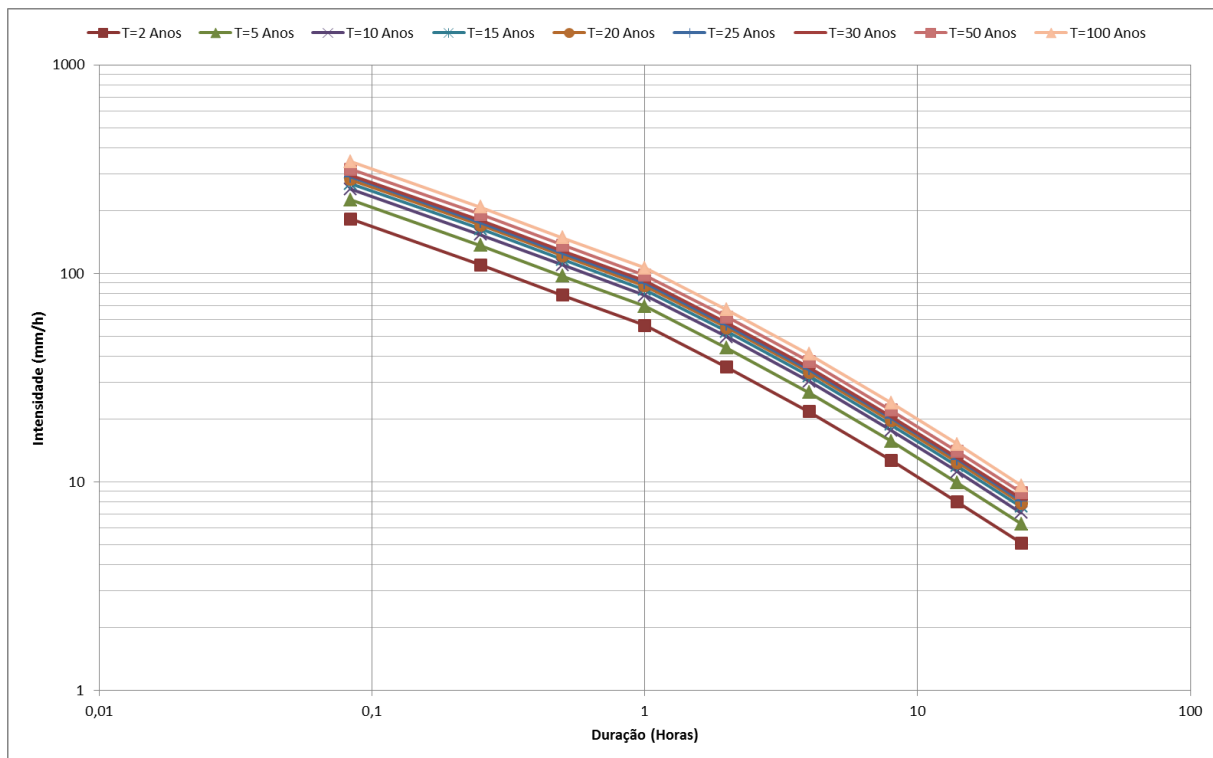


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são do tipo:

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

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 são parâmetros da equação

No caso da estação de Manaus, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 7,6923; b = 30,1477; c = 10,3170; d = 40,4776; \delta = 19,4$$

$$i = \{[(7,6923 \ln(T) + 30,1477) \cdot \ln(t + (19,4 / 60))] + 10,3170 \ln(T) + 40,4776\} / t \quad (02)$$

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

$$a = 4,66; b = 18,2873; c = 12,6124; d = 49,548; \delta = 0$$

$$i = \{[(4,66 \ln(T) + 18,2873) \cdot \ln(t + (0 / 60))] + 12,6124 \ln(T) + 49,548\} / t \quad (03)$$

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 (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	188,5	225,8	254,1	270,6	282,3	291,4	310,5	319,6	327,1	336,2	343,6	347,9
10 Minutos	133,9	160,5	180,6	192,3	200,6	207,1	220,7	227,2	232,5	238,9	244,2	247,3
15 Minutos	111,6	133,7	150,4	160,2	167,2	172,6	183,9	189,3	193,7	199,1	203,5	206,0
20 Minutos	98,1	117,6	132,3	140,9	147,0	151,8	161,8	166,5	170,4	175,1	179,0	181,2
30 Minutos	81,5	97,6	109,9	117,0	122,1	126,0	134,3	138,3	141,5	145,4	148,6	150,5
45 Minutos	66,9	80,1	90,2	96,0	100,2	103,4	110,2	113,5	116,1	119,3	122,0	123,5
1 Horas	57,6	69,0	77,6	82,7	86,3	89,1	94,9	97,7	100,0	102,8	105,0	106,4
2 Horas	36,6	43,9	49,4	52,6	54,8	56,6	60,3	62,1	63,5	65,3	66,8	67,6
3 Horas	27,3	32,7	36,8	39,2	40,9	42,2	45,0	46,3	47,4	48,7	49,8	50,4
4 Horas	22,0	26,4	29,7	31,6	33,0	34,1	36,3	37,4	38,2	39,3	40,2	40,7
5 Horas	18,6	22,3	25,1	26,7	27,8	28,7	30,6	31,5	32,3	33,2	33,9	34,3
6 Horas	16,1	19,3	21,8	23,2	24,2	25,0	26,6	27,4	28,0	28,8	29,4	29,8
7 Horas	14,3	17,1	19,3	20,5	21,4	22,1	23,6	24,3	24,8	25,5	26,1	26,4
8 Horas	12,9	15,4	17,4	18,5	19,3	19,9	21,2	21,9	22,4	23,0	23,5	23,8
12 Horas	9,3	11,2	12,6	13,4	14,0	14,4	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	17,2
14 Horas	8,2	9,9	11,1	11,8	12,3	12,7	13,6	13,9	14,3	14,7	15,0	15,2
20 Horas	6,1	7,4	8,3	8,8	9,2	9,5	10,1	10,4	10,7	11,0	11,2	11,3
24 Horas	5,3	6,3	7,1	7,6	7,9	8,2	8,7	9,0	9,2	9,4	9,6	9,7

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	15,7	18,8	21,2	22,5	23,5	24,3	25,9	26,6	27,3	28,0	28,6	29,0
10 Minutos	22,3	26,7	30,1	32,1	33,4	34,5	36,8	37,9	38,7	39,8	40,7	41,2
15 Minutos	27,9	33,4	37,6	40,1	41,8	43,1	46,0	47,3	48,4	49,8	50,9	51,5
20 Minutos	32,7	39,2	44,1	47,0	49,0	50,6	53,9	55,5	56,8	58,4	59,7	60,4
30 Minutos	40,7	48,8	54,9	58,5	61,0	63,0	67,2	69,1	70,7	72,7	74,3	75,2
45 Minutos	50,1	60,1	67,6	72,0	75,1	77,6	82,7	85,1	87,1	89,5	91,5	92,6
1 Horas	57,6	69,0	77,6	82,7	86,3	89,1	94,9	97,7	100,0	102,8	105,0	106,4
2 Horas	73,2	87,7	98,7	105,1	109,7	113,2	120,7	124,2	127,1	130,6	133,5	135,2
3 Horas	81,9	98,2	110,5	117,7	122,8	126,7	135,0	139,0	142,2	146,2	149,4	151,3
4 Horas	88,1	105,6	118,8	126,5	132,0	136,3	145,3	149,5	153,0	157,2	160,7	162,7
5 Horas	92,9	111,3	125,3	133,4	139,2	143,7	153,2	157,7	161,3	165,8	169,5	171,6
6 Horas	96,8	116,1	130,6	139,1	145,1	149,8	159,6	164,3	168,1	172,8	176,6	178,8
7 Horas	100,2	120,0	135,1	143,8	150,1	154,9	165,1	169,9	173,9	178,7	182,7	185,0
8 Horas	103,0	123,5	138,9	148,0	154,4	159,4	169,8	174,8	178,9	183,9	187,9	190,3
12 Horas	111,8	133,9	150,7	160,5	167,5	172,9	184,2	189,6	194,0	199,4	203,8	206,4
14 Horas	115,1	137,9	155,2	165,3	172,4	178,0	189,7	195,3	199,8	205,4	209,9	212,5
20 Horas	122,8	147,1	165,5	176,3	183,9	189,9	202,4	208,3	213,1	219,1	223,9	226,7
24 Horas	126,7	151,8	170,8	181,9	189,8	195,9	208,8	214,9	219,9	226,1	231,1	233,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Manaus, foi registrada uma chuva de 78 mm com duração de 40 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 à inversão da equação 01. Dessa forma temos:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 78 mm dividido por 0,67 h (40 min) é igual a 117 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 e considerando os coeficientes da equação 02, pois a duração da chuva foi de 40 minutos, temos:

$$T = \exp \left[\frac{117 * 0,67 - 30,1477 \text{Ln}(0,67 + (19,4 / 60)) - 40,4776}{7,6923 \text{Ln}(0,67 + (19,4 / 60)) + 10,317} \right] = 40,2 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 40,2 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,5%, ou

$$P(i \geq 117 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{40,2} 100 \approx 2,5\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Maio de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=130260>. Acesso em Maio de 2015.

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 (Outubro/Setembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1960	1961	09/04/1961	118,6
1961	1962	10/02/1962	100,2
1962	1963	05/05/1963	103,1
1963	1964	09/03/1964	131,0
1964	1965	16/03/1965	123,7
1965	1966	18/04/1966	106,1
1966	1967	08/04/1967	180,8
1967	1968	08/03/1968	168,3
1968	1969	30/03/1969	92,0
1969	1970	26/02/1970	110,3
1970	1971	03/04/1971	112,6
1971	1972	02/11/1971	112,0
1972	1973	14/05/1973	81,4
1973	1974	30/04/1974	105,0
1974	1975	05/02/1975	64,2
1975	1976	11/02/1976	114,0
1976	1977	12/02/1977	66,8
1977	1978	08/03/1978	150,8
1982	1983	23/03/1983	151,0
1983	1984	31/12/1983	161,8
1984	1985	21/03/1985	87,2
1985	1986	19/04/1986	108,0
1986	1987	01/11/1986	131,8
1987	1988	28/02/1988	145,6
1988	1989	09/02/1989	86,0
1989	1990	06/11/1989	107,2
1990	1991	27/05/1991	104,5
1991	1992	16/03/1992	106,5
1992	1993	26/04/1993	105,2
1993	1994	30/04/1994	106,6
1994	1995	23/11/1994	106,7
1995	1996	15/01/1996	155,0
1996	1997	06/05/1997	105,0
1997	1998	18/12/1997	88,4
1998	1999	27/04/1999	133,2
1999	2000	20/04/2000	154,4
2000	2001	27/02/2001	96,9
2001	2002	10/01/2002	79,6
2002	2003	22/02/2003	138,8
2003	2004	18/03/2004	116,5
2004	2005	30/03/2005	71,2
2005	2006	09/05/2006	77,2
2006	2007	15/12/2006	97,4
2007	2008	26/04/2008	84,2
2008	2009	27/12/2008	77,4
2009	2010	10/02/2010	124,8
2010	2011	21/12/2010	132,5
2011	2012	07/01/2012	85,2
2012	2013	22/04/2013	140,0
2013	2014	08/03/2014	137,0

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Manaus.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,92	0,83	0,71	0,58	0,46	0,70	0,49	0,27

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 Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
Goiânia - GO - CEP: 74170-110
Tel.: 62 3240-1400 - Fax: 62 3240-1417

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

