

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais
Município: Carangola

Estação Pluviográfica: Jussara
Código ANA: 02142009

Estação Pluviométrica: Carangola
Código ANA: 02042000

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2014

**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**

Município: Carangola

**Estação Pluviográfica: Jussara
Código 02142009
Estação Pluviométrica: Carangola
Código: 02042000**

**SÃO PAULO
2014**

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

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

Copyright @ 2014 CPRM - Superintendência Regional de São Paulo
Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo - SP - 01.304-010
Telefone: 0(xx)(11) 3775-5101
Fax: 0(xx)(51) 3775-5165
<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: Carangola. Estação Pluviográfica: Jussara, Código 02142009 e Estação Pluviométrica Carangola Código 02042000. Caluan Rodrigues Capozzoli; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – São Paulo: CPRM, 2014.

20p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - CAPOZZOLI, C.R.; 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

Edison Lobão

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Pereira Zimmermann

**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

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Oswaldo Castanheira

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

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 SÃO PAULO

José Carlos Garcia Ferreira
Superintendente

Vanesca Sartorelli Medeiros
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Elizete Domingues Salvador
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Lauro Gracindo Pizzato
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcos Evaristo da Silva
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Cássio Roberto da Silva

Divisão de Hidrologia Aplicada

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

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

Margarida Regueira da Costa – Sureg/RE

Osvalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza de Almeida-Sureg/BH

Apoio Técnico

Amanda Elizalde Martins – Sureg/PA

Debora Gurgel – REFO

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Eliane Cristina Godoy Moreira-Sureg/SP

Jennifer Laís Assano -Sureg/SP

João Paulo Vicente Pereira-Sureg/SP

Juliana Oliveira-Sureg/BE

Fabiana Ferreira Cordeiro-Sureg/SP

Luisa Collischonn – Sureg/PA

Murilo Raphael Dias Cardoso -Sureg/GO

Paulo Guilherme de Oliveira Sousa – RETE

Estagiários de Hidrologia

Caroline Centeno – Sureg/PA

Cassio Pereira – Sureg/PA

Cláudio Dálio Albuquerque Júnior-Sureg/MA

Diovana Daus Borges Fortes -Sureg/PA

Fernanda Ribeiro Gonçalves Sotero de Menezes -Sureg/BH

Fernando Lourenço de Souza Junior – Sureg/RE

Ivo Cleiton Costa Bonfim -REFO

João Paulo Lopes Chaves Miranda-Sureg/BH

José Érico Nascimento Barros -Sureg/RE

Liomar Santos da Hora-Sureg/SA

Lemia Ribeiro-Sureg/SA

Márcia Faermann -Sureg/PA

Mariana Carolina Lima de Oliveira-Sureg/BH

Mayara Luiza de Menezes Oliveira-Sureg/MA

Nayara de Lima Oliveira-Sureg/GO

Pedro da Silva Junqueira-Sureg/PA

Rosangela de Castro – Sureg/SP

Taciana dos Santos Lima–RETE

Thais Danielle Oliveira Gasparin – Sureg/SP

Vanessa Romero-Sureg/GO

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 Carangola. Foram elaboradas duas IDFs, sendo que a primeira (IDF1), foi elaborada com dados de uma estação pluviográfica e subsidiou parâmetros a serem utilizadas na segunda (IDF2), elaborada com séries de uma estação pluviométrica. A IDF1 foi desenvolvida com dados contínuos de precipitação, utilizando os registros da estação pluviográfica Jussara, código 02142009, operada pela CPRM. Na elaboração da IDF2 aplicou-se a metodologia de desagregação, com os registros

de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica de Carangola, código 02042000, operada pela CPRM.

As estações Jussara (pluviográfica) e Carangola (pluviométrica) distanciam-se da sede municipal de Carangola em respectivamente 38 km e 1 km.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida (IDF2) pode ser utilizada no município de Carangola.

O município de Carangola está localizado no estado de Minas Gerais, na Latitude 20°43'58" S e Longitude 42°01'44" W, a 360 km de Belo Horizonte. O município possui área de 352.510 Km² e localiza-se a uma altitude de 399 metros. Sua população, segundo o censo de 2010 do IBGE, é de 33.358 habitantes.

Para a elaboração da IDF do município de Carangola, procedeu-se a um estudo preliminar com os dados de uma estação pluviográfica operada pela CPRM. Este estudo subsidiou a geração de uma IDF (IDF1) e permitiu o cálculo das relações entre alturas de precipitação de diferentes durações, usadas para a desagregação da série de máximos anuais levantados de registros da estação pluviométrica de Carangola.

A estação pluviográfica Jussara, código 02142009, está localizada no município de Miradouro, na Latitude 20°54'41" S e Longitude 42°20'58" W, e fica inserida na sub-bacia 58, em sua porção noroeste que abrange o sudeste do estado de Minas Gerais, mais especificamente na sub-bacia do rio Glória. O rio Glória tem suas nascentes a leste do estado de Minas Gerais no município mineiro de Fervedouro, atravessa o município de Miradouro e desemboca no rio Muriaé no município de Muriaé. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos registros de um pluviógrafo IH, operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), no período de janeiro de 1996 até julho de 2014.

A estação pluviométrica de Carangola, código 02042000, está localizada no município de Carangola, na Latitude 20°44'24" S e Longitude 42°01'26" W, e fica inserida na sub-bacia 58, em sua porção sudeste que abrange o sudeste do estado de Minas Gerais, mais especificamente na sub-bacia do rio Carangola. O rio Carangola nasce na serra de São João, município de Divinos e deságua no rio Muriaé na altura do município de Itaperuna em Minas Gerais. A estação de Carangola está localizada no perímetro urbano de Carangola, próximo à sede do município. Esta estação encontra-se em operação desde 1934 e 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 das estações pluviográfica e pluviométrica.

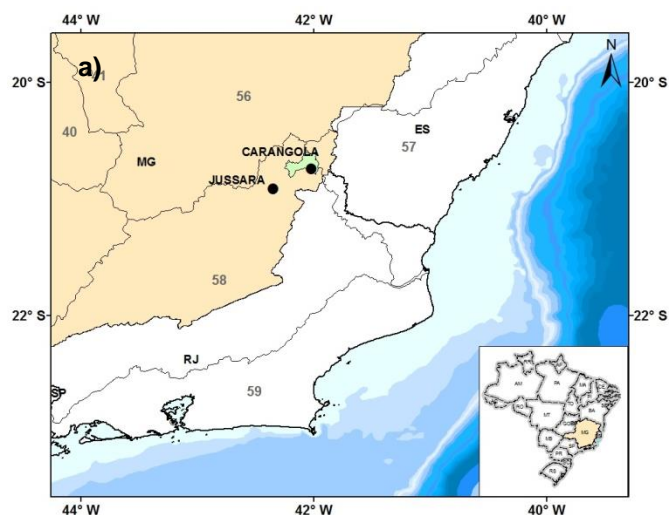


Figura 01 – Localização do Município (a), da Estação Pluviográfica (b) e da Estação Pluviométrica (c) (Fonte: GOOGLE, 2014)

2 – EQUAÇÃO

2.1 – IDF1: REGISTROS CONTÍNUOS DE PRECIPITAÇÃO

A metodologia para definição da equação utilizando os dados pluviográficos está descrita em detalhes em Pinto (2013).

Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Jussara, código 02142009, foi utilizada séries de duração parcial e os dados utilizados constam do Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados foi a Exponencial, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. O Anexo II apresenta as relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações calculadas com os resultados das análises de frequência.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas utilizando os dados pluviográficos.

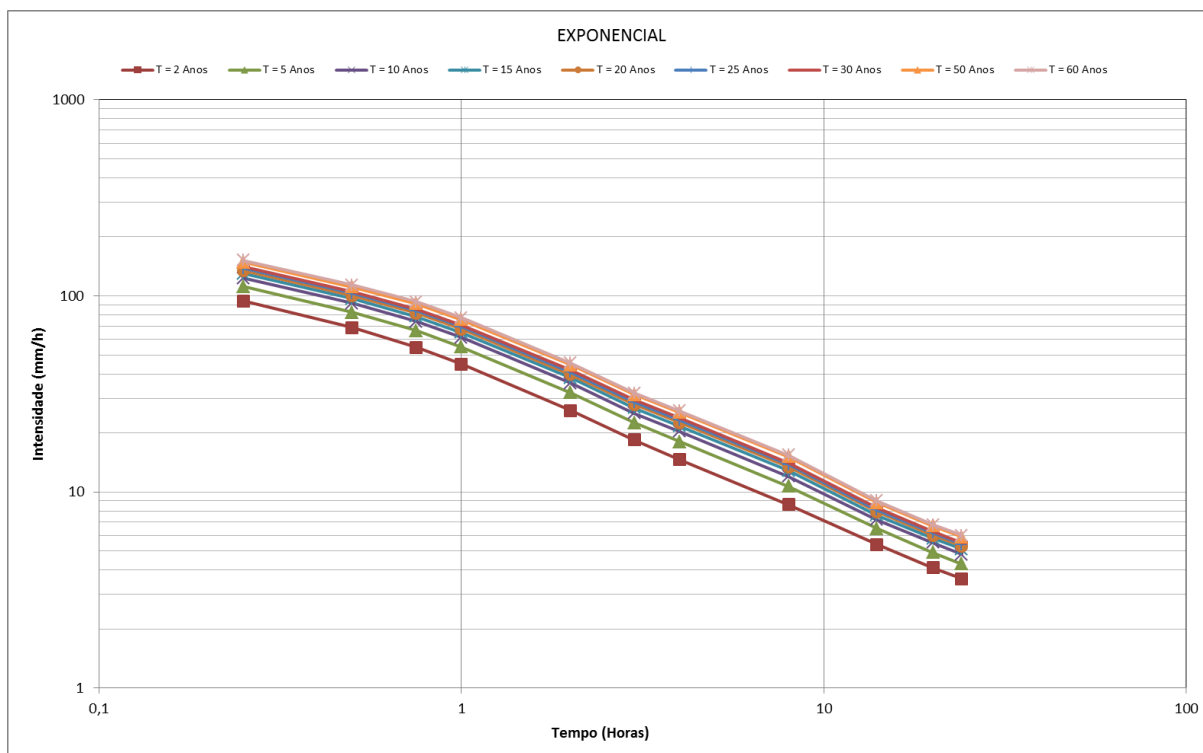


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Jussara os parâmetros da equação são os seguintes:

$$15\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2025,9; b = 0,1570; c = 22 \text{ e } d = 0,8914;$$

$$i = \frac{2025,9T^{0,1570}}{(t+22)^{0,8914}} \quad (02)$$

Estas equações são válidas para tempo de retorno até 60 anos e durações de 15 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
15 Minutos	90,4	104,3	116,3	124,0	129,7	134,3	138,2	144,6	149,8	154,1
30 Minutos	66,7	77,0	85,9	91,5	95,8	99,2	102,1	106,8	110,6	113,8
45 Minutos	53,2	61,5	68,5	73,0	76,4	79,1	81,4	85,2	88,2	90,8
1 HORA	44,5	51,3	57,2	61,0	63,8	66,1	68,0	71,1	73,7	75,8
2 HORAS	27,2	31,5	35,1	37,4	39,1	40,5	41,7	43,6	45,2	46,5
3 HORAS	19,9	23,0	25,6	27,3	28,6	29,6	30,4	31,9	33,0	33,9
4 HORAS	15,8	18,2	20,3	21,7	22,7	23,5	24,1	25,3	26,2	26,9
5 HORAS	13,1	15,2	16,9	18,0	18,9	19,5	20,1	21,0	21,8	22,4
6 HORAS	11,3	13,0	14,5	15,5	16,2	16,8	17,3	18,1	18,7	19,2
7 HORAS	9,9	11,4	12,7	13,6	14,2	14,7	15,1	15,8	16,4	16,9
8 HORAS	8,8	10,2	11,4	12,1	12,7	13,1	13,5	14,1	14,7	15,1
12 HORAS	6,2	7,2	8,0	8,6	9,0	9,3	9,5	10,0	10,3	10,6
14 HORAS	5,5	6,3	7,0	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9,0	9,3
20 HORAS	4,0	4,6	5,1	5,5	5,7	5,9	6,1	6,4	6,6	6,8
24 HORAS	3,4	3,9	4,4	4,7	4,9	5,1	5,2	5,5	5,7	5,8

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
15 Minutos	22,6	26,1	29,1	31,0	32,4	33,6	34,6	36,2	37,4	38,5
20 Minutos	26,9	31,1	34,6	36,9	38,6	40,0	41,2	43,1	44,6	45,9
30 Minutos	33,4	38,5	42,9	45,8	47,9	49,6	51,0	53,4	55,3	56,9
45 Minutos	39,9	46,1	51,4	54,8	57,3	59,3	61,1	63,9	66,2	68,1
1 HORA	44,5	51,3	57,2	61,0	63,8	66,1	68,0	71,1	73,7	75,8
2 HORAS	54,5	62,9	70,2	74,8	78,2	81,0	83,4	87,2	90,3	93,0
3 HORAS	59,7	68,9	76,9	81,9	85,7	88,8	91,3	95,6	99,0	101,8
4 HORAS	63,1	72,9	81,3	86,6	90,6	93,9	96,6	101,0	104,7	107,7
5 HORAS	65,7	75,8	84,5	90,1	94,3	97,6	100,5	105,1	108,8	112,0
6 HORAS	67,7	78,1	87,1	92,8	97,1	100,6	103,5	108,3	112,2	115,4
7 HORAS	69,3	80,0	89,2	95,1	99,5	103,1	106,0	110,9	114,9	118,2
8 HORAS	70,7	81,7	91,1	97,0	101,5	105,1	108,2	113,2	117,2	120,6
12 HORAS	74,9	86,5	96,4	102,7	107,5	111,3	114,6	119,9	124,1	127,7
14 HORAS	76,4	88,3	98,4	104,9	109,7	113,6	116,9	122,3	126,7	130,4
20 HORAS	80,0	92,4	103,0	109,8	114,8	118,9	122,4	128,0	132,6	136,5
24 HORAS	81,8	94,5	105,3	112,3	117,5	121,6	125,2	131,0	135,6	139,6

2.2 – IDF2: DESAGREGAÇÃO DE DADOS DIARIOS OBSERVADOS DE PRECIPITAÇÃO

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 Carangola, código 02042000, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 31/Set), apresentada no Anexo III. 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 a IDF1, para a estação pluviográfica Jussara, código 02142009. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 03 apresenta as curvas ajustadas.

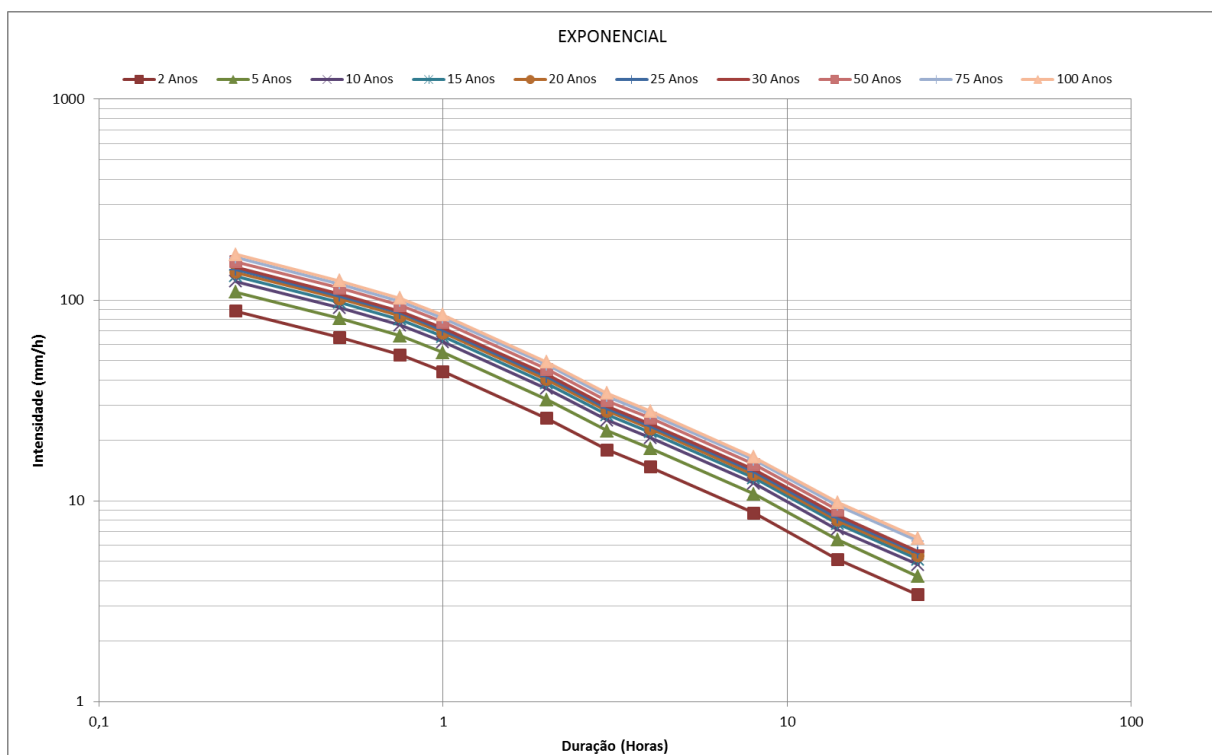


Figura 03 – Curvas intensidade-duração-frequência

As equações adotadas para representar a família de curvas da Figura 03 são do tipo:

$$\frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad i = \quad (03)$$

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 Carangola os parâmetros da equação os seguintes:

$$15\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2047,2; b = 0,1635; c = 20,9; d = 0,8972$$

$$i = \frac{2047,2T^{0,1635}}{(t+20,9)^{0,8972}} \quad (04)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 15 minutos até 24 horas. A Tabela 03 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 04 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 03 – Intensidade da chuva em mm/h.

Duração da chuva	Tempo de Retorno, <i>T</i> (anos)													
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	75	90	100
15 Minutos	92,3	107,2	120,1	128,3	134,5	139,5	143,7	147,4	150,6	156,2	160,9	166,9	172,0	175,0
20 Minutos	82,1	95,4	106,8	114,1	119,6	124,1	127,8	131,1	134,0	139,0	143,2	148,5	153,0	155,6
30 Minutos	67,5	78,4	87,8	93,8	98,3	102,0	105,1	107,7	110,1	114,2	117,7	122,0	125,7	127,9
45 Minutos	53,5	62,2	69,6	74,4	78,0	80,9	83,3	85,4	87,3	90,6	93,3	96,8	99,7	101,5
1 Hora	44,5	51,7	57,9	61,9	64,9	67,3	69,3	71,1	72,7	75,4	77,6	80,5	83,0	84,4
2 Horas	27,1	31,4	35,2	37,6	39,4	40,9	42,1	43,2	44,2	45,8	47,2	48,9	50,4	51,3
3 Horas	19,7	22,9	25,6	27,4	28,7	29,8	30,7	31,4	32,1	33,3	34,3	35,6	36,7	37,3
4 Horas	15,6	18,1	20,3	21,6	22,7	23,5	24,2	24,9	25,4	26,4	27,2	28,2	29,0	29,5
5 Horas	12,9	15,0	16,8	18,0	18,8	19,5	20,1	20,6	21,1	21,9	22,6	23,4	24,1	24,5
6 Horas	11,1	12,9	14,4	15,4	16,2	16,8	17,3	17,7	18,1	18,8	19,3	20,1	20,7	21,0
7 Horas	9,7	11,3	12,7	13,5	14,2	14,7	15,1	15,5	15,9	16,5	17,0	17,6	18,1	18,4
8 Horas	8,7	10,1	11,3	12,1	12,6	13,1	13,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,7	16,2	16,4
12 Horas	6,1	7,1	7,9	8,5	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,3	10,6	11,0	11,4	11,6
14 Horas	5,3	6,2	6,9	7,4	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	9,0	9,3	9,6	9,9	10,1
20 Horas	3,9	4,5	5,1	5,4	5,7	5,9	6,1	6,2	6,4	6,6	6,8	7,1	7,3	7,4
24 Horas	3,3	3,9	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,3

Tabela 04 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)													
	2	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	75	90	100
15 Minutos	23,1	26,8	30,0	32,1	33,6	34,9	35,9	36,8	37,7	39,1	40,2	41,7	43,0	43,7
20 Minutos	27,4	31,8	35,6	38,0	39,9	41,4	42,6	43,7	44,7	46,3	47,7	49,5	51,0	51,9
30 Minutos	33,7	39,2	43,9	46,9	49,2	51,0	52,5	53,9	55,1	57,1	58,8	61,0	62,9	64,0
45 Minutos	40,1	46,6	52,2	55,8	58,5	60,7	62,5	64,1	65,5	67,9	70,0	72,6	74,8	76,1
1 Hora	44,5	51,7	57,9	61,9	64,9	67,3	69,3	71,1	72,7	75,4	77,6	80,5	83,0	84,4
2 Horas	54,1	62,9	70,4	75,2	78,9	81,8	84,3	86,4	88,3	91,6	94,4	97,9	100,9	102,6
3 Horas	59,1	68,6	76,8	82,1	86,1	89,3	92,0	94,3	96,4	100,0	103,0	106,8	110,0	112,0
4 Horas	62,3	72,4	81,0	86,6	90,8	94,1	97,0	99,5	101,6	105,4	108,6	112,7	116,1	118,1
5 Horas	64,7	75,1	84,1	89,9	94,2	97,7	100,7	103,2	105,5	109,4	112,8	116,9	120,5	122,6
6 Horas	66,5	77,3	86,6	92,5	96,9	100,5	103,6	106,2	108,6	112,6	116,0	120,3	124,0	126,1
7 Horas	68,1	79,1	88,6	94,6	99,2	102,9	106,0	108,7	111,1	115,2	118,7	123,1	126,8	129,0
8 Horas	69,4	80,6	90,3	96,5	101,1	104,9	108,0	110,8	113,2	117,4	121,0	125,5	129,3	131,5
12 Horas	73,3	85,1	95,3	101,8	106,7	110,7	114,1	117,0	119,5	124,0	127,7	132,5	136,5	138,9
14 Horas	74,7	86,8	97,2	103,8	108,8	112,9	116,3	119,3	121,9	126,4	130,2	135,1	139,2	141,6
20 Horas	78,0	90,6	101,5	108,4	113,6	117,9	121,4	124,5	127,3	132,0	136,0	141,1	145,3	147,8
24 Horas	79,7	92,5	103,7	110,8	116,1	120,4	124,0	127,2	130,0	134,9	138,9	144,1	148,5	151,0

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Carangola, foi registrada uma Chuva de 117 mm com duração de 8 horas (480 minutos), a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial no município de Carangola. 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:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (05)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 117 mm dividido por 8 h é igual a 14,6 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{14,6(480 + 20,9)^{0,8972}}{2047,2} \right]^{1/0,1635} = 48 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 48 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 2,08%, ou

$$P(i \geq 14,6 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{48} 100 = 2,08\%$$

Entre os dias 09 e 10 de janeiro de 2007 um evento com mesma magnitude do exemplo foi registrado no pluviógrafo de Jussara. De acordo com a Defesa Civil do município de Carangola, o evento ocasionou inundações e alagamentos em vários pontos da zona urbana e rural do município, comprometendo casas, pontes e estradas.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Estação pluviográfica de Jussara. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 11 de novembro de 2014.

GOOGLE EARTH. Estação pluviométrica de Carangola. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em 11 de novembro de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>. Acesso em 12 de novembro de 2014.

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 por Duração – Altura de Chuva (mm)

Data	15 MIN	Data	30 MIN	Data	45 MIN	Data	1 HORA	Data	2 HORAS	Data	3 HORAS
16/10/1991	20,6	16/10/1991	32,5	16/10/1991	38	16/10/1991	38,6	08/04/1992	48,5	08/04/1992	48,5
18/11/1991	35,7	18/11/1991	36,3	18/11/1991	36,5	18/11/1991	36,5	01/03/1993	59,1	01/03/1993	59,3
01/12/1991	21,7	11/03/1992	27,5	08/04/1992	47,9	08/04/1992	48,2	31/03/1993	56,4	31/03/1993	56,5
08/04/1992	23,6	08/04/1992	45,6	28/02/1993	30,3	01/03/1993	36,4	28/02/1997	44,6	28/02/1997	44,8
31/03/1993	19,9	31/03/1993	34,4	31/03/1993	45,9	31/03/1993	51,2	09/11/1997	41,4	08/11/1997	45,5
12/03/1997	24,4	24/10/1993	26,4	14/04/1994	34,2	14/04/1994	35,4	28/11/1997	51,9	28/11/1997	68,6
11/01/1998	20,9	14/04/1994	29,2	06/01/1997	33,8	06/01/1997	36,3	11/02/1998	46,5	11/02/1998	46,7
09/04/1998	20	28/02/1997	30,6	28/02/1997	40,4	28/02/1997	42,6	22/03/1998	46,7	22/03/1998	46,71
08/01/1999	23,7	28/11/1997	29,9	28/11/1997	33,5	28/11/1997	36,8	09/04/1998	62,3	09/04/1998	62,5
30/03/1999	27	09/04/1998	29,3	11/02/1998	31,6	11/02/1998	39,5	30/03/1999	87,1	30/03/1999	87,6
07/12/1999	20,61	08/01/1999	29,31	09/04/1998	35,71	09/04/1998	43,8	07/12/1999	41,41	19/01/2000	43,9
19/01/2000	22,4	30/03/1999	47	30/03/1999	60,8	30/03/1999	71	19/01/2000	39,91	27/11/2000	43,7
06/10/2000	22,6	07/12/1999	34,8	07/12/1999	40,5	07/12/1999	41,3	27/11/2000	43,6	05/03/2001	50,7
22/11/2000	20,62	19/01/2000	33,7	19/01/2000	35,6	19/01/2000	36,81	05/03/2001	50,1	11/04/2001	47,7
22/12/2000	19,6	06/10/2000	29,4	22/12/2000	31	27/11/2000	36,9	11/04/2001	47,3	26/01/2002	47,3
24/01/2001	20,01	22/12/2000	27,51	11/04/2001	32,4	11/04/2001	41,8	26/01/2002	45	21/03/2002	44,9
11/04/2001	20,63	11/04/2001	27,7	26/01/2002	38,5	26/01/2002	41,81	21/03/2002	40,9	19/11/2004	43,5
13/12/2004	24,5	26/01/2002	31,6	22/03/2002	35,2	22/03/2002	36,6	19/11/2004	41,42	04/02/2005	50,8
28/12/2004	23,1	22/03/2002	29,21	13/12/2004	33,9	19/11/2004	34,8	28/12/2004	43	17/02/2005	73,4
04/02/2005	36,3	13/12/2004	33,5	28/12/2004	42,7	28/12/2004	42,8	04/02/2005	48,2	07/12/2006	62
17/02/2005	26,2	28/12/2004	37,9	04/02/2005	47,3	04/02/2005	47,3	17/02/2005	73	26/12/2006	43,6
26/02/2006	29,1	04/02/2005	46,2	17/02/2005	56,8	17/02/2005	66	07/12/2006	50,5	09/01/2007	61,5
04/10/2006	20,3	17/02/2005	42,5	26/02/2006	33,6	26/02/2006	34,81	09/01/2007	61,2	21/01/2007	44,4
16/12/2006	26,9	26/02/2006	31,3	18/12/2006	36,9	18/12/2006	37,4	21/01/2007	41,11	03/02/2007	49
09/01/2007	24	18/12/2006	33,21	09/01/2007	54,8	09/01/2007	56,3	03/02/2007	47,2	26/12/2008	49,01
21/01/2007	25,2	09/01/2007	39,3	21/01/2007	36,6	21/01/2007	40	30/12/2008	62,31	30/12/2008	66,6
03/02/2007	22,1	21/01/2007	32,4	03/02/2007	36	03/02/2007	38,61	25/01/2009	43,61	25/01/2009	44,2
26/03/2007	21,3	03/02/2007	31	30/12/2008	45,2	30/12/2008	53,9	31/03/2009	52,6	31/03/2009	55,5
30/12/2008	20,4	30/12/2008	34,81	25/01/2009	40,6	25/01/2009	42,3	16/03/2010	52,2	16/03/2010	58,6
25/01/2009	22,11	25/01/2009	35,2	31/03/2009	37,6	31/03/2009	43,5	31/03/2010	50,4	31/03/2010	55,2
24/04/2009	20,41	31/03/2009	30,21	16/03/2010	36,4	16/03/2010	40,5	01/11/2010	40,4	01/11/2010	47,8
01/10/2010	20,02	01/12/2010	49,3	01/12/2010	52,3	01/12/2010	55,3	01/12/2010	58	01/12/2010	58
26/11/2010	22,7	26/12/2010	30,22	28/12/2010	38,7	28/12/2010	45,8	28/12/2010	49,6	26/12/2010	43,61
01/12/2010	29,5	14/03/2011	28,3	15/01/2011	32	15/01/2011	35,5	15/01/2011	41,1	28/12/2010	52,5
26/12/2010	19,4	04/04/2011	29,22	14/03/2011	37	14/03/2011	40,1	14/03/2011	41,2	15/01/2011	47
03/12/2011	20,8	03/12/2011	31,7	04/04/2011	32,6	04/04/2011	35,41	03/12/2011	42,3	03/12/2011	43,71
26/12/2011	19,8	26/12/2011	30,3	03/12/2011	38,4	03/12/2011	40,3	26/12/2011	57	26/12/2011	64
28/12/2011	22,41	28/12/2011	31,5	26/12/2011	37,5	26/12/2011	43,3	28/03/2012	41,3	28/03/2012	45
20/11/2012	20,64	12/10/2012	28,6	12/10/2012	40,9	12/10/2012	47,6	12/10/2012	60,1	12/10/2012	68
09/12/2012	24,2	09/12/2012	40,5	09/12/2012	49	09/12/2012	56	09/12/2012	65,2	09/12/2012	68,1
19/01/2013	19,81	19/01/2013	33,1	19/01/2013	42,6	19/01/2013	45,4	19/01/2013	46,1	19/01/2013	46,2
27/02/2013	20,1	27/02/2013	33,9	27/02/2013	44,2	27/02/2013	50,3	27/02/2013	55,8	27/02/2013	59

Data	4 HORAS	Data	8 HORAS	Data	14 HORAS	Data	20 HORAS	Data	24 HORAS
08/04/1992	48,5	05/01/1991	63,8	05/01/1991	68	05/01/1991	101,7	04/01/1991	105,6
01/03/1993	59,3	09/04/1992	63,7	08/04/1992	103,6	22/03/1991	67,5	21/03/1991	86,3
31/03/1993	56,5	01/03/1993	63,71	01/03/1993	63,7	08/04/1992	125,2	08/04/1992	137,6
03/01/1994	47,3	31/03/1993	56,5	03/01/1994	62,7	05/11/1992	66,3	01/03/1993	70,2
28/02/1997	44,9	03/01/1994	56,3	05/03/1994	66	01/03/1993	65,8	02/01/1994	87,1
08/11/1997	49,1	21/11/1996	73	21/11/1996	105,7	03/01/1994	67,6	05/03/1994	77,4
28/11/1997	78,9	14/12/1996	58,8	14/12/1996	63,1	05/03/1994	74,2	21/11/1996	124,1
11/02/1998	46,8	02/01/1997	54,5	02/01/1997	69,2	21/11/1996	115,7	02/01/1997	109,71
22/03/1998	46,7	08/11/1997	49,31	28/11/1997	96,2	02/01/1997	88,81	28/11/1997	102,1
09/04/1998	63,5	28/11/1997	93,6	11/02/1998	72,2	28/11/1997	100,4	11/02/1998	82,1
30/03/1999	88,1	11/02/1998	57,6	09/04/1998	74	11/02/1998	82,1	09/04/1998	74
19/01/2000	46,5	09/04/1998	74	02/03/1999	69,3	09/04/1998	74	02/03/1999	80,8
05/03/2001	50,9	30/03/1999	94,9	30/03/1999	94,9	02/03/1999	79,6	29/03/1999	94,9
11/04/2001	47,7	19/01/2000	54,2	14/11/2000	61,5	30/03/1999	94,9	17/12/2000	76,5
25/12/2001	50,8	14/11/2000	51,5	17/12/2000	65,5	14/11/2000	66,4	01/01/2001	70,7
26/01/2002	47,9	05/03/2001	76,2	01/01/2001	63,2	17/12/2000	76,4	05/03/2001	76,3
21/03/2002	46,81	25/12/2001	57,61	05/03/2001	76,3	01/01/2001	68,4	15/11/2001	71,3
19/11/2004	45,6	25/01/2002	50,81	02/11/2003	64,71	05/03/2001	76,3	02/11/2003	76,8
04/02/2005	52,7	04/02/2005	54,7	17/02/2005	73,4	15/11/2001	70,7	17/02/2005	79,4
17/02/2005	73,4	17/02/2005	73,4	11/02/2006	63	17/02/2005	73,5	03/03/2005	78,8
07/12/2006	71,4	07/12/2006	83	30/11/2006	63,9	03/03/2005	67,1	25/11/2005	73,4
26/12/2006	48,1	26/12/2006	50,7	07/12/2006	83,2	11/02/2006	71,5	27/01/2006	83,8
09/01/2007	61,7	09/01/2007	117,2	09/01/2007	125	30/11/2006	73,4	11/02/2006	75,3
21/01/2007	46,4	21/01/2007	67,2	21/01/2007	67,5	07/12/2006	83,5	30/11/2006	73,41
03/02/2007	54,4	03/02/2007	71	03/02/2007	76,4	09/01/2007	125	07/12/2006	83,5
30/12/2008	83	17/11/2008	60,2	17/11/2008	60,9	21/01/2007	67,51	26/12/2006	71,8
31/03/2009	66,5	12/12/2008	52,5	15/12/2008	69,7	03/02/2007	76,5	09/01/2007	128,8
21/10/2009	45,9	30/12/2008	87,2	26/12/2008	77,1	15/12/2008	79	02/02/2007	76,81
16/03/2010	61,2	31/03/2009	69,5	30/12/2008	88	26/12/2008	79,1	15/12/2008	85,4
31/03/2010	56,3	16/03/2010	65,3	31/03/2009	69,9	30/12/2008	88	26/12/2008	79,41
26/10/2010	46,41	31/03/2010	56,6	16/03/2010	67,8	31/03/2009	79,11	30/12/2008	88
01/11/2010	54,6	01/11/2010	68,3	26/10/2010	66,01	16/03/2010	68,1	31/03/2009	80,2
01/12/2010	58,1	01/12/2010	58,7	01/11/2010	68,9	26/10/2010	66,2	01/11/2010	69,5
28/12/2010	54,3	28/12/2010	59,2	01/12/2010	73,41	01/11/2010	69,3	01/12/2010	73,42
15/01/2011	51,8	15/01/2011	65,7	28/12/2010	60,5	01/12/2010	73,41	27/12/2010	71,9
14/03/2011	45,5	26/12/2011	76,5	15/01/2011	66,3	15/01/2011	69,7	14/01/2011	73
26/12/2011	67	28/03/2012	52,8	26/12/2011	76,5	26/12/2011	82,8	26/12/2011	88,1
28/03/2012	48,2	12/10/2012	75,3	12/10/2012	75,3	01/01/2012	74,9	28/12/2011	86,7
12/10/2012	73,7	09/12/2012	72,9	09/12/2012	72,9	12/10/2012	75,3	01/01/2012	80,6
09/12/2012	70,5	19/01/2013	74,1	19/01/2013	75,1	09/12/2012	72,9	12/10/2012	75,31
19/01/2013	47,2	27/02/2013	61,9	27/02/2013	62,1	19/01/2013	75,1	09/12/2012	72,9
27/02/2013	61	18/03/2013	59,6	18/03/2013	61,8	27/02/2013	65,6	18/01/2013	75,2

ANEXO II

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (pd1/pd2)
Tempos de Retorno de 2 a 60 anos

	Relação 15 min/30 min	Relação 30 min/45 min	Relação 45 min/1h
Máxima	0,69	0,84	0,91
Mínima	0,67	0,81	0,91
Média	0,67	0,82	0,91
Mediana	0,67	0,82	0,91

	Relação 1h/2h	Relação 2h/3h	Relação 3h/4h	Relação 4h/8h	Relação 8h/14h	Relação 14h/20h	Relação 20h/24h
Máxima	0,86	0,95	0,95	0,85	0,98	0,93	0,96
Mínima	0,85	0,94	0,92	0,84	0,91	0,91	0,94
Média	0,85	0,95	0,93	0,84	0,96	0,92	0,95
Mediana	0,85	0,95	0,93	0,84	0,97	0,92	0,95

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/p1hora)
Tempos de Retorno de 2 a 60 anos

	Relação 15 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 45 min/1h
Máxima	0,53	0,77	0,91
Mínima	0,49	0,74	0,91
Média	0,50	0,74	0,91
Mediana	0,50	0,74	0,91

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/P24horas)
Tempos de Retorno de 2 a 60 anos

	Relação 1h/24h	Relação 2h/24h	Relação 3h/24h	Relação 4h/24h	Relação 8h/24h	Relação 14h/24h	Relação 20h/24h
Máxima	0,54	0,64	0,67	0,73	0,86	0,89	0,96
Mínima	0,52	0,60	0,64	0,68	0,80	0,87	0,94
Média	0,53	0,63	0,66	0,71	0,85	0,88	0,95
Mediana	0,54	0,63	0,66	0,72	0,85	0,88	0,95

ANEXO III

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

Máximos por ano hidrológico (01/Out a 31/Set)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1941	1942	03/12/1941	73,4
1942	1943	31/12/1942	82
1943	1944	18/01/1944	110,8
1944	1945	13/01/1945	52
1945	1946	22/12/1945	64
1946	1947	25/01/1947	65
1947	1948	27/12/1947	43
1949	1950	26/01/1950	89,2
1951	1952	28/02/1952	65,1
1952	1953	14/03/1953	137
1954	1955	15/03/1955	85
1955	1956	21/03/1956	59
1956	1957	27/11/1956	98,2
1958	1959	25/11/1958	66
1959	1960	02/09/1960	63
1960	1961	15/02/1961	68
1961	1962	31/12/1961	88
1962	1963	20/12/1962	85
1963	1964	13/12/1963	78
1964	1965	06/02/1965	84
1966	1967	27/01/1967	60
1967	1968	08/12/1967	67
1968	1969	09/12/1968	80,2
1970	1971	19/01/1971	43,2
1971	1972	27/03/1972	68
1972	1973	18/01/1973	50,8
1973	1974	14/10/1973	88
1974	1975	19/12/1974	52,4
1975	1976	12/11/1975	98,2
1976	1977	17/01/1977	56,1
1977	1978	23/12/1977	84,2
1982	1983	09/12/1982	75,6
1983	1984	31/03/1984	72,4
1984	1985	28/01/1985	68,4
1985	1986	14/02/1986	56,8
1986	1987	12/03/1987	56,4
1987	1988	14/12/1987	76,4
1990	1991	23/03/1991	82,2
1991	1992	17/11/1991	66,2
1994	1995	07/03/1995	52,6
1995	1996	01/01/1996	76,2
1996	1997	05/01/1997	110
1997	1998	17/10/1997	60,2
1998	1999	04/01/1999	97,2
1999	2000	07/11/1999	72,5
2000	2001	02/01/2001	68,6
2001	2002	02/02/2002	56,3

ANEXO II (continuação)

2002	2003	15/01/2003	84,3
2003	2004	05/03/2004	48,7
2004	2005	04/03/2005	82,6
2005	2006	07/03/2006	86,2
2006	2007	10/01/2007	74,6
2007	2008	13/12/2007	86,4
2008	2009	23/01/2009	126,4
2009	2010	05/03/2010	48,6
2010	2011	04/04/2011	98,8
2011	2012	07/12/2011	68,2
2012	2013	10/12/2012	93,2
2013	2014	02/12/2013	92,6

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 Relações Institucionais e Desenvolvimento

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 3775-5165

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

www.cprm.gov.br

