

**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: Três Rios - RJ

**Estação Pluviométrica: Moura Brasil
Código: 02243015**

**GOIÂNIA
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE
A MOVIMENTOS 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 de Goiânia

Copyright @ 2016 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 (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Três Rios/RJ. Estação Pluviométrica: Moura Brasil, Código 02243015. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2016.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

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

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 DE GOIÂNIA

Luiz Fernando Magalhães
Superintendente

Cíntia de Lima Vilas Boas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Luciana Felício Pereira
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Sheila Soraya Alves Knust
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcelo Henrique da Silva Rosa
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 Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

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 Três Rios/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Moura Brasil, código 02243015.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Três Rios/RJ.

O município de Três Rios está localizado na região central do estado do Rio de Janeiro, na divisa com o estado de Minas Gerais, está inserido na sub-bacia do Rio Paraíba do Sul. Três Rios faz fronteira com os municípios de Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Paraíba do Sul e Comendador Levy Gasparian, no estado do Rio de Janeiro, e com o município de Chiador, em Minas Gerais. O município possui uma área de 326.757 km² (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 329 metros do nível do mar. A população de Três Rios, segundo IBGE (2010), é de 77.432 habitantes.

A estação Moura Brasil, código 02243015, está localizada na Latitude 22°08'15.5"S e Longitude 043°09'33.25"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1936, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

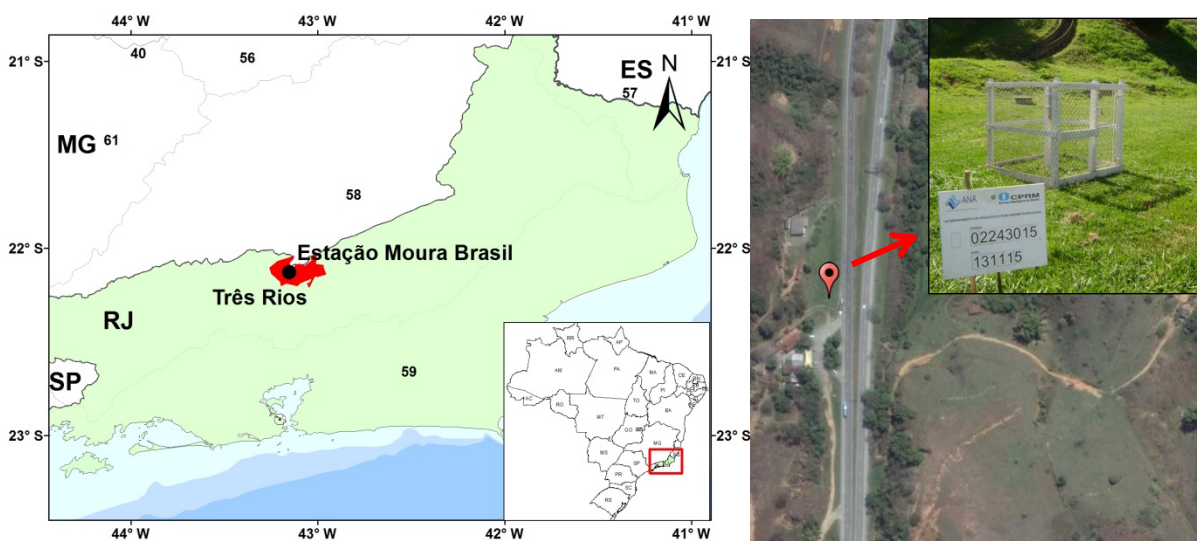


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google Earth, 2016).

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 Moura Brasil, código 02243015, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Logística Generalizada, 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 de IDF estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (CAPOZZOLI; PICKBRENNER; PINTO, 2016) para o município de Rio das Flores/RJ. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

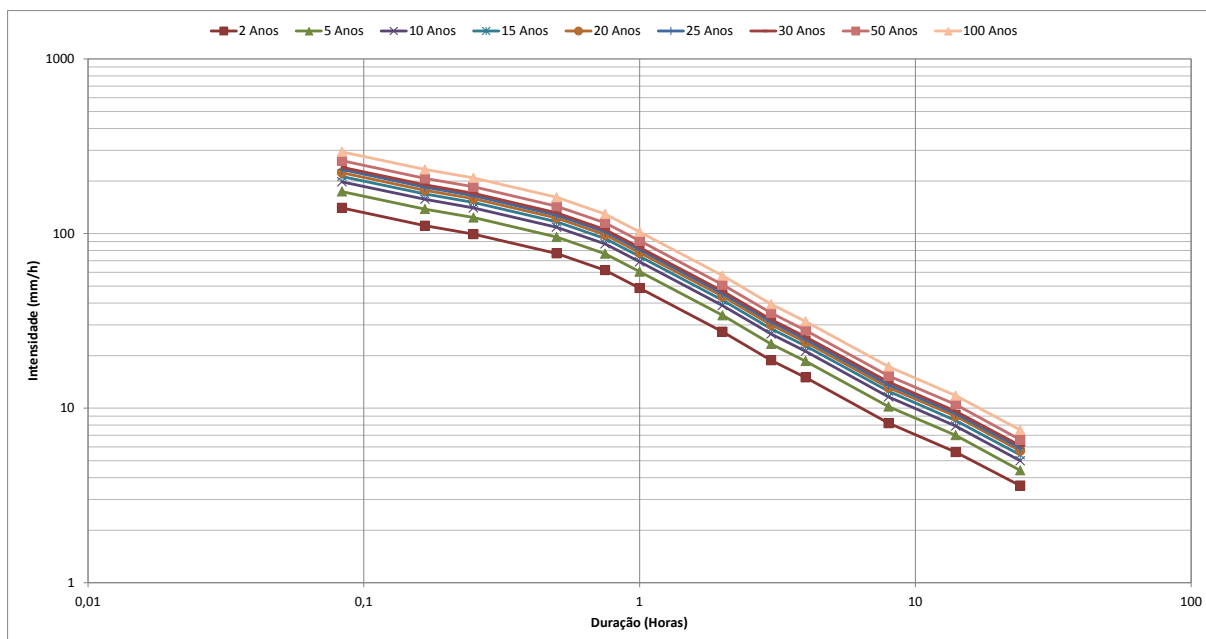


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 Moura Brasil, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$5 \text{ min} \leq t \leq 24 \text{ h}$$

$$a = 2085,0; b = 0,1877; c = 17,3 \text{ e } d = 0,8976;$$

$$i = \frac{2085,0T^{0,1877}}{(t+17,3)^{0,8976}} \quad (02)$$

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 (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	146,3	173,8	198,0	213,6	225,5	235,1	256,8	267,8	277,1	288,9	299,0	305,0
10 Minutos	122,0	144,9	165,1	178,1	188,0	196,1	214,1	223,3	231,1	241,0	249,4	254,3
15 Minutos	104,9	124,6	142,0	153,2	161,7	168,6	184,1	192,0	198,7	207,2	214,4	218,7
20 Minutos	92,2	109,5	124,7	134,6	142,1	148,2	161,8	168,7	174,6	182,1	188,4	192,2
30 Minutos	74,5	88,5	100,8	108,8	114,8	119,7	130,8	136,3	141,1	147,1	152,3	155,3
45 Minutos	58,2	69,1	78,7	84,9	89,7	93,5	102,1	106,5	110,2	114,9	118,9	121,3
1 Horas	47,9	56,9	64,9	70,0	73,9	77,0	84,1	87,7	90,8	94,7	98,0	99,9
2 Horas	28,6	34,0	38,7	41,8	44,1	46,0	50,2	52,4	54,2	56,5	58,5	59,7
3 Horas	20,7	24,6	28,0	30,2	31,9	33,2	36,3	37,8	39,2	40,8	42,2	43,1
4 Horas	16,3	19,4	22,0	23,8	25,1	26,2	28,6	29,8	30,8	32,2	33,3	34,0
5 Horas	13,5	16,0	18,3	19,7	20,8	21,7	23,7	24,7	25,6	26,7	27,6	28,1
6 Horas	11,6	13,7	15,6	16,9	17,8	18,6	20,3	21,1	21,9	22,8	23,6	24,1
7 Horas	10,1	12,0	13,7	14,8	15,6	16,3	17,8	18,5	19,2	20,0	20,7	21,1
8 Horas	9,0	10,7	12,2	13,2	13,9	14,5	15,8	16,5	17,1	17,8	18,4	18,8
12 Horas	6,3	7,5	8,6	9,2	9,8	10,2	11,1	11,6	12,0	12,5	12,9	13,2
14 Horas	5,5	6,6	7,5	8,1	8,5	8,9	9,7	10,1	10,5	10,9	11,3	11,5
20 Horas	4,0	4,8	5,5	5,9	6,2	6,5	7,1	7,4	7,6	8,0	8,3	8,4
24 Horas	3,4	4,1	4,6	5,0	5,3	5,5	6,0	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	12,2	14,5	16,5	17,8	18,8	19,6	21,4	22,3	23,1	24,1	24,9	25,4
10 Minutos	20,3	24,2	27,5	29,7	31,3	32,7	35,7	37,2	38,5	40,2	41,6	42,4
15 Minutos	26,2	31,2	35,5	38,3	40,4	42,1	46,0	48,0	49,7	51,8	53,6	54,7
20 Minutos	30,7	36,5	41,6	44,9	47,4	49,4	53,9	56,2	58,2	60,7	62,8	64,1
30 Minutos	37,3	44,3	50,4	54,4	57,4	59,9	65,4	68,2	70,5	73,6	76,1	77,6
45 Minutos	43,6	51,8	59,0	63,7	67,2	70,1	76,6	79,9	82,6	86,2	89,2	91,0
1 Horas	47,9	56,9	64,9	70,0	73,9	77,0	84,1	87,7	90,8	94,7	98,0	99,9
2 Horas	57,3	68,0	77,5	83,6	88,2	92,0	100,5	104,8	108,4	113,1	117,0	119,3
3 Horas	62,0	73,7	83,9	90,5	95,6	99,7	108,8	113,5	117,5	122,5	126,7	129,3
4 Horas	65,2	77,4	88,2	95,1	100,4	104,7	114,4	119,2	123,4	128,7	133,2	135,8
5 Horas	67,5	80,2	91,3	98,5	104,0	108,4	118,4	123,5	127,8	133,3	137,9	140,7
6 Horas	69,3	82,3	93,8	101,2	106,8	111,4	121,7	126,9	131,3	136,9	141,7	144,5
7 Horas	70,9	84,1	95,8	103,4	109,2	113,8	124,3	129,6	134,2	139,9	144,8	147,7
8 Horas	72,1	85,7	97,6	105,3	111,2	115,9	126,6	132,0	136,6	142,4	147,4	150,4
12 Horas	76,0	90,3	102,8	110,9	117,1	122,1	133,4	139,1	143,9	150,1	155,3	158,4
14 Horas	77,4	92,0	104,8	113,0	119,3	124,4	135,9	141,7	146,6	152,9	158,2	161,4
20 Horas	80,8	95,9	109,2	117,9	124,4	129,7	141,7	147,8	152,9	159,5	165,0	168,3
24 Horas	82,5	97,9	111,5	120,4	127,0	132,5	144,7	150,9	156,1	162,8	168,5	171,8

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Três Rios, foi registrada uma chuva de 157 mm com duração de 24 horas, 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, 157 mm dividido por 24 h é igual a 6,5 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{6,5(1440 + 17,3)^{0,8976}}{2085,0} \right]^{1/0,1877} = 59,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 59,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,7%, ou:

$$P(i \geq 6,5\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{59,7} 100 = 1,7\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI, C. R.; PICKBRENNER, L.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Rio das Flores. Estação pluviográfica Manuel Duarte, código 02243008. São Paulo, SP: CPRM, 2016. 13p.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330600&search=rio-de-janeiro|tres-rios|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em 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 (Outubro/Setembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1936	1937	05/02/1937	55,2	1970	1971	26/02/1971	47,0
1937	1938	09/12/1937	122,0	1971	1972	25/12/1971	77,0
1938	1939	30/12/1938	95,1	1972	1973	29/12/1972	78,0
1939	1940	12/12/1939	80,3	1973	1974	03/11/1973	49,0
1940	1941	23/12/1940	78,1	1974	1975	27/10/1974	98,0
1941	1942	09/11/1941	54,3	1975	1976	29/11/1975	89,8
1942	1943	20/01/1943	73,5	1976	1977	22/11/1976	60,0
1943	1944	13/12/1943	64,1	1982	1983	21/03/1983	71,1
1944	1945	25/12/1944	92,3	1983	1984	23/11/1983	61,1
1945	1946	16/03/1946	76,0	1984	1985	25/01/1985	82,0
1946	1947	19/02/1947	85,0	1985	1986	24/12/1985	93,4
1947	1948	26/11/1947	88,0	1986	1987	23/04/1987	43,0
1948	1949	09/01/1949	92,0	1987	1988	16/03/1988	84,0
1949	1950	14/12/1949	63,0	1989	1990	19/12/1989	69,1
1950	1951	25/01/1951	51,0	1990	1991	23/11/1990	75,0
1951	1952	13/03/1952	85,0	1991	1992	17/01/1992	120,0
1952	1953	11/11/1952	98,0	1992	1993	05/01/1993	88,0
1953	1954	17/02/1954	81,0	1993	1994	16/05/1994	86,4
1954	1955	03/01/1955	74,0	1994	1995	28/11/1994	72,0
1955	1956	24/12/1955	72,0	2001	2002	31/12/2001	63,7
1956	1957	10/03/1957	67,0	2002	2003	17/12/2002	85,4
1957	1958	28/12/1957	84,0	2003	2004	14/01/2004	63,7
1958	1959	27/02/1959	56,0	2004	2005	03/03/2005	86,1
1959	1960	06/03/1960	82,0	2005	2006	24/02/2006	60,9
1960	1961	26/01/1961	70,0	2006	2007	04/01/2007	66,8
1961	1962	05/02/1962	50,0	2007	2008	04/11/2007	81,4
1962	1963	04/02/1963	65,0	2008	2009	21/01/2009	70,6
1963	1964	20/02/1964	63,0	2009	2010	28/12/2009	156,9
1964	1965	25/01/1965	73,0	2010	2011	01/03/2011	64,3
1965	1966	14/01/1966	96,0	2011	2012	09/01/2012	157,0
1966	1967	08/10/1966	98,0	2012	2013	05/11/2012	109,0
1967	1968	17/11/1967	132,0	2013	2014	02/12/2013	56,0
1968	1969	24/01/1969	76,0	2014	2015	25/11/2014	110,0
1969	1970	19/01/1970	46,1				

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Capozzoli; Pickbrenner; Pinto (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