

**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

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 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.

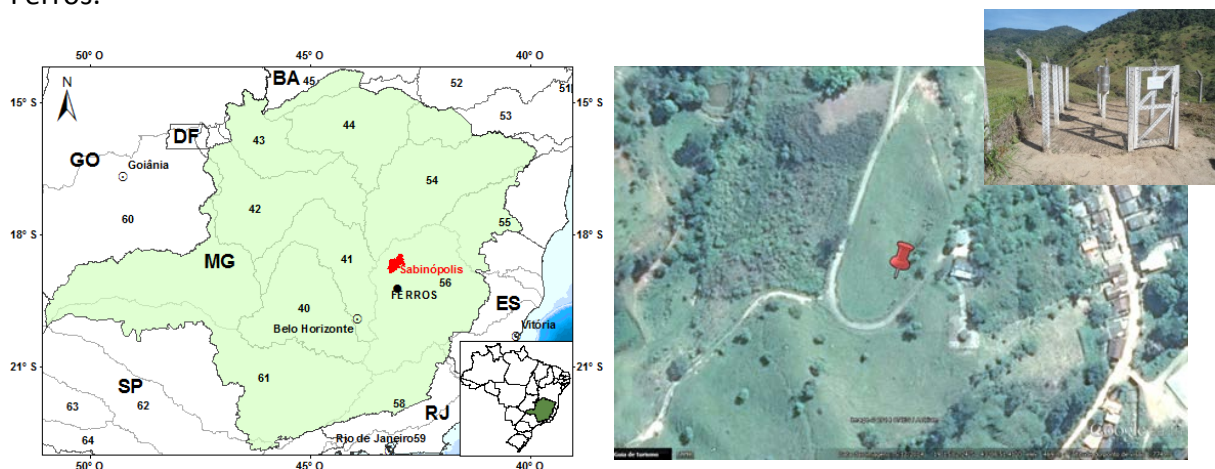


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviográfica (Fonte: Google, 2014)

## 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.

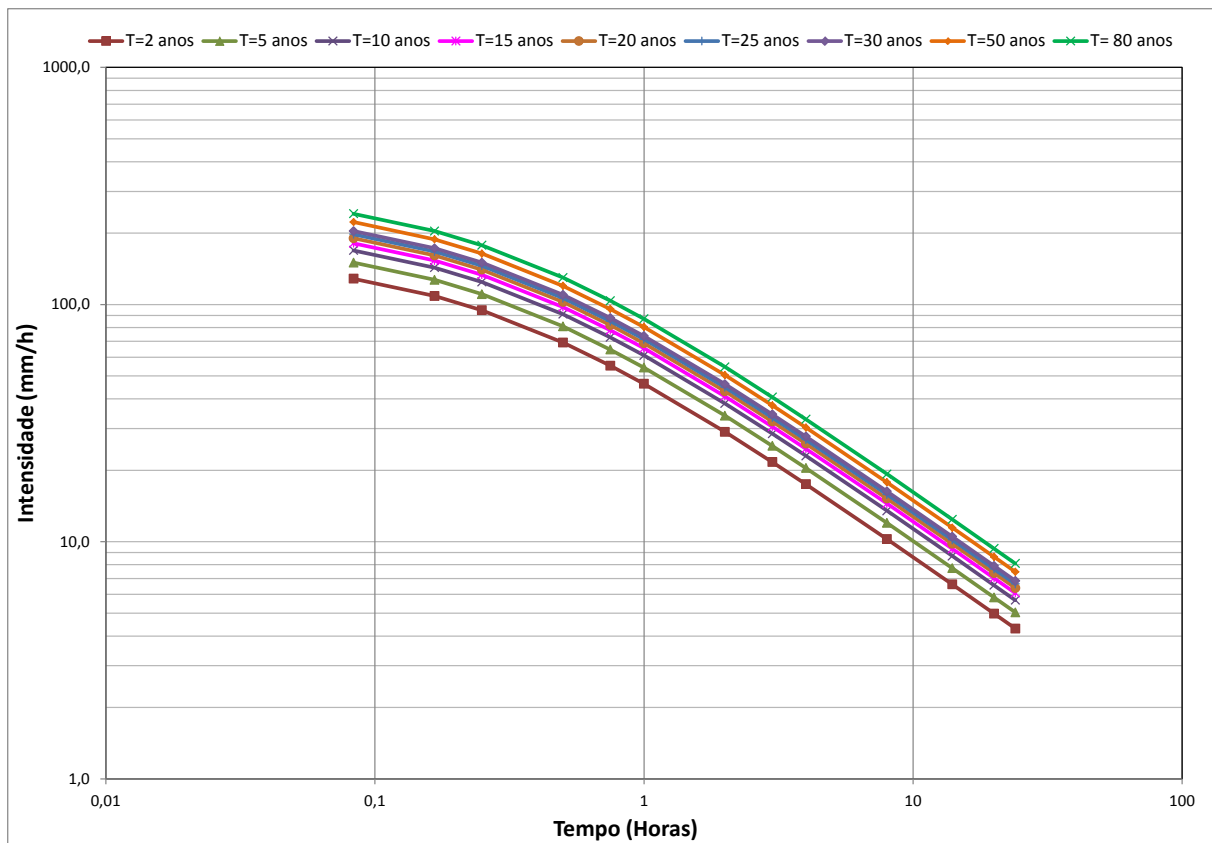


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência para estação Ferros.

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.