

**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: Sabinópolis

**Estação Pluviográfica: Ferros
Código: 01943003**

**GOIÂNIA
2014**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTAS 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 Goiânia

Copyright @ 2014 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.
Município: Sabinópolis. Estação Pluviográfica: Ferros Código 01943003. Albert
Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia:
CPRM, 2014.

11p.;

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

Luiz Fernando Magalhães
Superintendente

Cíntia de Lima Vilas Boas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Gilmar José Rizzotto
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Sheila Soraya Alves Knust
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Maria José Aleixo
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/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

Rosângela 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 por Freitas *et al.* (2001), onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Ferros, código 01943003, localizada no município de Ferros, distante aproximadamente 63 km da sede do município de Sabinópolis.

1 – INTRODUÇÃO

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

O município de Sabinópolis está localizado na região centro-leste do estado de Minas Gerais, na Latitude $18^{\circ}39'57''\text{S}$ e Longitude $43^{\circ}05'02''\text{O}$. O município possui área de $919,8\text{ Km}^2$ e sua sede localiza-se a uma altitude média de 711 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 15.704 habitantes.

A estação Ferros, código 01943003, está localizada na Latitude $19^{\circ}15'01''\text{S}$ e Longitude $43^{\circ}00'52''\text{W}$. Insere-se na sub-bacia 56, do rio Doce, na porção que corresponde ao estado de Minas Gerais. A estação pluviográfica localiza-se a aproximadamente 63 km da sede do município de Sabinópolis. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviógrafo de um posto mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA) e operado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). A Figura 01 apresenta a localização do município de Sabinópolis e da estação pluviográfica de Ferros.

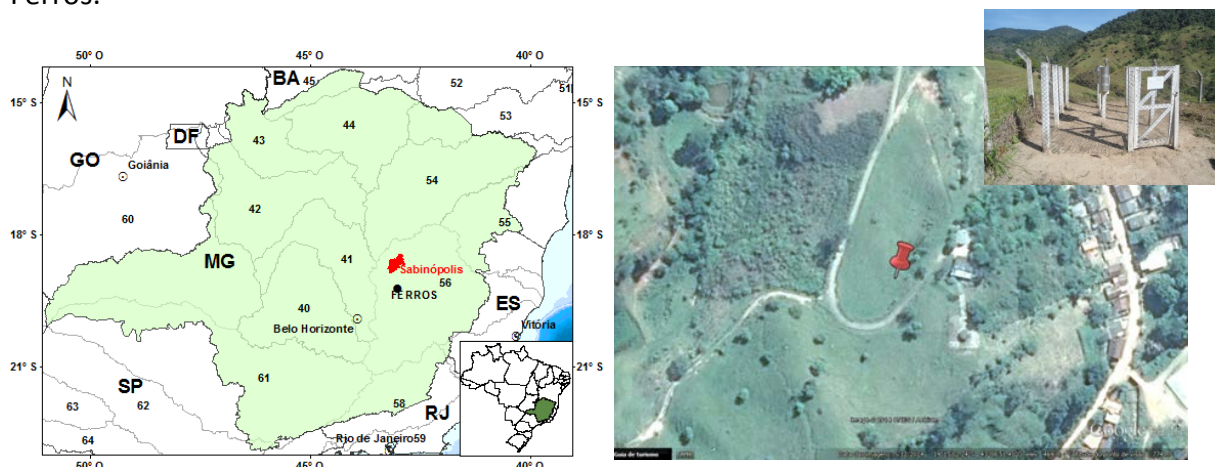


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica (Fonte: Google, 2014)

2 – EQUAÇÃO

A equação IDF indicada para o município de Sabinópolis foi definida por Freitas *et al.* (2001) para a cidade de Ferros e apresentada no livro “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”. Para a elaboração desta equação foram utilizados os dados da estação Ferros, código 01943003.

O período de dados utilizados no trabalho foi de 1972 a 1999 (27 anos).

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas para a estação Ferros.

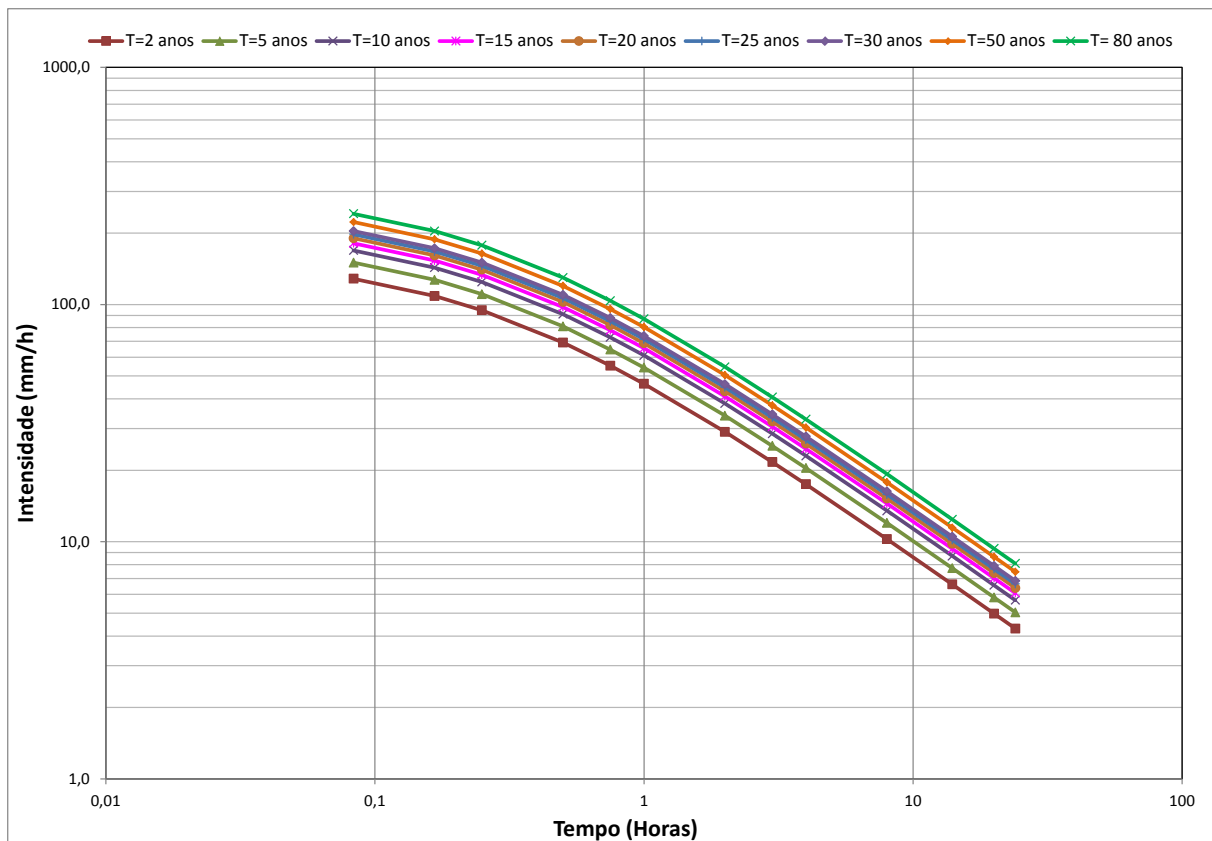


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência para estação Ferros.

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 02 são 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 Ferros, os parâmetros da equação são os seguintes ($10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$):

$$a = 1365,3; b = 0,171; c = 16,667; d = 0,807$$

$$i = \frac{1365,3T^{0,171}}{(t+16,667)^{0,807}} \quad (02)$$

Com base no período de monitoramento dos dados de chuva utilizados no estudo, sugere-se que a equação seja utilizada para o tempo de retorno de até 80 anos. O Quadro 01 apresenta as intensidades calculadas em mm/h para diferentes durações e tempos de

retorno, enquanto que no Quadro 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Quadro 01 – Intensidades da chuva em mm/h.

Duração (minutos)	Tempo de Retorno (anos)								
	2	5	10	15	20	25	30	50	80
10	108,6	127,1	143,0	153,3	161,0	167,3	172,6	188,4	204,1
15	94,6	110,6	124,5	133,5	140,2	145,6	150,3	164,0	177,7
30	69,2	80,9	91,1	97,6	102,5	106,5	109,9	119,9	129,9
45	55,2	64,6	72,7	77,9	81,9	85,1	87,7	95,8	103,8
60	46,3	54,2	61,0	65,4	68,7	71,4	73,6	80,3	87,1
120	29,1	34,0	38,3	41,0	43,1	44,8	46,2	50,4	54,6
180	21,7	25,3	28,5	30,6	32,1	33,4	34,4	37,6	40,7
240	17,5	20,4	23,0	24,7	25,9	26,9	27,8	30,3	32,8
300	14,7	17,2	19,4	20,8	21,9	22,7	23,4	25,6	27,7
360	12,8	15,0	16,9	18,1	19,0	19,7	20,4	22,2	24,1
420	11,4	13,3	15,0	16,1	16,9	17,5	18,1	19,7	21,4
480	10,3	12,0	13,5	14,5	15,2	15,8	16,3	17,8	19,3
720	7,5	8,7	9,8	10,5	11,1	11,5	11,9	12,9	14,0
840	6,6	7,7	8,7	9,3	9,8	10,2	10,5	11,5	12,4
1200	5,0	5,8	6,6	7,0	7,4	7,7	7,9	8,6	9,4
1440	4,3	5,0	5,7	6,1	6,4	6,6	6,8	7,5	8,1

Quadro 02 – Altura de chuva em mm.

Duração (minutos)	Tempo de Retorno (anos)								
	2	5	10	15	20	25	30	50	80
10	18,1	21,2	23,8	25,6	26,8	27,9	28,8	31,4	34,0
15	23,6	27,7	31,1	33,4	35,0	36,4	37,6	41,0	44,4
30	34,6	40,4	45,5	48,8	51,3	53,3	54,9	60,0	65,0
45	41,4	48,4	54,5	58,5	61,4	63,8	65,8	71,8	77,8
60	46,3	54,2	61,0	65,4	68,7	71,4	73,6	80,3	87,1
120	58,1	68,0	76,5	82,0	86,1	89,5	92,3	100,8	109,2
180	65,0	76,0	85,6	91,7	96,3	100,1	103,3	112,7	122,1
240	69,9	81,7	92,0	98,6	103,6	107,6	111,0	121,2	131,3
300	73,7	86,2	97,1	104,1	109,3	113,6	117,2	127,9	138,6
360	76,9	90,0	101,3	108,6	114,0	118,5	122,2	133,4	144,5
420	79,7	93,2	104,9	112,4	118,1	122,7	126,6	138,1	149,7
480	82,0	96,0	108,0	115,8	121,6	126,4	130,4	142,3	154,2
720	89,5	104,7	117,9	126,4	132,7	137,9	142,3	155,3	168,2
840	92,5	108,2	121,8	130,5	137,1	142,4	146,9	160,4	173,8
1200	99,5	116,4	131,1	140,5	147,6	153,3	158,2	172,6	187,0
1440	103,3	120,8	136,0	145,8	153,1	159,1	164,1	179,1	194,1

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Sabinópolis, foi registrada uma Chuva de 60 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 à 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, 60 mm dividido por 0,5 h é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{120(30 + 16,667)^{0,807}}{1365,3} \right]^{1/0,171} \approx 50 \text{ anos}$$

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 2%, ou

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{50} 100 = 2\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. *Estação pluviográfica de Ferros*. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 05 de outubro de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=315680>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; FILHO, R. R. G.; TEIXEIRA, A. F.; BAENA, L. G. N.; MELLO, L. T. A.; NOVAES, L. F. **Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.