

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: Miranda
Estação Pluviográfica: Miranda
Código ANA: 02056001

 **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**

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

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Miranda - MS

**Estação Pluviométrica: Miranda
Código: 02056001**

**GOIÂNIA
2017**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
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 @ 2017 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: Miranda/MS. Estação Pluviométrica: Miranda, Código 02056001. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2017.

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

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

Vicente Humberto Lobo Cruz

Vice-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Conselheiros

Ladice Peixoto

Eduardo Carvalho Nepomuceno Alencar

Telton Elber Correa

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

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

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

Marlon Colombo Hoelzel

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

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

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento- Sureg/BH

Apoio Técnico

Betânia 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 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 de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Miranda/MS onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Miranda, código 02056001.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Miranda/MS.

O município de Miranda está localizado na região oeste do estado de Mato Grosso do Sul, na bacia do Rio Paraguai. Miranda faz fronteira com os municípios de Corumbá, Aquidauana, Anastácio, Bonito e Bodoquena. O município possui uma área de 5.475,367 km² (IBGE, 2015) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 141 metros do nível do mar. A população de Miranda, segundo IBGE (2010), é de 25.595 habitantes.

A estação Miranda, código 02056001, está localizada na Latitude 20°14'29"S e Longitude 56°22'02"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1965, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM.

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação pluviométrica.

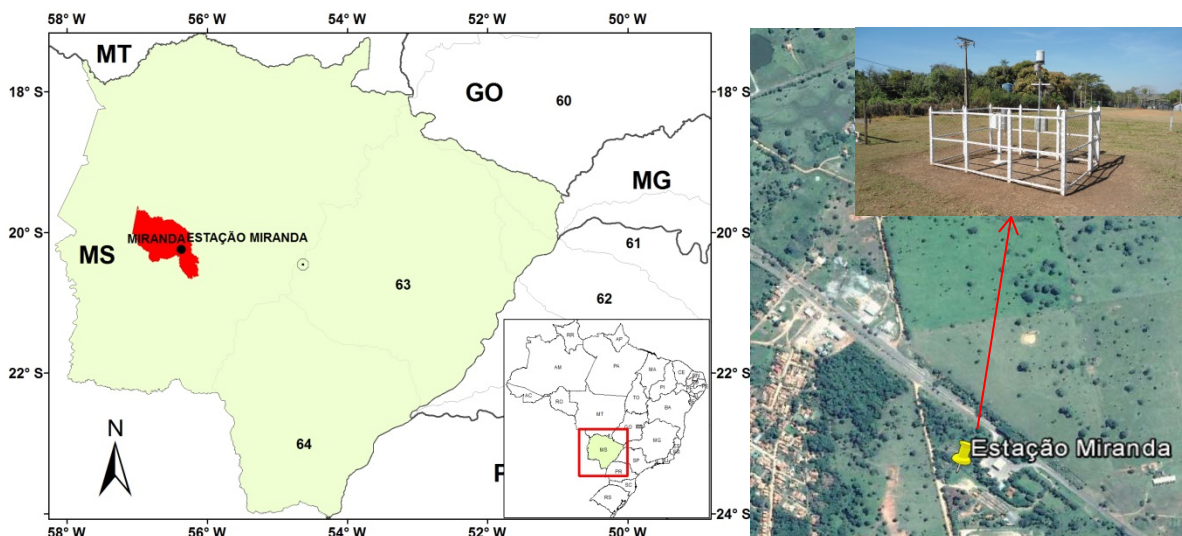


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google, 2016).

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 Miranda, código 02056001, 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 de IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982), para a estação Corumbá. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

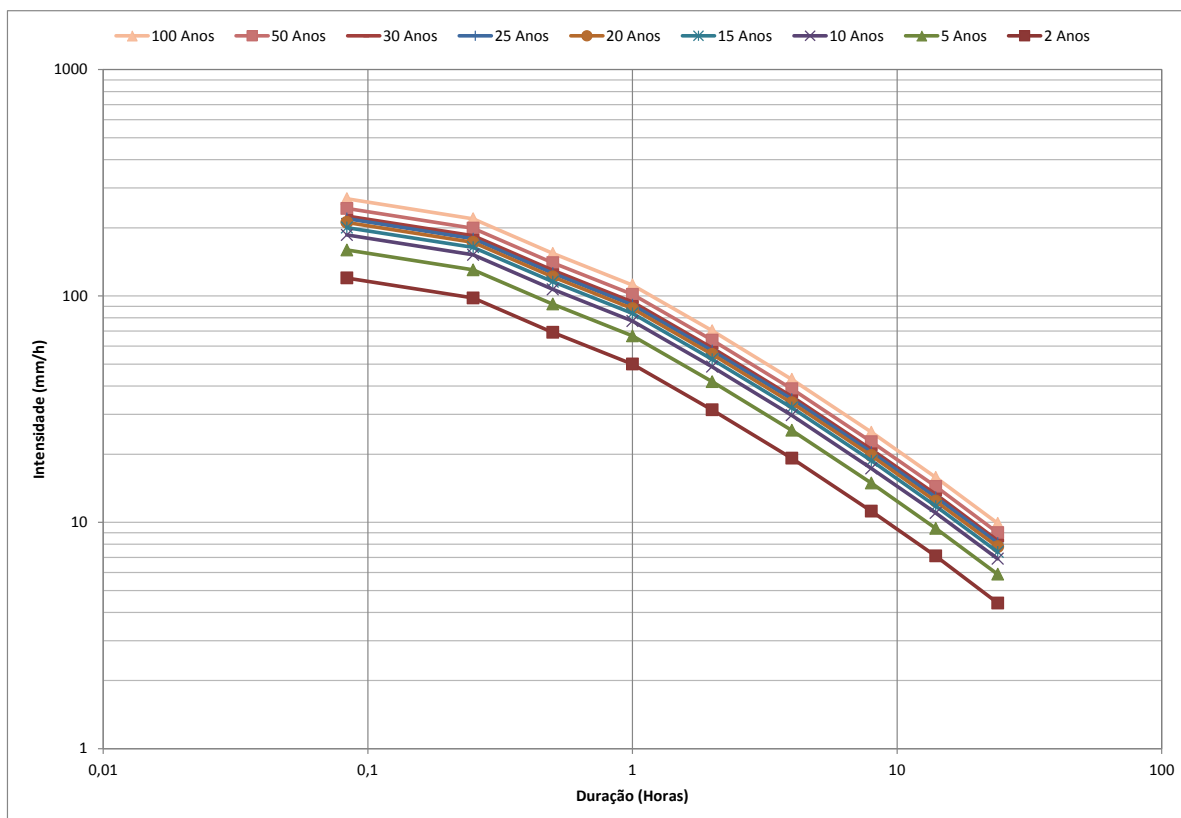


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Miranda, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 7,5824; b = 20,2902; c = 14,2471; d = 38,1028; \delta = 8,9$$

$$i = \{[(7,5824 \ln(T) + 20,2902) \cdot \ln(t + (8,9 / 60))] + 14,2471 \ln(T) + 38,1028\} / t \quad (02)$$

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

$$a = 5,5588; b = 14,8524; c = 15,6280; d = 41,7634; \delta = 0$$

$$i = \{[(5,5588 \ln(T) + 14,8524) \cdot \ln(t + (0 / 60))] + 15,6280 \ln(T) + 41,7634\} / t \quad (03)$$

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, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
5 Minutos	127,4	162,1	188,4	203,8	214,7	223,1	230,1	241,0	249,4	256,3	264,8	275,7
10 Minutos	110,8	141,0	163,8	177,2	186,6	194,0	200,0	209,5	216,8	222,8	230,2	239,6
15 Minutos	97,9	124,5	144,6	156,4	164,8	171,3	176,6	184,9	191,4	196,7	203,2	211,6
20 Minutos	88,0	111,9	130,0	140,6	148,1	153,9	158,7	166,2	172,0	176,8	182,6	190,1
30 Minutos	73,8	93,9	109,1	118,0	124,3	129,2	133,2	139,5	144,4	148,4	153,3	159,6
45 Minutos	60,3	76,7	89,1	96,4	101,6	105,6	108,8	114,0	118,0	121,2	125,2	130,4
1 Hora	51,5	65,5	76,1	82,3	86,7	90,1	92,9	97,3	100,7	103,5	106,9	111,3
2 Horas	32,8	41,7	48,5	52,4	55,2	57,4	59,2	62,0	64,1	65,9	68,1	70,9
3 Horas	24,4	31,0	36,0	39,0	41,1	42,7	44,0	46,1	47,7	49,0	50,6	52,7
4 Horas	19,6	25,0	29,0	31,4	33,1	34,4	35,4	37,1	38,4	39,5	40,8	42,5
5 Horas	16,5	21,0	24,5	26,4	27,9	29,0	29,9	31,3	32,4	33,3	34,4	35,8
6 Horas	14,4	18,3	21,2	22,9	24,2	25,1	25,9	27,1	28,1	28,9	29,8	31,0
7 Horas	12,7	16,2	18,8	20,3	21,4	22,3	22,9	24,0	24,9	25,6	26,4	27,5
8 Horas	11,4	14,6	16,9	18,3	19,3	20,0	20,6	21,6	22,4	23,0	23,8	24,7
12 Horas	8,3	10,5	12,2	13,2	13,9	14,5	14,9	15,6	16,2	16,6	17,1	17,9
14 Horas	7,3	9,3	10,8	11,6	12,3	12,7	13,1	13,8	14,2	14,6	15,1	15,7
20 Horas	5,4	6,9	8,0	8,7	9,1	9,5	9,8	10,3	10,6	10,9	11,3	11,7
24 Horas	4,7	5,9	6,9	7,5	7,9	8,2	8,4	8,8	9,1	9,4	9,7	10,1

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
5 Minutos	10,6	13,5	15,7	17,0	17,9	18,6	19,2	20,1	20,8	21,4	22,1	23,0
10 Minutos	18,5	23,5	27,3	29,5	31,1	32,3	33,3	34,9	36,1	37,1	38,4	39,9
15 Minutos	24,5	31,1	36,2	39,1	41,2	42,8	44,1	46,2	47,9	49,2	50,8	52,9
20 Minutos	29,3	37,3	43,3	46,9	49,4	51,3	52,9	55,4	57,3	58,9	60,9	63,4
30 Minutos	36,9	47,0	54,5	59,0	62,1	64,6	66,6	69,7	72,2	74,2	76,6	79,8
45 Minutos	45,2	57,5	66,9	72,3	76,2	79,2	81,6	85,5	88,5	90,9	93,9	97,8
1 Hora	51,5	65,5	76,1	82,3	86,7	90,1	92,9	97,3	100,7	103,5	106,9	111,3
2 Horas	65,6	83,4	96,9	104,8	110,4	114,8	118,3	123,9	128,3	131,8	136,2	141,8
3 Horas	73,1	93,1	108,1	116,9	123,2	128,0	132,0	138,3	143,1	147,1	151,9	158,2
4 Horas	78,5	99,9	116,1	125,5	132,3	137,5	141,7	148,4	153,6	157,9	163,1	169,8
5 Horas	82,7	105,2	122,3	132,2	139,3	144,8	149,3	156,3	161,8	166,3	171,8	178,8
6 Horas	86,1	109,6	127,3	137,7	145,0	150,7	155,4	162,8	168,5	173,1	178,9	186,2
7 Horas	89,0	113,2	131,6	142,3	149,9	155,8	160,6	168,2	174,1	178,9	184,8	192,4
8 Horas	91,5	116,4	135,2	146,3	154,1	160,2	165,1	172,9	179,0	184,0	190,0	197,8
12 Horas	99,1	126,1	146,5	158,4	166,9	173,4	178,8	187,3	193,8	199,2	205,8	214,3
14 Horas	102,0	129,7	150,7	163,0	171,7	178,5	184,0	192,7	199,5	205,0	211,8	220,5
20 Horas	108,6	138,2	160,6	173,7	183,0	190,2	196,1	205,3	212,5	218,4	225,6	234,9
24 Horas	112,0	142,6	165,6	179,1	188,7	196,1	202,2	211,8	219,2	225,3	232,7	242,3

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Miranda, foi registrada uma chuva de 130 mm com duração de 2 horas, 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:

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 130 mm dividido por 2 h é igual a 65 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 e considerando os coeficientes da equação 03, pois a duração da chuva foi de 2 horas, temos:

$$T = \exp \left[\frac{65 * 2 - 14,8524 \ln(2 + (0 / 60)) - 41,7634}{5,5588 \ln(2 + (0 / 60)) + 15,6280} \right] = 54,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 54,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,83%, ou

$$P = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{54,7} 100 \approx 1,83\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Novembro de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=500560>. Acesso em Novembro de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=500560>. Acesso em Novembro de 2016.

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)
1965	1966	15/12/1965	65,6
1966	1967	03/01/1967	80,8
1967	1968	21/01/1968	139,1
1968	1969	21/12/1968	69,7
1969	1970	07/05/1970	62,0
1970	1971	04/10/1970	56,8
1971	1972	17/02/1972	108,2
1972	1973	17/11/1972	150,3
1976	1977	24/12/1976	152,4
1977	1978	06/01/1978	83,8
1979	1980	24/12/1979	72,0
1980	1981	25/04/1981	145,0
1992	1993	09/12/1992	78,1
1993	1994	21/05/1994	194,5
1994	1995	06/12/1994	85,0
1995	1996	20/01/1996	84,6
1996	1997	08/11/1996	150,4
1997	1998	06/12/1997	87,5
1998	1999	11/11/1998	75,4
1999	2000	14/03/2000	143,8
2000	2001	23/05/2001	102,8
2001	2002	21/10/2001	117,0
2002	2003	05/04/2003	70,7
2003	2004	11/10/2003	89,9
2004	2005	17/11/2004	82,7
2005	2006	19/11/2005	58,8
2006	2007	08/02/2007	61,7
2007	2008	24/11/2007	103,1
2008	2009	26/12/2008	69,0
2009	2010	06/10/2009	113,2
2010	2011	05/11/2010	111,4
2011	2012	02/10/2011	75,7
2012	2013	05/04/2013	139,5
2013	2014	01/05/2014	119,8
2014	2015	23/12/2014	97,8

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para Corumbá/MS

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
0,93	0,84	0,72	0,59	0,47	0,69	0,49	0,20

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 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

www.cprm.gov.br



PAC