

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: Braço do Norte
Estação Pluviométrica: Rio Pequeno
Código ANA: 02849008

 **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: Braço do Norte - SC

**Estação Pluviométrica: Rio Pequeno
Código: 02849008**

**GOIÂNIA
2016**

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 @ 2016 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: Braço do Norte/SC. Estação Pluviométrica: Rio Pequeno, Código 02849008. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2016.

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

Roberto Ventura Santos

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 Braço do Norte/SC onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano civil da estação pluviométrica Rio Pequeno, código 02849008.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Braço do Norte/SC.

O município de Braço do Norte está localizado na região sul do estado de Santa Catarina, na sub-bacia do Rio Tubarão. Braço do Norte faz fronteira com os municípios de São Ludgero, Gravatal, Armazém, Rio Fortuna, Grão Pará e Orleans. O município possui uma área de 211.864 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 72 metros do nível do mar. A população de Braço do Norte, segundo IBGE (2010), é de 29.018 habitantes.

A estação Rio Pequeno, código 02849008, está localizada na Latitude 28°12'34"S e Longitude 049°11'42"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1945, sendo operada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Epagri. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

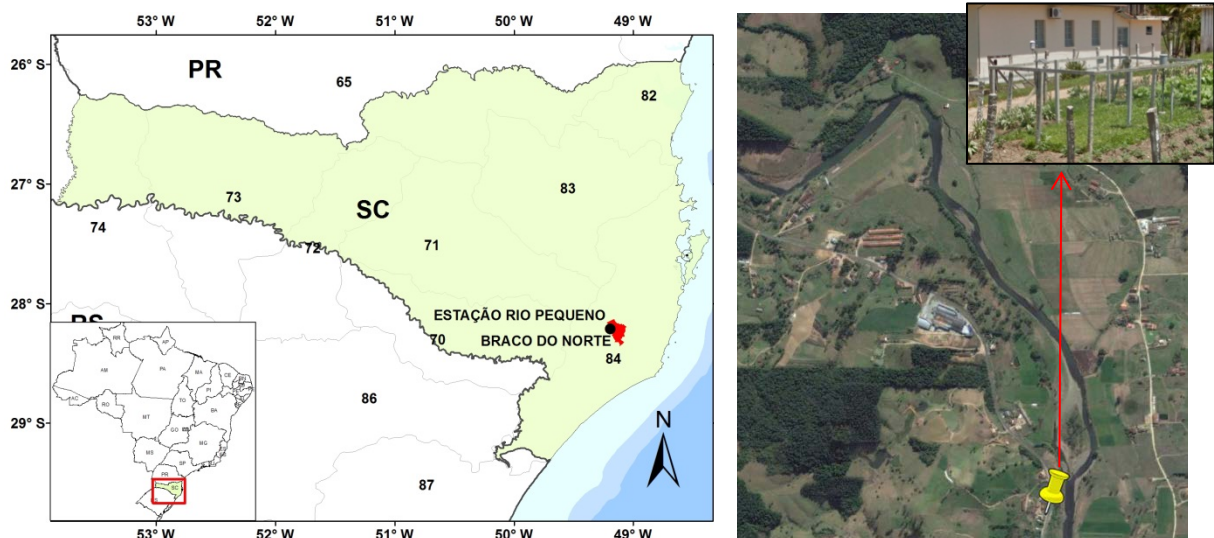


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google, 2016).

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 Rio Pequeno, código 02849008, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil 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 pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (WESCHENFELDER; PICKBRENNER; PINTO, 2013) para o município de Urussanga/SC. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

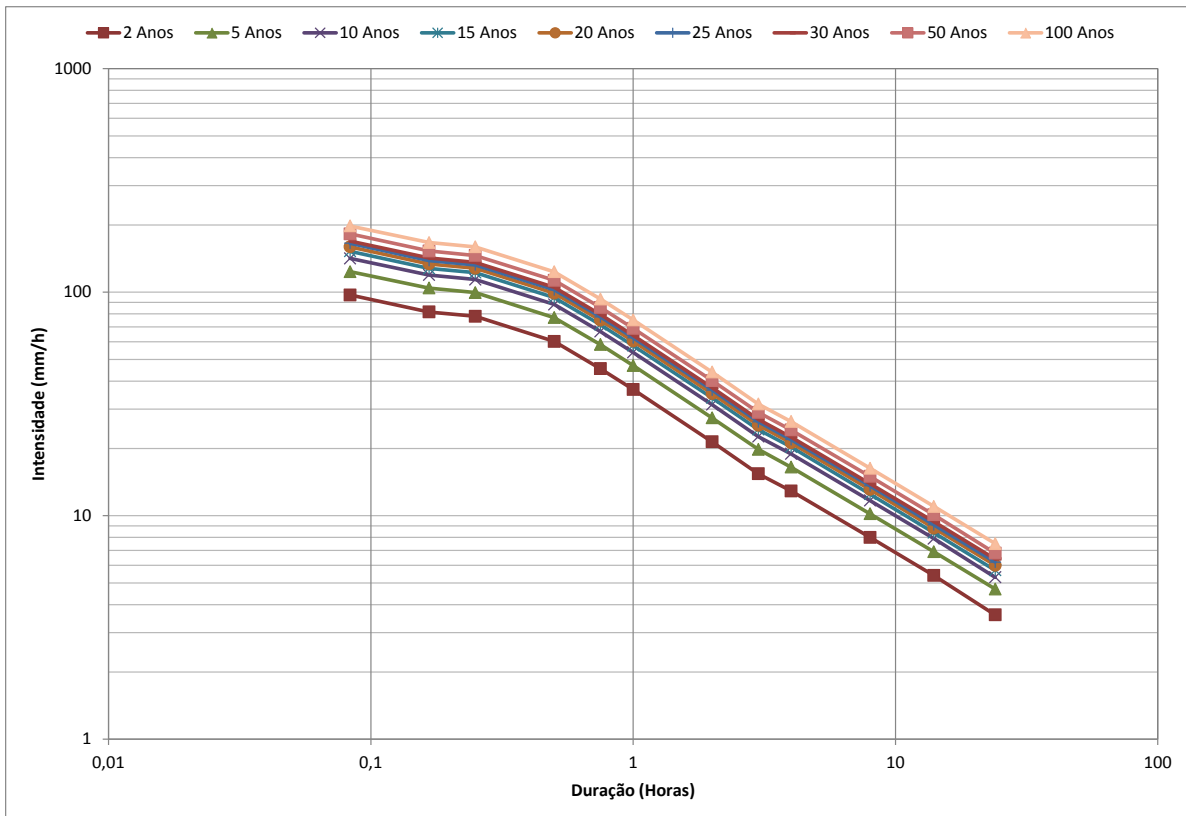


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Braço do Norte, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$5 \text{ min} \leq t < 2 \text{ h}$$

$$a = 15706,5; b = 0,1763; c = 48,1 \text{ e } d = 1,3015;$$

$$i = \frac{15706,5T^{0,1763}}{(t+48,1)^{1,3015}} \quad (02)$$

$$2 \text{ h} \leq t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 601,5; b = 0,1759; c = 0,0 \text{ e } d = 0,7114;$$

$$i = \frac{601,5T^{0,1759}}{(t+0,0)^{0,7114}} \quad (03)$$

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	100,9	118,6	134,0	144,0	151,4	157,5	171,1	178,0	183,8	191,2	197,4	201,1
10 Minutos	89,8	105,5	119,2	128,0	134,7	140,1	152,2	158,3	163,5	170,1	175,6	178,9
15 Minutos	80,6	94,7	107,1	115,0	121,0	125,8	136,7	142,2	146,8	152,7	157,7	160,7
20 Minutos	73,0	85,8	96,9	104,1	109,5	113,9	123,8	128,8	133,0	138,3	142,8	145,5
30 Minutos	61,1	71,8	81,1	87,1	91,7	95,3	103,6	107,7	111,2	115,7	119,5	121,7
45 Minutos	48,6	57,1	64,5	69,3	72,9	75,8	82,4	85,7	88,5	92,1	95,1	96,8
1 Horas	40,0	47,0	53,1	57,1	60,0	62,4	67,8	70,6	72,9	75,8	78,3	79,7
2 Horas	22,5	26,5	29,9	32,1	33,8	35,2	38,2	39,7	41,0	42,7	44,0	44,9
3 Horas	16,9	19,9	22,4	24,1	25,3	26,3	28,6	29,8	30,7	32,0	33,0	33,6
4 Horas	13,8	16,2	18,3	19,6	20,6	21,5	23,3	24,3	25,0	26,0	26,9	27,4
5 Horas	11,7	13,8	15,6	16,7	17,6	18,3	19,9	20,7	21,4	22,2	22,9	23,4
6 Horas	10,3	12,1	13,7	14,7	15,5	16,1	17,5	18,2	18,8	19,5	20,2	20,5
7 Horas	9,2	10,9	12,3	13,2	13,9	14,4	15,7	16,3	16,8	17,5	18,1	18,4
8 Horas	8,4	9,9	11,2	12,0	12,6	13,1	14,2	14,8	15,3	15,9	16,4	16,7
12 Horas	6,3	7,4	8,4	9,0	9,4	9,8	10,7	11,1	11,5	11,9	12,3	12,5
14 Horas	5,6	6,6	7,5	8,0	8,5	8,8	9,6	9,9	10,3	10,7	11,0	11,2
20 Horas	4,4	5,1	5,8	6,2	6,6	6,8	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,7
24 Horas	3,8	4,5	5,1	5,5	5,8	6,0	6,5	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7

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	8,4	9,9	11,2	12,0	12,6	13,1	14,3	14,8	15,3	15,9	16,5	16,8
10 Minutos	15,0	17,6	19,9	21,3	22,5	23,4	25,4	26,4	27,2	28,3	29,3	29,8
15 Minutos	20,2	23,7	26,8	28,7	30,2	31,5	34,2	35,5	36,7	38,2	39,4	40,2
20 Minutos	24,3	28,6	32,3	34,7	36,5	38,0	41,3	42,9	44,3	46,1	47,6	48,5
30 Minutos	30,5	35,9	40,6	43,6	45,8	47,7	51,8	53,9	55,6	57,9	59,7	60,9
45 Minutos	36,4	42,8	48,4	52,0	54,7	56,9	61,8	64,3	66,4	69,0	71,3	72,6
1 Horas	40,0	47,0	53,1	57,1	60,0	62,4	67,8	70,6	72,9	75,8	78,3	79,7
2 Horas	45,1	53,0	59,8	64,3	67,6	70,3	76,4	79,4	82,0	85,3	88,1	89,7
3 Horas	50,7	59,6	67,3	72,2	76,0	79,0	85,9	89,3	92,2	95,9	99,0	100,9
4 Horas	55,1	64,7	73,1	78,5	82,6	85,9	93,3	97,0	100,2	104,2	107,6	109,6
5 Horas	58,7	69,0	78,0	83,7	88,1	91,6	99,5	103,5	106,8	111,1	114,7	116,9
6 Horas	61,9	72,7	82,2	88,2	92,8	96,5	104,9	109,1	112,6	117,1	120,9	123,2
7 Horas	64,7	76,1	85,9	92,3	97,1	100,9	109,6	114,0	117,7	122,5	126,4	128,8
8 Horas	67,3	79,0	89,3	95,9	100,9	104,9	113,9	118,5	122,4	127,3	131,4	133,9
12 Horas	75,6	88,9	100,4	107,8	113,4	117,9	128,1	133,2	137,6	143,1	147,7	150,5
14 Horas	79,1	92,9	104,9	112,7	118,5	123,3	133,9	139,3	143,8	149,6	154,4	157,3
20 Horas	87,6	103,0	116,3	124,9	131,4	136,7	148,4	154,4	159,4	165,8	171,2	174,4
24 Horas	92,4	108,5	122,6	131,7	138,5	144,0	156,5	162,7	168,0	174,7	180,4	183,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Braço do Norte, foi registrada uma chuva de 97 mm com duração de 4 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 a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 97 mm dividido por 4 h é igual a 24,25 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 e utilizando os coeficientes da equação 03 ($2 \leq t \leq 24h$), temos:

$$T = \left[\frac{24,25(240 + 0,0)^{0,7114}}{601,5} \right]^{1/0,1759} = 50 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 50 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,67%, ou:

$$P(i \geq 24,25\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420280&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em Setembro de 2016.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

WESCHENFELDER, A. B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Urussanga. Estação pluviográfica Urussanga, código 02849011. Porto Alegre, RS: CPRM, 2013. 13p.

ANEXO I
Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)
Máximo por Ano Hidrológico (Janeiro/Dezembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1946	1946	26/02/1946	55,0	1981	1981	27/05/1981	66,2
1947	1947	09/01/1947	72,0	1982	1982	15/02/1982	50,0
1948	1948	09/02/1948	78,2	1983	1983	13/06/1983	103,0
1949	1949	01/03/1949	91,0	1984	1984	15/01/1984	56,0
1950	1950	05/03/1950	113,5	1985	1985	07/07/1985	38,2
1951	1951	18/10/1951	64,5	1986	1986	10/10/1986	106,0
1952	1952	29/06/1952	42,5	1987	1987	11/01/1987	101,4
1953	1953	24/02/1953	108,6	1988	1988	30/03/1988	85,2
1954	1954	21/10/1954	49,6	1989	1989	12/09/1989	76,2
1955	1955	28/02/1955	62,4	1990	1990	28/04/1990	81,6
1956	1956	27/01/1956	74,4	1991	1991	09/02/1991	90,8
1957	1957	20/03/1957	107,6	1992	1992	28/05/1992	61,8
1958	1958	27/01/1958	66,6	1993	1993	04/07/1993	66,8
1959	1959	21/05/1959	50,4	1994	1994	12/05/1994	101,2
1960	1960	02/03/1960	146,1	1995	1995	24/02/1995	108,8
1961	1961	24/02/1961	73,8	1996	1996	06/01/1996	65,6
1962	1962	16/03/1962	48,4	1997	1997	01/02/1997	81,8
1963	1963	22/03/1963	128,0	1998	1998	24/03/1998	75,8
1964	1964	03/12/1964	53,4	1999	1999	02/10/1999	59,6
1965	1965	18/08/1965	91,2	2000	2000	16/02/2000	84,6
1966	1966	10/01/1966	64,8	2001	2001	01/10/2001	108,2
1967	1967	11/02/1967	57,8	2002	2002	25/01/2002	74,41
1968	1968	08/03/1968	52,2	2003	2003	05/01/2003	49,0
1969	1969	02/01/1969	88,4	2004	2004	24/09/2004	70,0
1970	1970	12/03/1970	63,6	2005	2005	31/08/2005	129,6
1971	1971	11/02/1971	94,0	2006	2006	10/04/2006	88,8
1972	1972	24/12/1972	102,8	2007	2007	03/03/2007	72,4
1973	1973	22/07/1973	100,0	2008	2008	23/03/2008	83,2
1974	1974	25/03/1974	131,0	2009	2009	28/09/2009	95,0
1975	1975	14/10/1975	53,2	2010	2010	12/05/2010	88,6
1976	1976	15/01/1976	85,2	2011	2011	09/08/2011	93,8
1977	1977	17/08/1977	118,0	2012	2012	10/02/2012	76,1
1978	1978	26/12/1978	64,4	2013	2013	06/12/2013	77,6
1979	1979	15/12/1979	124,6	2014	2014	13/01/2014	104,2
1980	1980	30/07/1980	88,4	2015	2015	14/02/2015	78,2

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Weschenfelder; Pickbrenner; Pinto (2013) para o município de Urussanga/SC.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,86	0,73	0,59	0,53	0,49	0,42

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,93	0,82	0,53	0,37	0,22

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