

**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: Itaocara - RJ**

**Estação Pluviométrica: Três Irmãos  
Código: 02141007**

**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: Itaocara/RJ. Estação Pluviométrica: Três Irmãos, Código 02141007. 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**

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/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 Itaocara/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Três Irmãos, código 02141007.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Itaocara.

O município de Itaocara está localizado no noroeste do estado do Rio de Janeiro e está inserido na sub-bacia do Rio Paraíba do Sul. Itaocara faz fronteira com os municípios de Santo Antônio de Pádua, Aperibé, Cambuci, São Fidelis, São Sebastião do Alto e Cantagalo. O município possui uma área de 431.335 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 60 metros do nível do mar. A população de Itaocara, segundo IBGE (2010), é de 22.899 habitantes.

A estação Três Irmãos, código 02141007, está localizada no município de Cambuci, na Latitude 21°37'31"S e Longitude 041°59'07"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1943, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

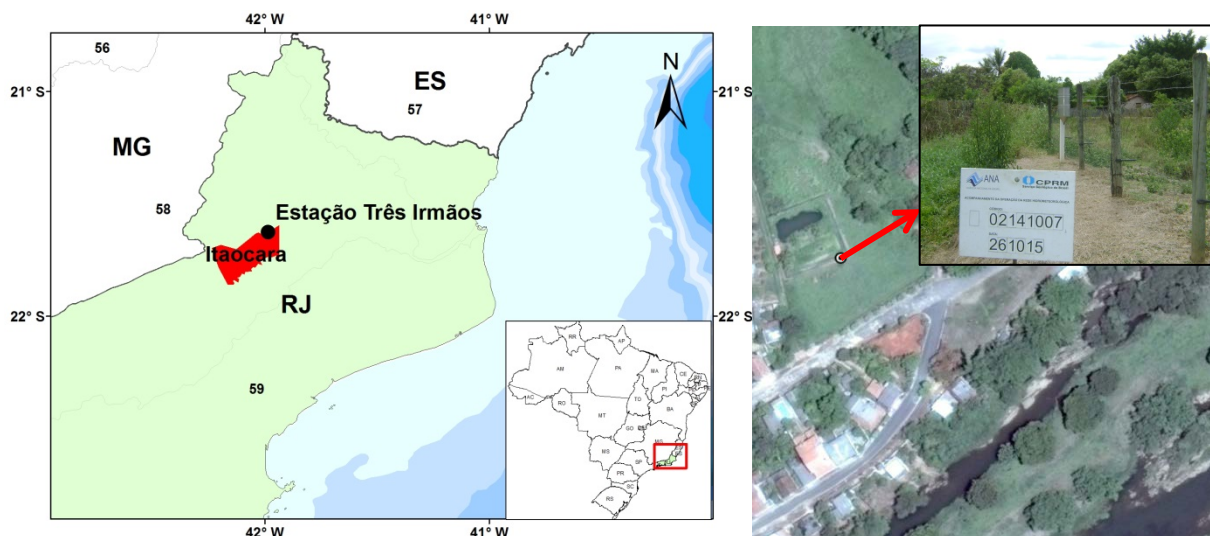


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica. (Fonte: Google, 2016)

## 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 Três Irmãos, código 02141007, 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 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 de IDF regionais estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (Davis & Naghettini, 2001) para a Região 1/RJ. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

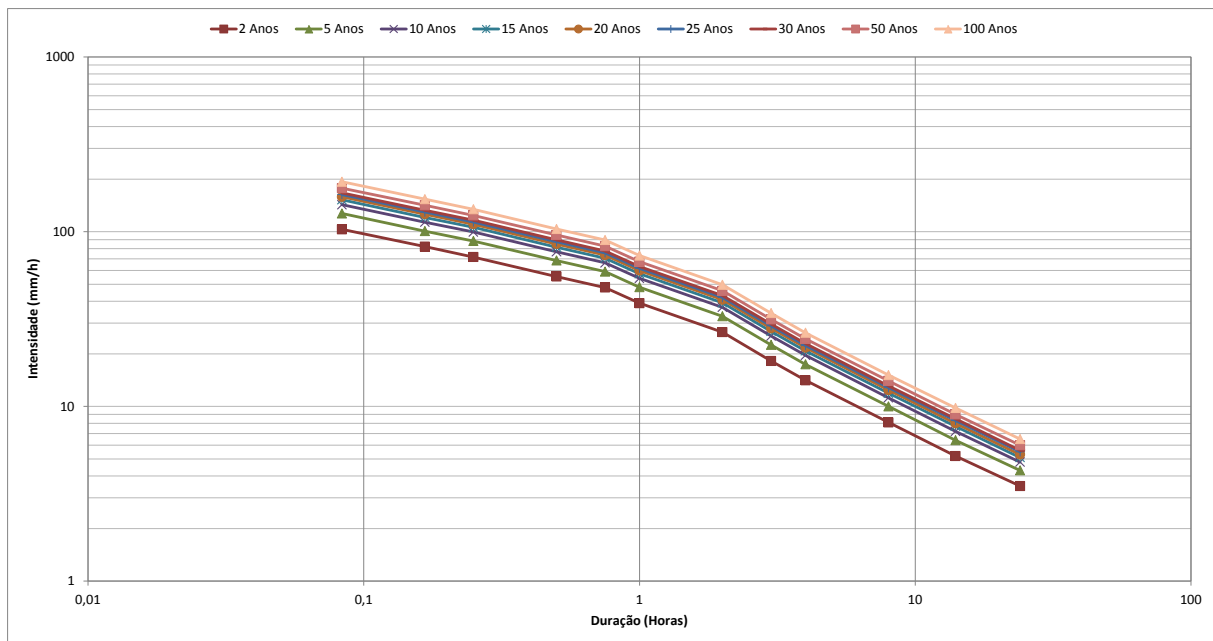


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-freqüência

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 Itaocara, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

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

$$a = 1694,1; b = 0,1533; c = 25,0 \text{ e } d = 0,8610;$$

$$i = \frac{1694,1T^{0,1533}}{(t+25,0)^{0,8610}} \quad (02)$$

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	100,8	116,0	129,0	137,2	143,4	148,4	159,5	165,0	169,7	175,6	180,6	183,5
10 Minutos	88,2	101,5	112,9	120,2	125,6	130,0	139,7	144,5	148,6	153,8	158,2	160,7
15 Minutos	78,7	90,5	100,7	107,1	111,9	115,8	124,5	128,8	132,5	137,1	141,0	143,3
20 Minutos	71,1	81,8	91,0	96,8	101,2	104,7	112,5	116,4	119,7	123,9	127,4	129,5
30 Minutos	59,8	68,8	76,5	81,4	85,1	88,1	94,6	97,9	100,7	104,2	107,2	108,9
45 Minutos	48,6	55,9	62,2	66,2	69,1	71,6	76,9	79,6	81,8	84,7	87,1	88,5
1 Horas	41,1	47,3	52,6	56,0	58,5	60,5	65,1	67,3	69,2	71,6	73,7	74,9
2 Horas	26,0	29,9	33,2	35,3	36,9	38,2	41,1	42,5	43,7	45,2	46,5	47,3
3 Horas	19,3	22,2	24,7	26,2	27,4	28,4	30,5	31,5	32,4	33,6	34,5	35,1
4 Horas	15,4	17,8	19,8	21,0	22,0	22,7	24,4	25,3	26,0	26,9	27,7	28,1
5 Horas	13,0	14,9	16,6	17,6	18,4	19,1	20,5	21,2	21,8	22,6	23,2	23,6
6 Horas	11,2	12,9	14,3	15,2	15,9	16,5	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1	20,4
7 Horas	9,9	11,4	12,6	13,5	14,1	14,6	15,6	16,2	16,6	17,2	17,7	18,0
8 Horas	8,9	10,2	11,3	12,1	12,6	13,1	14,0	14,5	14,9	15,4	15,9	16,1
12 Horas	6,3	7,3	8,1	8,6	9,0	9,3	10,0	10,4	10,7	11,1	11,4	11,6
14 Horas	5,6	6,4	7,1	7,6	7,9	8,2	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,2
20 Horas	4,1	4,8	5,3	5,6	5,9	6,1	6,5	6,8	7,0	7,2	7,4	7,5
24 Horas	3,5	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2	5,6	5,8	6,0	6,2	6,3	6,5

**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	8,4	9,7	10,7	11,4	12,0	12,4	13,3	13,8	14,1	14,6	15,1	15,3
10 Minutos	14,7	16,9	18,8	20,0	20,9	21,7	23,3	24,1	24,8	25,6	26,4	26,8
15 Minutos	19,7	22,6	25,2	26,8	28,0	29,0	31,1	32,2	33,1	34,3	35,2	35,8
20 Minutos	23,7	27,3	30,3	32,3	33,7	34,9	37,5	38,8	39,9	41,3	42,5	43,2
30 Minutos	29,9	34,4	38,3	40,7	42,6	44,0	47,3	49,0	50,4	52,1	53,6	54,5
45 Minutos	36,4	41,9	46,6	49,6	51,9	53,7	57,7	59,7	61,4	63,5	65,3	66,4
1 Horas	41,1	47,3	52,6	56,0	58,5	60,5	65,1	67,3	69,2	71,6	73,7	74,9
2 Horas	51,9	59,7	66,4	70,7	73,9	76,4	82,2	85,0	87,4	90,5	93,0	94,5
3 Horas	57,8	66,5	74,0	78,7	82,2	85,1	91,5	94,6	97,3	100,7	103,6	105,3
4 Horas	61,8	71,1	79,0	84,1	87,9	91,0	97,8	101,2	104,0	107,7	110,7	112,5
5 Horas	64,8	74,5	82,9	88,2	92,2	95,4	102,5	106,1	109,1	112,9	116,1	118,0
6 Horas	67,2	77,3	86,0	91,5	95,6	98,9	106,3	110,0	113,1	117,1	120,4	122,4
7 Horas	69,2	79,6	88,5	94,2	98,5	101,9	109,5	113,3	116,5	120,6	124,0	126,0
8 Horas	70,9	81,6	90,7	96,6	100,9	104,4	112,2	116,1	119,4	123,6	127,1	129,2
12 Horas	76,1	87,6	97,4	103,6	108,3	112,1	120,4	124,6	128,2	132,6	136,4	138,6
14 Horas	78,1	89,8	99,9	106,3	111,1	115,0	123,6	127,9	131,5	136,1	139,9	142,2
20 Horas	82,6	95,1	105,8	112,6	117,6	121,7	130,8	135,4	139,2	144,1	148,1	150,6
24 Horas	85,0	97,8	108,8	115,8	121,0	125,2	134,6	139,3	143,2	148,2	152,4	154,9

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Itaocara, foi registrada uma chuva de 110 mm com duração de 6 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, 110 mm dividido por 6 h é igual a 18,3 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{18,3(360 + 25,0)^{0,8610}}{1694,1} \right]^{1/0,1533} = 49,4 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 49,4 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,0%, ou:

$$P(i \geq 18,3\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{49,4} 100 = 2,0\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVIS, E. G. & NAGHETTINI M.C. Estudos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, CD-ROM. 2001.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330210>. Acesso em Fevereiro 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)
1943	1944	10/02/1944	94,0	1973	1974	25/10/1973	57,2
1944	1945	16/11/1944	55,3	1974	1975	04/04/1975	43,4
1945	1946	14/11/1945	78,2	1975	1976	27/11/1975	71,2
1946	1947	10/11/1946	52,0	1976	1977	20/10/1976	131,2
1947	1948	19/12/1947	58,4	1982	1983	07/04/1983	80,4
1948	1949	09/02/1949	76,0	1983	1984	06/03/1984	71,0
1949	1950	25/12/1949	59,2	1984	1985	23/11/1984	82,4
1950	1951	09/02/1951	102,6	1985	1986	30/12/1985	74,6
1951	1952	27/03/1952	68,2	1986	1987	04/04/1987	76,4
1952	1953	26/01/1953	53,4	1987	1988	23/10/1987	78,4
1953	1954	05/01/1954	58,2	1988	1989	18/01/1989	56,2
1954	1955	13/12/1954	51,0	1989	1990	21/12/1989	72,0
1955	1956	18/12/1955	77,2	1990	1991	23/01/1991	60,6
1956	1957	25/03/1957	67,5	1992	1993	05/11/1992	82,1
1957	1958	01/03/1958	87,8	1993	1994	11/12/1993	79,0
1958	1959	09/03/1959	75,2	1994	1995	13/04/1995	69,4
1959	1960	11/04/1960	76,8	2001	2002	17/12/2001	49,7
1960	1961	04/01/1961	79,4	2002	2003	17/01/2003	106,3
1961	1962	27/04/1962	52,8	2003	2004	02/01/2004	115,2
1962	1963	15/12/1962	54,1	2004	2005	04/03/2005	84,2
1963	1964	30/03/1964	105,8	2005	2006	26/12/2005	69,8
1964	1965	10/01/1965	90,6	2006	2007	04/01/2007	76,8
1965	1966	06/01/1966	91,2	2007	2008	12/12/2007	89,5
1966	1967	13/01/1967	64,2	2008	2009	16/12/2008	85,2
1967	1968	19/11/1967	84,6	2009	2010	16/01/2010	67,1
1968	1969	25/01/1969	97,6	2010	2011	27/12/2010	76,9
1969	1970	02/12/1969	91,2	2011	2012	03/01/2012	68,3
1970	1971	23/11/1970	70,8	2012	2013	11/01/2013	55,2
1971	1972	25/12/1971	94,4	2013	2014	02/12/2013	82,3
1972	1973	12/05/1973	73,8	2014	2015	28/11/2014	142,9

## ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Davis & Naghettini (2001) Para a Região 1/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,88	0,78	0,68	0,66	0,64	0,47

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,92	0,71	0,46	0,35	0,22