

**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: Paraty/RJ

**Estação Pluviométrica: São Roque
Código: 02344008**

**PORTO ALEGRE
2015**

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
(Desagregação de Precipitações Diárias)

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

Copyright @ 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa
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: Paraty. Estação Pluviométrica: São Roque Código 02344008. Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

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

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – 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

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

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 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

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 Paraty onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de São Roque, código 02344008, operada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e de responsabilidade da ANA (Agência Nacional de Águas). Esta estação está localizada a 17 km da sede do município de Paraty.

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Paraty e regiões circunvizinhas.

O município de Paraty está localizado no estado do Rio de Janeiro, na Latitude $23^{\circ}13'22''$ S e Longitude $44^{\circ}43'01''$ W. Situa-se no litoral sul do Rio de Janeiro, na Baía de Ilha Grande, a uma distância de 250 km da capital, fazendo divisa com o norte do estado de São Paulo. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 37.533 habitantes. O município possui área de 925,4 Km² e encontra-se a uma altitude média de 3 metros. Em virtude de sua posição, na base da serra, há um grande número de rios que percorrem o município desde a Serra do Mar até o Oceano Atlântico. Dentre eles destacam-se os rios Mambucaba e seu afluente Funil, Taquari, Graúna, Jabaquara, Perequê-Açu, Mateus Nunes, Caçada, dos Meros, Regato, Paraty-Mirim, entre outros.

A estação São Roque, código 02344008, está localizada na Latitude $23^{\circ}04'18''$ S e Longitude $44^{\circ}41'53''$ W. Insere-se na sub-bacia 59, sub-bacia dos rios Macaé, São João e outros. Esta estação pluviométrica localiza-se 17 km ao norte da sede municipal de Paraty, encontra-se em operação desde 1967 e os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro modelo DNAEE, operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

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

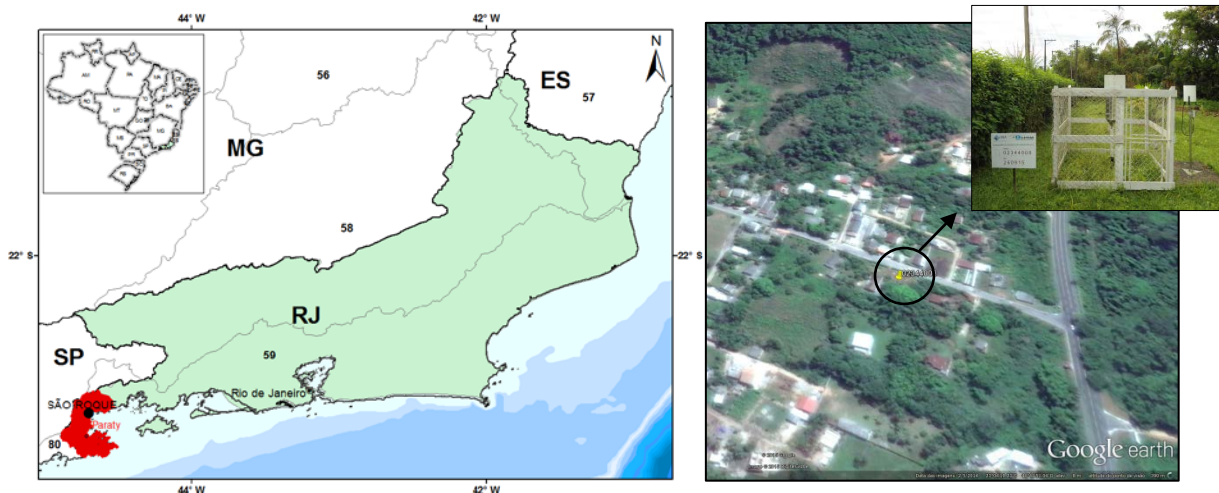


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google, 2015).

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 São Roque, código 02344008, 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 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 Medeiros *et al.* (2015), para o município de Angra dos Reis. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

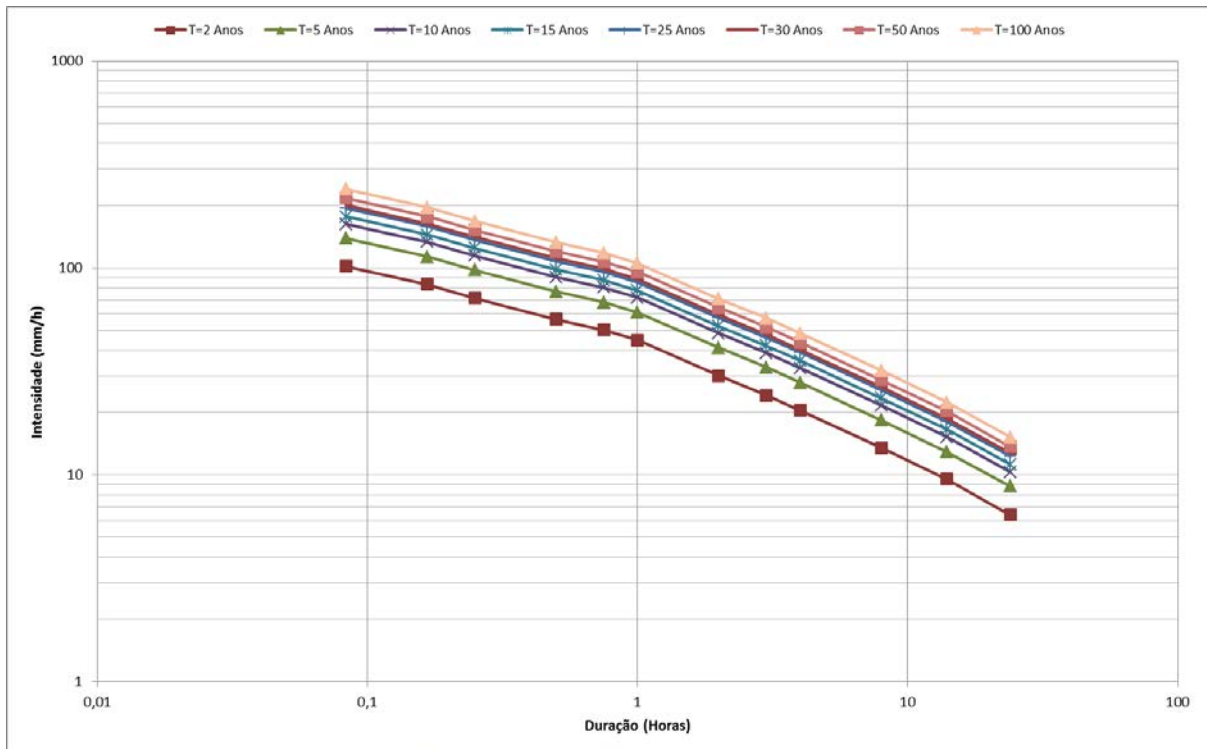


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 São Roque os parâmetros da equação os seguintes:

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

$a = 177,0; b = 0,2048; c = 0,6; d = 0,3480$

$$i = \frac{177T^{0,2048}}{(t+0,6)^{0,3480}} \quad (02)$$

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

$a = 673,8; b = 0,2099; c = 12,4; d = 0,6465$

$$i = \frac{673,8T^{0,2099}}{(t+12,4)^{0,6465}} \quad (03)$$

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
5 Minutos	112,0	135,1	155,7	169,2	179,5	187,9	195,0	206,9	216,5	224,8	235,3	244,2	249,6
10 Minutos	89,7	108,2	124,7	135,5	143,8	150,5	156,2	165,7	173,4	180,0	188,4	195,6	199,9
15 Minutos	78,4	94,6	109,0	118,5	125,7	131,5	136,5	144,8	151,6	157,4	164,7	171,0	174,7
20 Minutos	71,2	85,9	99,0	107,6	114,1	119,4	124,0	131,5	137,6	142,9	149,5	155,2	158,6
30 Minutos	62,0	74,8	86,2	93,7	99,4	104,0	108,0	114,6	119,9	124,5	130,3	135,3	138,2
45 Minutos	54,0	65,1	75,1	81,6	86,5	90,6	94,0	99,7	104,4	108,3	113,4	117,7	120,3
1 Hora	48,9	59,0	68,0	73,9	78,4	82,0	85,2	90,3	94,5	98,1	102,7	106,6	109,0
2 Horas	33,1	40,1	46,4	50,5	53,7	56,3	58,4	62,1	65,1	67,6	70,8	73,6	75,3
3 Horas	26,0	31,5	36,4	39,7	42,2	44,2	45,9	48,8	51,1	53,1	55,6	57,8	59,1
4 Horas	21,8	26,4	30,6	33,3	35,4	37,1	38,5	40,9	42,9	44,5	46,7	48,5	49,6
5 Horas	19,0	23,0	26,6	29,0	30,8	32,3	33,6	35,6	37,4	38,8	40,7	42,3	43,2
6 Horas	17,0	20,6	23,8	25,9	27,5	28,8	30,0	31,8	33,3	34,6	36,3	37,7	38,6
7 Horas	15,4	18,7	21,6	23,5	25,0	26,2	27,2	28,9	30,3	31,5	33,0	34,2	35,0
8 Horas	14,2	17,2	19,9	21,6	23,0	24,1	25,0	26,6	27,8	28,9	30,3	31,5	32,2
12 Horas	11,0	13,3	15,4	16,7	17,8	18,6	19,3	20,5	21,5	22,4	23,4	24,4	24,9
14 Horas	9,9	12,0	13,9	15,2	16,1	16,9	17,5	18,6	19,5	20,3	21,3	22,1	22,6
20 Horas	7,9	9,6	11,1	12,1	12,8	13,4	14,0	14,8	15,5	16,2	16,9	17,6	18,0
24 Horas	7,0	8,5	9,9	10,7	11,4	12,0	12,4	13,2	13,8	14,4	15,1	15,6	16,0

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
5 Minutos	9,3	11,3	13,0	14,1	15,0	15,7	16,3	17,2	18,0	18,7	19,6	20,4	20,8
10 Minutos	15,0	18,0	20,8	22,6	24,0	25,1	26,0	27,6	28,9	30,0	31,4	32,6	33,3
15 Minutos	19,6	23,7	27,3	29,6	31,4	32,9	34,1	36,2	37,9	39,3	41,2	42,7	43,7
20 Minutos	23,7	28,6	33,0	35,9	38,0	39,8	41,3	43,8	45,9	47,6	49,8	51,7	52,9
30 Minutos	31,0	37,4	43,1	46,9	49,7	52,0	54,0	57,3	60,0	62,2	65,2	67,6	69,1
45 Minutos	40,5	48,8	56,3	61,2	64,9	67,9	70,5	74,8	78,3	81,3	85,1	88,3	90,2
1 Hora	48,9	59,0	68,0	73,9	78,4	82,0	85,2	90,3	94,5	98,1	102,7	106,6	109,0
2 Horas	66,2	80,3	92,8	101,1	107,4	112,5	116,9	124,2	130,1	135,2	141,7	147,2	150,5
3 Horas	78,0	94,5	109,3	119,1	126,5	132,5	137,7	146,3	153,3	159,3	166,9	173,4	177,3
4 Horas	87,3	105,8	122,3	133,2	141,5	148,3	154,1	163,6	171,5	178,2	186,7	194,0	198,4
5 Horas	95,0	115,2	133,2	145,1	154,1	161,5	167,8	178,2	186,8	194,0	203,4	211,3	216,0
6 Horas	101,8	123,4	142,7	155,4	165,0	173,0	179,7	190,9	200,0	207,9	217,8	226,3	231,4
7 Horas	107,8	130,7	151,2	164,6	174,8	183,2	190,4	202,2	211,9	220,2	230,7	239,7	245,1
8 Horas	113,3	137,3	158,8	172,9	183,7	192,5	200,0	212,5	222,7	231,4	242,4	251,9	257,5
12 Horas	131,5	159,4	184,3	200,7	213,2	223,4	232,1	246,6	258,4	268,5	281,3	292,3	298,8
14 Horas	139,1	168,5	194,9	212,3	225,5	236,3	245,5	260,8	273,3	283,9	297,6	309,2	316,1
20 Horas	158,2	191,7	221,8	241,5	256,5	268,8	279,3	296,7	310,9	323,0	338,5	351,7	359,6
24 Horas	168,9	204,7	236,8	257,8	273,9	287,0	298,2	316,8	331,9	344,9	361,4	375,5	383,9

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Paraty, foi registrada uma Chuva de 84 mm com duração de 45 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 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, 84 mm dividido por 45 minutos é igual a 112 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{112(45 + 0,6)^{0,3480}}{177,0} \right]^{1/0,2048} = 70,5 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 70,5 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,4%, ou

$$P(i \geq 112\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{70,5} 100 = 1,4\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MEDEIROS, V.S.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*: município Angra dos Reis/RJ. Estação pluviográfica Vila Mambucaba, Código 02344016. São Paulo, SP: CPRM, 2015. 15p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em novembro de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330380>. Acesso em novembro de 2015.

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)

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

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1983	1984	03/05/1983	96,3
1984	1985	31/03/1984	100,2
1985	1986	24/01/1985	233,0
1986	1987	18/02/1986	123,2
1986	1987	19/12/1986	125,1
1988	1989	02/02/1988	210,1
1989	1990	11/06/1989	174,0
1990	1991	18/04/1990	125,3
1990	1991	17/10/1990	100,9
1992	1993	17/01/1992	220,8
1994	1995	07/02/1994	134,0
1995	1996	12/01/1995	81,8
1996	1997	14/02/1996	150,0
1997	1998	27/09/1997	97,2
1997	1998	15/11/1997	112,8
1999	2000	10/04/1999	120,0
1999	2000	11/12/1999	148,1
2001	2002	05/04/2001	124,5
2002	2003	03/02/2002	211,5
2002	2003	09/12/2002	327,9
2005	2006	18/04/2005	128,7
2005	2006	08/11/2005	83,2
2007	2008	24/10/2007	190,8
2008	2009	11/11/2008	171,8
2010	2011	19/02/2010	98,1
2011	2012	16/03/2011	147,7
2012	2013	09/01/2012	67,6
2013	2014	04/01/2013	174,7
2013	2014	26/11/2013	151,0

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Medeiros *et al.* (2015) para o município de Angra dos Reis /RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,86	0,70	0,53	0,47	0,39	0,29

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,84	0,63	0,40	0,31	0,19