

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: São Paulo
Município: Jambeiro
Estação Pluviométrica: Jambeiro
Código ANA: 02345022
Código DAEE: E2-025

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil



2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

RELATÓRIO
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Município: Jambeiro/SP

Estação Pluviométrica: Jambeiro
Códigos: 02345022 (ANA) e E2-025 (DAEE)

Caluan Rodrigues Capozzoli

Karine Pickbrenner

Eber José de Andrade Pinto



SÃO PAULO

2018

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de São Paulo

Copyright © 2018 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo – SP – 01304-010
Telefone: 0(xx)(11) 3775-5101
Fax: 0(xx)(11) 3256-8430
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

C245 Capozzoli, Caluan Rodrigues
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias); Município: Jambeiro, Estação Pluviométrica: Jambeiro, Códigos 02345022 (ANA) e E2-025 (DAEE) / Caluan Rodrigues Capozzoli; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto. – São Paulo: CPRM, 2018.
12p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-434-5

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I. Pickbrenner, Karine. II. Pinto, Eber José de Andrade. IV. Título

CDD 551.570981
CDU 556.5(81)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho (CRB 10/840)

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

Wellington Moreira Franco

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Félix

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo Cruz

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Otto Bittencourt Netto

Vice-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Conselheiros

Cassio Roberto da Silva

Cassiano de Souza Alves

Elmer Prata Salomão

Paulo Cesar Abrão

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais (Interino)

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica (Interino)

Fernando Carvalho

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

Lauro Gracindo Pizzatto
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Maurício Pavan Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Fabrizio Prior Caltabellotta
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Carlos Augusto Fiorim Enumo
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

Departamento de Hidrologia
Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial
Maria Adelaide Mansini Maia

Divisão de Hidrologia Aplicada
Adriana Dantas Medeiros
Achiles Monteiro (*In memorian*)

Divisão de Geologia Aplicada
Sandra Fernandes da Silva

Coordenação Executiva do DEHID
Projeto Atlas Pluviométrico
Eber José de Andrade Pinto

**Coordenação do Projeto Cartas
Municipais de Suscetibilidade**
Tiago Antonelli

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

José Alexandre Moreira Farias - REFO

Karine Pickbrenner - SUREG/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder- SUREG/PA

Adriano da Silva Santos – SUREG/RE

Albert Teixeira Cardoso – SUREG/PA

Caluan Rodrigues Capozzoli – SUREG/SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias– 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

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 Jambéiro/SP onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Jambéiro, códigos 02345022 (ANA) e E2-025 (DAEE).

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	04
ANEXO I	05
ANEXO II	06

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Jambeiro/SP.

O município de Jambeiro está localizado a 122 km da capital do estado, São Paulo, na região metropolitana do Vale do Paraíba. Faz fronteira com os municípios de Caçapava, São José dos Campos, Redenção da Serra, Paraibuna e Santa Branca. O município possui uma área aproximada de 183 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 695 metros em sua sede. A população de Jambeiro, segundo IBGE (2010), é de 5.349 habitantes.

A estação Jambeiro, códigos 02345022 (ANA) e E2-025 (DAEE), está localizada na Latitude 23°15'S e Longitude 45°41'O; na sub-bacia 58, sub-bacia do rio Paraíba do Sul. A estação pluviométrica localiza-se no município de mesmo nome, a cerca de 2 km da sede municipal de Jambeiro. Esta estação encontra-se em operação desde 1943 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1944 a 2005. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro operado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE-SP.

A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

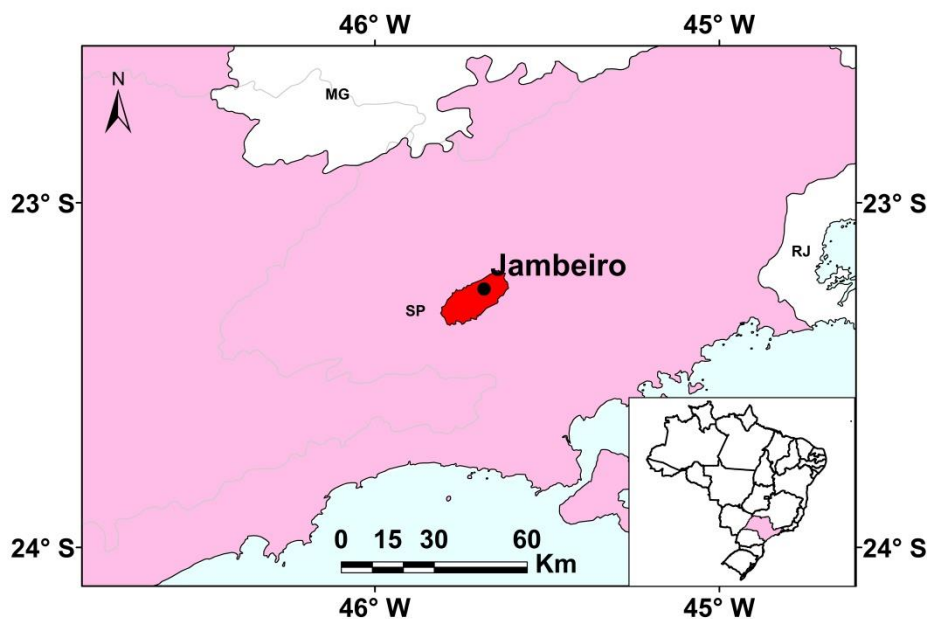


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Jambeiro, códigos 02345022 (ANA) e E2-025 (DAEE), foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Exponencial, 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 Farias e Pinto (2014), para a área urbana do município de São José dos Campos. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

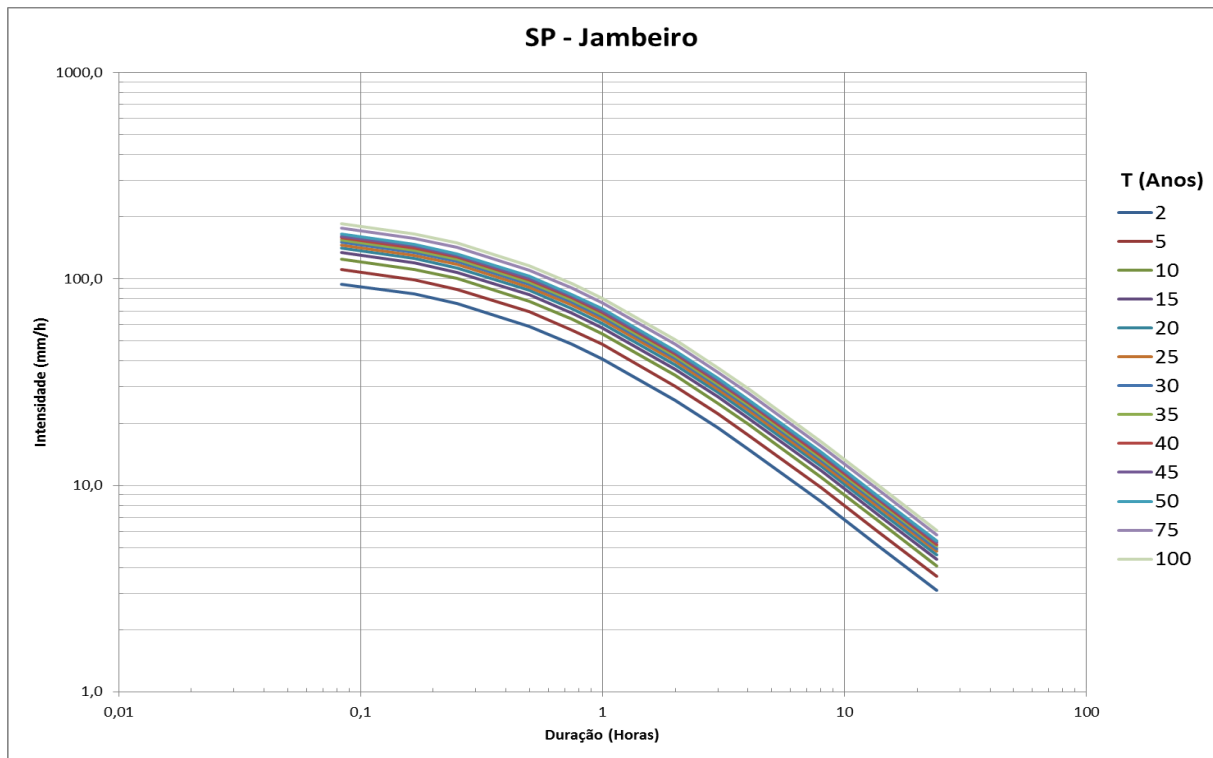


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Jambreiro, para durações de 10 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$10\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2569,9; b = 0,1720; c = 33,4 \text{ e } d = 0,9376;$$

$$i = \frac{2569,9 T^{0,1720}}{(t+33,4)^{0,9376}} \quad (02)$$

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, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	84,4	98,8	111,3	119,4	125,4	130,3	134,5	141,3	146,8	151,5	157,4	162,5	165,4
15 Minutos	76,2	89,2	100,5	107,8	113,2	117,7	121,4	127,6	132,6	136,8	142,1	146,7	149,3
20 Minutos	69,5	81,4	91,7	98,3	103,3	107,3	110,7	116,3	120,9	124,7	129,6	133,8	136,2
30 Minutos	59,2	69,3	78,0	83,7	87,9	91,4	94,3	99,0	102,9	106,2	110,4	113,9	116,0
45 Minutos	48,5	56,8	63,9	68,6	72,0	74,9	77,2	81,2	84,3	87,0	90,4	93,3	95,0
1 HORA	41,1	48,2	54,3	58,2	61,1	63,5	65,6	68,9	71,6	73,9	76,7	79,2	80,6
2 HORAS	25,8	30,2	34,1	36,5	38,4	39,9	41,2	43,3	44,9	46,4	48,2	49,7	50,6
3 HORAS	19,0	22,2	25,0	26,8	28,2	29,3	30,2	31,7	33,0	34,0	35,4	36,5	37,2
4 HORAS	15,0	17,6	19,8	21,3	22,3	23,2	23,9	25,2	26,1	27,0	28,0	28,9	29,5
5 HORAS	12,5	14,6	16,5	17,6	18,5	19,3	19,9	20,9	21,7	22,4	23,3	24,0	24,5
6 HORAS	10,7	12,5	14,1	15,1	15,9	16,5	17,0	17,9	18,6	19,2	19,9	20,6	20,9
7 HORAS	9,4	11,0	12,3	13,2	13,9	14,4	14,9	15,7	16,3	16,8	17,4	18,0	18,3
8 HORAS	8,3	9,7	11,0	11,8	12,4	12,9	13,3	13,9	14,5	14,9	15,5	16,0	16,3
12 HORAS	5,8	6,8	7,7	8,2	8,6	9,0	9,3	9,7	10,1	10,4	10,8	11,2	11,4
14 HORAS	5,1	5,9	6,7	7,2	7,5	7,8	8,1	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	9,9
20 HORAS	3,7	4,3	4,8	5,2	5,4	5,7	5,8	6,1	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2
24 HORAS	3,1	3,6	4,1	4,4	4,6	4,8	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	14,1	16,5	18,6	19,9	20,9	21,7	22,4	23,6	24,5	25,3	26,2	27,1	27,6
15 Minutos	19,1	22,3	25,1	26,9	28,3	29,4	30,4	31,9	33,1	34,2	35,5	36,7	37,3
20 Minutos	23,2	27,1	30,6	32,8	34,4	35,8	36,9	38,8	40,3	41,6	43,2	44,6	45,4
30 Minutos	29,6	34,6	39,0	41,8	44,0	45,7	47,1	49,5	51,5	53,1	55,2	56,9	58,0
45 Minutos	36,4	42,6	48,0	51,4	54,0	56,1	57,9	60,9	63,3	65,3	67,8	70,0	71,3
1 HORA	41,1	48,2	54,3	58,2	61,1	63,5	65,6	68,9	71,6	73,9	76,7	79,2	80,6
2 HORAS	51,7	60,5	68,2	73,1	76,8	79,8	82,3	86,5	89,9	92,8	96,4	99,5	101,3
3 HORAS	56,9	66,6	75,0	80,4	84,5	87,8	90,6	95,2	98,9	102,1	106,1	109,5	111,5
4 HORAS	60,1	70,4	79,3	85,0	89,3	92,8	95,8	100,6	104,6	107,9	112,1	115,7	117,8
5 HORAS	62,4	73,0	82,3	88,2	92,7	96,3	99,4	104,4	108,5	112,0	116,4	120,1	122,3
6 HORAS	64,1	75,1	84,6	90,7	95,3	99,0	102,1	107,3	111,5	115,1	119,6	123,4	125,6
7 HORAS	65,5	76,7	86,4	92,6	97,3	101,1	104,3	109,6	113,9	117,5	122,1	126,0	128,3
8 HORAS	66,6	78,0	87,8	94,2	99,0	102,8	106,1	111,5	115,9	119,5	124,2	128,2	130,5
12 HORAS	69,7	81,6	92,0	98,6	103,6	107,7	111,1	116,7	121,3	125,2	130,0	134,2	136,6
14 HORAS	70,8	82,9	93,4	100,1	105,2	109,3	112,8	118,6	123,2	127,1	132,1	136,3	138,8
20 HORAS	73,2	85,7	96,5	103,5	108,8	113,0	116,6	122,5	127,3	131,4	136,5	140,9	143,5
24 HORAS	74,4	87,0	98,1	105,1	110,5	114,8	118,5	124,5	129,3	133,5	138,7	143,1	145,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Em Jambeiro foi registrada uma Chuva de 70 mm com duração de 45 minutos. 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:*

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

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração em horas, ou seja, 70 mm dividido por 0,75 h é igual a 93,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{93,3(45+33,4)^{0,9376}}{2569,9} \right]^{1/0,1720} = 90 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 90 anos corresponde a uma probabilidade de 1,1% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 93,3 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{90} 100 = 1,1\%$$

4 – REFERÊNCIAS

GOOGLE EARTH. *Estação pluviométrica de Jambeiro*. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Estatística por cidade e estado: Jambeiro. Brasília, 2010*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jambeiro/panorama>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

FARIAS, J. A. M.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil*. Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: São José dos Campos, Estações Pluviográficas: Santa Luzia, Códigos: E2-001 (DAEE) e 02345013 (ANA) e São Francisco Xavier, Códigos: D2-021 (DAEE) e 02245050 (ANA). Fortaleza: CPRM, 2014.

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

ANEXO I

Série de Dados Utilizados– Altura de Chuva diária (mm)

Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	N	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1	1944	1945	14/03/45	65,2	22	1980	1981	08/12/80	68,4
2	1945	1946	26/03/46	43,0	23	1981	1982	02/01/82	61,5
3	1946	1947	07/03/47	62,0	24	1982	1983	06/04/83	75,3
4	1949	1950	23/02/50	51,0	25	1983	1984	22/01/84	78,5
5	1950	1951	29/01/51	68,0	26	1984	1985	24/01/85	70,3
6	1951	1952	10/06/52	90,0	27	1985	1986	20/03/86	52,3
7	1953	1954	12/03/54	64,0	28	1986	1987	24/01/87	65,8
8	1954	1955	26/02/55	44,0	29	1987	1988	30/05/88	65,8
9	1955	1956	16/03/56	61,0	30	1988	1989	31/07/89	66,9
10	1956	1957	21/03/57	54,0	31	1989	1990	12/12/89	78,5
11	1957	1958	22/01/58	59,5	32	1990	1991	12/01/91	116,5
12	1970	1971	26/02/71	46,2	33	1991	1992	07/10/91	57,5
13	1971	1972	08/02/72	56,5	34	1992	1993	22/02/93	39,5
14	1972	1973	02/11/72	64,2	35	1993	1994	13/02/94	62,5
15	1973	1974	17/01/74	58,6	36	1994	1995	19/11/94	99,3
16	1974	1975	26/02/75	64,5	37	1995	1996	07/03/96	64,7
17	1975	1976	12/01/76	67,3	38	1999	2000	02/01/00	60,0
18	1976	1977	27/11/76	78,4	39	2001	2002	15/04/02	58,3
19	1977	1978	09/06/78	82,4	40	2002	2003	05/10/02	38,3
20	1978	1979	05/04/79	105,2	41	2003	2004	15/04/04	58,3
21	1979	1980	12/01/80	66,7	42	2004	2005	07/11/04	72,6

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Farias e Pinto (2014) para área urbana do município de São José dos Campos/SP.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,95	0,89	0,81	0,76	0,70	0,55

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1 h
0,88	0,72	0,47	0,34

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 Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo - SP - CEP: 01304-010
Tel.: 11 3775-5101 - Fax: 11 3256-8430

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
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br



PAC