

**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: Paraíba do Sul - RJ**

**Estação Pluviométrica: Paraíba do Sul  
Código 02243003 (ANA)**

**PORTO ALEGRE  
2016**

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)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza  
Porto Alegre - RS - 90.840-030  
Telefone: 0(xx)(51) 3406-7300  
Fax: 0(xx)(51) 3233-7772  
<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: Paraíba do Sul/RJ. Estação Pluviométrica: Paraíba do Sul, Código ANA 02243003. Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2016.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K. e PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e**

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Luiz Eduardo Barata

**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

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**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**

Eduardo Santa Helena

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

*José Leonardo Silva Andriotti*  
**Superintendente**

*Marcos Alexandre de Freitas*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*João Angelo Toniolo*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Ana Claudia Viero*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Alexandre Goulart*  
**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 Silvado 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**

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

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 Paraíba do Sul/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Paraíba do Sul, código ANA 02243003, localizada no referido município, distante aproximadamente 1 km da sede.

## 1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Paraíba do Sul.

O município de Paraíba do Sul está localizado no estado do Rio de Janeiro, na região Centro Sul Fluminense, na fronteira com o estado de Minas Gerais e situa-se na Latitude  $22^{\circ}09'32''$  S e Longitude  $43^{\circ}18'15,9''$  W. O município de Paraíba do Sul possui área aproximada de  $581 \text{ km}^2$  (IBGE) e a sede localiza-se a uma altitude aproximada de 312 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 41.084 habitantes.

A estação Paraíba do Sul, código 02243003, está localizada na Latitude  $22^{\circ}08'49,2''$  S e Longitude  $43^{\circ}17'27,6''$  W, a uma distância aproximada de 1 km da sede do município de Paraíba do Sul. Esta estação fica inserida na sub-bacia 58, sub-bacia do Rio Paraíba do Sul, na porção que abrange o estado do Rio de Janeiro.

Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro padrão DNAEE. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.



Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica.

## 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 Paraíba do Sul, código 02243003, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Outubro a 30/Setembro), 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 IDF estabelecidas por Capozzoli *et al.* (2016) para o município de Rio das Flores/RJ, distante aproximadamente 29 km do município de Paraíba do Sul. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

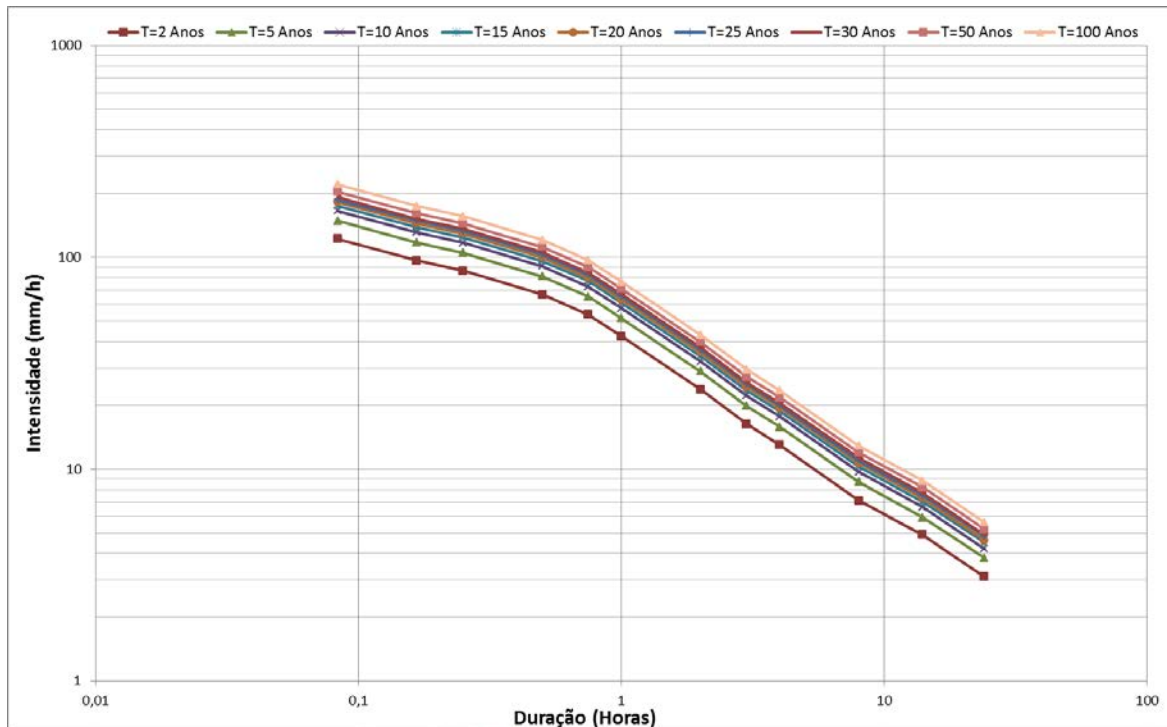


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Paraíba do Sul, os parâmetros da equação são os seguintes:

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

$$a = 763,5 ; b = 0,1400 ; c = 10 \text{ e } d = 0,6929,$$

$$i = \frac{763,5T^{0,1400}}{(t+10)^{0,6929}} \quad (02)$$

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

$$a = 1226,6 ; b = 0,1423 ; c = 0 \text{ e } d = 0,8352$$

$$i = \frac{1226,6T^{0,1423}}{t^{0,8352}} \quad (03)$$

Esta equação é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 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, <i>T</i> (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	128,8	146,5	161,4	170,8	177,8	183,5	188,2	196,0	202,2	207,4	214,0	219,5	222,8
10 Minutos	105,6	120,0	132,2	140,0	145,7	150,3	154,2	160,6	165,6	169,9	175,3	179,9	182,5
15 Minutos	90,4	102,8	113,3	119,9	124,8	128,8	132,1	137,6	141,9	145,6	150,2	154,1	156,4
20 Minutos	79,7	90,6	99,8	105,7	110,0	113,5	116,4	121,2	125,1	128,3	132,4	135,8	137,8
30 Minutos	65,3	74,2	81,8	86,6	90,1	93,0	95,4	99,3	102,5	105,1	108,5	111,3	112,9
45 Minutos	52,4	59,5	65,6	69,4	72,3	74,6	76,5	79,7	82,2	84,3	87,0	89,2	90,6
1 HORA	44,3	50,4	55,5	58,7	61,2	63,1	64,7	67,4	69,5	71,3	73,6	75,5	76,6
2 HORAS	24,8	28,3	31,2	33,1	34,5	35,6	36,5	38,0	39,3	40,3	41,6	42,7	43,3
3 HORAS	17,7	20,2	22,3	23,6	24,6	25,4	26,0	27,1	28,0	28,7	29,6	30,4	30,9
4 HORAS	13,9	15,9	17,5	18,5	19,3	19,9	20,5	21,3	22,0	22,6	23,3	23,9	24,3
5 HORAS	11,6	13,2	14,5	15,4	16,0	16,5	17,0	17,7	18,3	18,7	19,3	19,9	20,2
6 HORAS	9,9	11,3	12,5	13,2	13,8	14,2	14,6	15,2	15,7	16,1	16,6	17,1	17,3
7 HORAS	8,7	9,9	11,0	11,6	12,1	12,5	12,8	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0	15,2
8 HORAS	7,8	8,9	9,8	10,4	10,8	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	13,1	13,4	13,6
12 HORAS	5,6	6,3	7,0	7,4	7,7	8,0	8,2	8,5	8,8	9,0	9,3	9,6	9,7
14 HORAS	4,9	5,6	6,1	6,5	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,2	8,4	8,5
20 HORAS	3,6	4,1	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,6	5,7	5,9	6,1	6,2	6,3
24 HORAS	3,1	3,6	3,9	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,4

**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	90	100
5 Minutos	10,7	12,2	13,4	14,2	14,8	15,3	15,7	16,3	16,8	17,3	17,8	18,3	18,6
10 Minutos	17,6	20,0	22,0	23,3	24,3	25,1	25,7	26,8	27,6	28,3	29,2	30,0	30,4
15 Minutos	22,6	25,7	28,3	30,0	31,2	32,2	33,0	34,4	35,5	36,4	37,6	38,5	39,1
20 Minutos	26,6	30,2	33,3	35,2	36,7	37,8	38,8	40,4	41,7	42,8	44,1	45,3	45,9
30 Minutos	32,6	37,1	40,9	43,3	45,1	46,5	47,7	49,7	51,2	52,6	54,2	55,6	56,5
45 Minutos	39,3	44,7	49,2	52,1	54,2	55,9	57,4	59,7	61,6	63,2	65,2	66,9	67,9
1 HORA	44,3	50,4	55,5	58,7	61,2	63,1	64,7	67,4	69,5	71,3	73,6	75,5	76,6
2 HORAS	49,7	56,6	62,4	66,2	68,9	71,1	73,0	76,1	78,5	80,6	83,2	85,4	86,7
3 HORAS	53,1	60,5	66,8	70,7	73,7	76,1	78,1	81,3	83,9	86,1	88,9	91,3	92,6
4 HORAS	55,7	63,4	70,0	74,2	77,3	79,8	81,8	85,3	88,0	90,3	93,2	95,7	97,1
5 HORAS	57,8	65,8	72,6	76,9	80,2	82,7	84,9	88,5	91,3	93,7	96,7	99,3	100,8
6 HORAS	59,5	67,8	74,8	79,3	82,6	85,3	87,5	91,2	94,1	96,6	99,7	102,3	103,9
7 HORAS	61,1	69,6	76,8	81,3	84,7	87,5	89,8	93,5	96,5	99,1	102,3	104,9	106,5
8 HORAS	62,4	71,1	78,5	83,1	86,6	89,4	91,8	95,6	98,7	101,3	104,5	107,3	108,9
12 HORAS	66,7	76,0	83,9	88,9	92,6	95,6	98,1	102,2	105,5	108,3	111,8	114,7	116,4
14 HORAS	68,4	78,0	86,1	91,2	95,0	98,0	100,6	104,8	108,2	111,0	114,6	117,6	119,4
20 HORAS	72,6	82,7	91,3	96,7	100,7	104,0	106,7	111,2	114,8	117,8	121,6	124,8	126,6
24 HORAS	74,8	85,2	94,0	99,6	103,8	107,1	110,0	114,6	118,3	121,4	125,3	128,6	130,5

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Paraíba do Sul, foi registrada uma Chuva de 60 mm com duração de 45 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

*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, 60 mm dividido por 45 minutos é igual a 80 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:*

$$T = \left[ \frac{80(45 + 10)^{0,6929}}{763,5} \right]^{1/0,1400} = 41,3 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 41,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,4%, ou*

$$P(i \geq 80 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{41,3} 100 = 2,4\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI, Et al. *Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Rio das Flores, Estação Pluviográfica: Manuel Duarte, Código 02243008.* CPRM. São Paulo. 2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 14 de março de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 14 de março de 2016.

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 (01/Out a 30/Set)

Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
19/03/59	72,0
02/09/60	80,4
12/02/61	111,0
08/02/62	71,0
05/03/63	64,0
30/03/64	50,0
17/02/65	110,0
14/01/66	75,0
29/10/66	70,0
29/11/67	82,0
02/12/68	87,0
30/04/70	70,0
23/03/71	41,0
20/02/72	60,0
16/01/73	67,4
12/01/74	72,6
24/02/75	60,9
25/02/76	53,0
20/01/77	37,0
15/01/78	84,0
22/02/79	70,0
06/04/80	55,0
02/12/80	56,4
11/11/81	48,0
10/09/83	80,2
07/12/83	59,8
24/01/85	60,4
21/03/87	72,5
10/12/87	90,0
31/12/88	45,9
20/12/89	88,8
17/01/92	86,3
09/11/92	60,0
17/05/94	72,4
12/02/95	67,5

29/12/95	54,3
06/01/97	57,0
30/05/98	55,9
01/01/99	59,1
19/03/00	59,9
04/01/01	100,4
31/12/01	63,4
13/12/02	71,6
24/02/04	63,5
03/03/05	70,3
24/02/06	80,2
04/01/07	61,7
13/11/07	60,7
20/12/08	58,7
27/12/09	67,8
15/12/10	60,2
09/01/12	100,9
04/11/12	60,5
18/01/14	49,5
23/12/14	70,8

## ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Capozzoli et al. (2016) para o município de Rio das Flores/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,77	0,70	0,66	0,64	0,57

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,95	0,79	0,51	0,38	0,24