

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: Teófilo Otoni

Estação Pluviográfica: Teófilo Otoni

Código ANA: 01741012

 **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**

Município: Teófilo Otoni

**Estação Pluviográfica: Teófilo Otoni
Código 01741012**

**BELÉM
2014**

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

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Teófilo Otoni. Equação definida por Freitas (2001). Estação Pluviográfica: Teófilo Otoni, Código 01741012: Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014.

12 p.(Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - AZAMBUJA, A.M.S. de 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 BELÉM

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente

João Batista Marcelo de Lima
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Lucia Travassos da Rosa Costa
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Tomaz de Aquino M Lobato
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Cícero Vieira de Meneses
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 de Farias– 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/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida - Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel - REFO

Eliane Cristina Godoy Moreira - Sureg/SP

Jennifer Laís Assano - Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira - Sureg/SP

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 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 Teófilo Otoni onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviográfica de Teófilo Otoni, código 01741012, operada pela INMET/ANA.

1 - INTRODUÇÃO

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

O município de Teófilo Otoni está localizado no estado de Minas Gerais, Mesorregião Vale do Mucuri, a 342 km de Belo Horizonte, capital do estado. O município possui área de 3.242,270 km² e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 330 m. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 134.745 habitantes.

A estação de Teófilo Otoni, código 01741012, está localizada na Latitude 17°51'00"S e Longitude 41°31'00"W, no município de mesmo nome. O acesso à estação pode ser pela Rua Sebastião Franco de Oliveira.

Este relatório apresenta a equação IDF de Teófilo Otoni desenvolvida pela COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais e divulgada através da publicação Freitas (2001). Os dados para definição da equação são do INMET e foram obtidos no 5º DISME (Belo Horizonte). A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

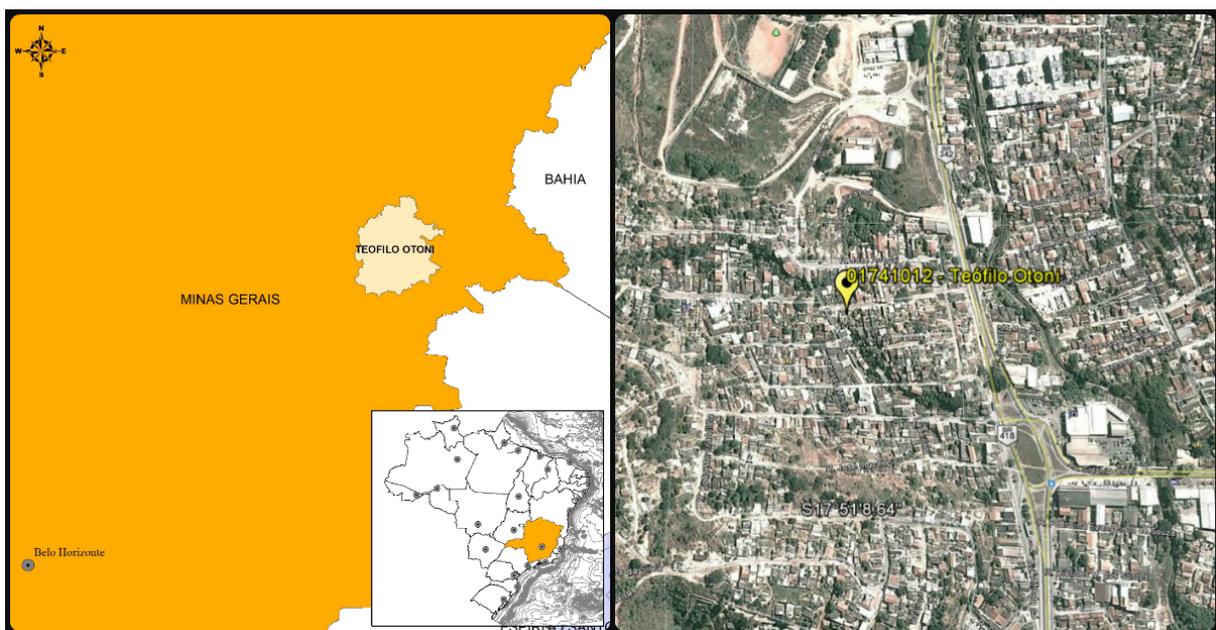


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica.
(Fonte: Google, 2014)

2 – EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação está descrita em Freitas (2001). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Teófilo Otoni, código 01741012, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano civil, período de 1983 a 1999. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método de regressão não-linear Gauss-Newton do programa computacional STATISTIC 6.0. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

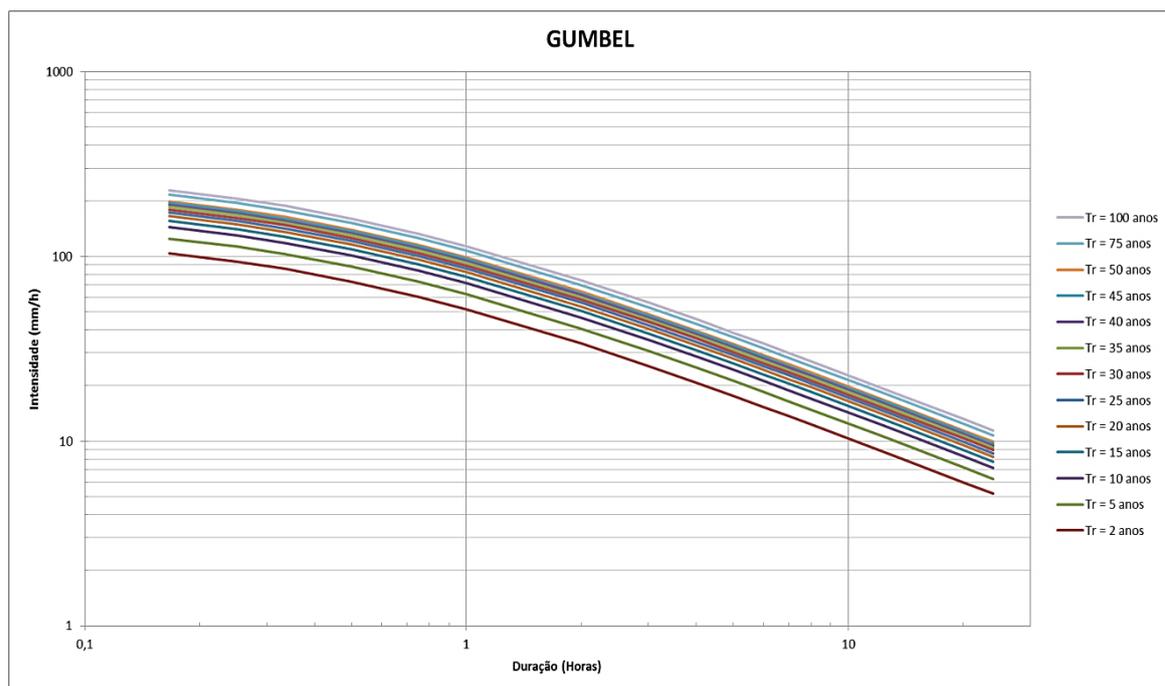


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Teófilo Otoni, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 1715,7860; b = 0,2010; c = 26,9620 \text{ e } d = 0,8150;$$

$$i = \frac{1715,7860T^{0,2010}}{(t+26,9620)^{0,8150}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos e durações de 10 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	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10 Minutos	104,1	125,1	143,8	156,0	165,3	172,9	179,3	185,0	190,0	194,6	198,7	202,6	206,1	209,5	212,6	215,6	218,4	221,1	223,6	226,1	228,4
15 Minutos	93,8	112,8	129,7	140,7	149,1	155,9	161,7	166,8	171,3	175,4	179,2	182,7	185,9	188,9	191,7	194,4	197,0	199,4	201,7	203,9	206,0
20 Minutos	85,6	102,9	118,3	128,3	136,0	142,2	147,5	152,2	156,3	160,1	163,5	166,6	169,6	172,3	174,9	177,4	179,7	181,9	184,0	186,0	187,9
30 Minutos	73,1	87,9	101,1	109,7	116,2	121,5	126,1	130,0	133,6	136,8	139,7	142,4	144,9	147,3	149,5	151,5	153,5	155,4	157,2	158,9	160,6
45 Minutos	60,5	72,7	83,5	90,6	96,0	100,4	104,2	107,5	110,4	113,0	115,5	117,7	119,8	121,7	123,5	125,3	126,9	128,5	129,9	131,4	132,7
1 HORA	51,8	62,3	71,6	77,7	82,3	86,1	89,3	92,1	94,6	96,9	98,9	100,9	102,6	104,3	105,9	107,3	108,8	110,1	111,4	112,6	113,7
2 HORAS	33,8	40,6	46,7	50,7	53,7	56,1	58,2	60,1	61,7	63,2	64,5	65,8	66,9	68,0	69,0	70,0	70,9	71,8	72,6	73,4	74,2
3 HORAS	25,6	30,7	35,3	38,3	40,6	42,5	44,0	45,4	46,7	47,8	48,8	49,8	50,6	51,5	52,2	53,0	53,6	54,3	54,9	55,5	56,1
4 HORAS	20,8	25,0	28,7	31,1	33,0	34,5	35,8	36,9	37,9	38,8	39,7	40,4	41,1	41,8	42,4	43,0	43,6	44,1	44,6	45,1	45,6
5 HORAS	17,6	21,2	24,3	26,4	28,0	29,3	30,3	31,3	32,1	32,9	33,6	34,3	34,9	35,4	36,0	36,5	37,0	37,4	37,8	38,3	38,6
6 HORAS	15,3	18,5	21,2	23,0	24,4	25,5	26,4	27,3	28,0	28,7	29,3	29,9	30,4	30,9	31,4	31,8	32,2	32,6	33,0	33,3	33,7
7 HORAS	13,6	16,4	18,9	20,5	21,7	22,7	23,5	24,3	24,9	25,5	26,1	26,6	27,0	27,5	27,9	28,3	28,6	29,0	29,3	29,6	30,0
8 HORAS	12,3	14,8	17,0	18,5	19,6	20,5	21,2	21,9	22,5	23,0	23,5	24,0	24,4	24,8	25,2	25,5	25,8	26,2	26,5	26,8	27,0
12 HORAS	9,0	10,8	12,4	13,5	14,3	14,9	15,5	16,0	16,4	16,8	17,1	17,5	17,8	18,1	18,3	18,6	18,8	19,1	19,3	19,5	19,7
14 HORAS	8,0	9,6	11,0	11,9	12,6	13,2	13,7	14,1	14,5	14,9	15,2	15,5	15,8	16,0	16,3	16,5	16,7	16,9	17,1	17,3	17,5
20 HORAS	6,0	7,2	8,3	9,0	9,5	10,0	10,3	10,7	10,9	11,2	11,4	11,7	11,9	12,1	12,2	12,4	12,6	12,7	12,9	13,0	13,2
24 HORAS	5,2	6,2	7,2	7,8	8,2	8,6	8,9	9,2	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,4	10,6	10,7	10,9	11,0	11,1	11,3	11,4

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)																				
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10 Minutos	17,3	20,8	24,0	26,0	27,5	28,8	29,9	30,8	31,7	32,4	33,1	33,8	34,4	34,9	35,4	35,9	36,4	36,8	37,3	37,7	38,1
15 Minutos	23,5	28,2	32,4	35,2	37,3	39,0	40,4	41,7	42,8	43,9	44,8	45,7	46,5	47,2	47,9	48,6	49,2	49,8	50,4	51,0	51,5
20 Minutos	28,5	34,3	39,4	42,8	45,3	47,4	49,2	50,7	52,1	53,4	54,5	55,5	56,5	57,4	58,3	59,1	59,9	60,6	61,3	62,0	62,6
30 Minutos	36,6	44,0	50,5	54,8	58,1	60,8	63,0	65,0	66,8	68,4	69,8	71,2	72,5	73,6	74,7	75,8	76,8	77,7	78,6	79,5	80,3
45 Minutos	45,3	54,5	62,7	68,0	72,0	75,3	78,1	80,6	82,8	84,8	86,6	88,3	89,8	91,3	92,7	93,9	95,2	96,3	97,5	98,5	99,5
1 HORA	51,8	62,3	71,6	77,7	82,3	86,1	89,3	92,1	94,6	96,9	98,9	100,9	102,6	104,3	105,9	107,3	108,8	110,1	111,4	112,6	113,7
2 HORAS	67,6	81,2	93,4	101,3	107,3	112,3	116,4	120,1	123,4	126,3	129,0	131,5	133,9	136,0	138,1	140,0	141,8	143,6	145,2	146,8	148,3
3 HORAS	76,7	92,2	106,0	115,0	121,8	127,4	132,1	136,3	140,0	143,4	146,4	149,3	151,9	154,4	156,7	158,9	160,9	162,9	164,8	166,6	168,3
4 HORAS	83,1	99,9	114,8	124,6	132,0	138,0	143,2	147,7	151,7	155,3	158,7	161,7	164,6	167,2	169,8	172,1	174,4	176,5	178,6	180,5	182,4
5 HORAS	88,0	105,8	121,7	132,0	139,8	146,3	151,7	156,5	160,7	164,6	168,1	171,4	174,4	177,2	179,9	182,4	184,8	187,0	189,2	191,3	193,2
6 HORAS	92,1	110,7	127,3	138,1	146,3	153,0	158,7	163,7	168,1	172,2	175,9	179,3	182,4	185,4	188,2	190,8	193,3	195,6	197,9	200,1	202,1
7 HORAS	95,5	114,8	132,0	143,2	151,7	158,7	164,6	169,8	174,4	178,6	182,4	186,0	189,2	192,3	195,2	197,9	200,5	203,0	205,3	207,5	209,7
8 HORAS	98,5	118,4	136,1	147,7	156,5	163,7	169,8	175,1	179,9	184,2	188,1	191,8	195,2	198,3	201,3	204,1	206,8	209,3	211,7	214,1	216,3
12 HORAS	107,7	129,5	148,9	161,5	171,2	179,0	185,7	191,5	196,8	201,5	205,8	209,8	213,5	216,9	220,2	223,3	226,2	228,9	231,6	234,1	236,5
14 HORAS	111,3	133,8	153,9	166,9	176,9	185,0	191,9	197,9	203,3	208,2	212,6	216,7	220,6	224,1	227,5	230,7	233,7	236,6	239,3	241,9	244,4
20 HORAS	119,8	144,1	165,6	179,7	190,4	199,1	206,5	213,0	218,8	224,1	228,9	233,3	237,4	241,3	244,9	248,3	251,5	254,6	257,6	260,4	263,1
24 HORAS	124,3	149,5	171,8	186,4	197,5	206,6	214,3	221,0	227,0	232,5	237,4	242,0	246,3	250,3	254,0	257,6	261,0	264,2	267,2	270,1	272,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Teófilo Otoni, foi registrada uma chuva de 70,0 mm com duração de 30 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 70,0 mm dividido por 0,5 h é igual a 140,0 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{140(30 + 26,9620)^{0,8150}}{1715,7860} \right]^{1/0,2010} = 51 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 51 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2%, ou

$$P(i \geq 140 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{51} 100 = 2\%$$

Este parâmetro tem grande utilidade para análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia. Neste caso, para o período de retorno de 50 anos, a região poderia ser caracterizada como uma região de inundação frequente e alto risco para os núcleos urbanos.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREITAS, Adir José de et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Universidade Federal de Viçosa, 2001.

GOOGLE EARTH. **Estação pluviográfica de Teófilo Otoni**. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. **Município de Teófilo Otoni**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/23E74>>. Acesso em: set. 2014.

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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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