

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais
Município: Caeté
Estação Pluviográfica: Caeté
Código: 01943010

 **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 BELO HORIZONTE

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: Caeté/MG

Estação Pluviográfica: Caeté
Código: 01943010

Luana Kessia Lucas Alves Martins

Eber José de Andrade Pinto



BELO HORIZONTE

2018

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright © 2018 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte
Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte- MG – 30.140-002
Telefone: 0(xx)(31) 3878-0306
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

M386 Martins, Luana Kessia Lucas Alves

Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência; município: Caeté; Estação Pluviográfica: Caeté, Código 01943010. Luana Kessia Lucas Alves Martins; Eber José de Andrade Pinto – Belo Horizonte, MG: CPRM, 2018.
16 p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-463-5

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

Moreira Franco

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Félix Carvalho Bezerra

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lobo 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

João Batista de Vasconcelos Dias Júnios

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 Relações Institucionais e Desenvolvimento (Interino)

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Leandro Lima
Superintendente

Marlon Marques Coutinho
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcelo de Souza Marinho
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio Murilo Martino Pinho
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Aline Alves Ferreira
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
Jorge Pimentel

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 Faria – 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

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 Caeté/MG onde foram utilizados os registros contínuos da estação pluviográfica Caeté, código 01943010.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	06
ANEXO I	07
ANEXO II	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

Figura 03 – Curva de massa do evento chuvoso de 12 a 15/02/2018 em Caeté, MG

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 Caeté/MG.

O município de Caeté está localizado cerca de 35 km da cidade de Belo Horizonte, pertencendo a Região Metropolitana desta. O município possui uma área aproximada de 543 km² e população estimada de 44.377 habitantes (IBGE, 2018).

A estação Caeté, código 01943010, está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 19°51'08"S e Longitude 43°40'01"O, na altitude 950m; na sub-bacia 41 (bacia do rio das Velhas pertencente a bacia do rio São Francisco). A estação conta com um pluviógrafo IH (modelo 4) instalado em 1975 e um pluviômetro Ville de Paris instalado em 1941. A estação se encontra no terreno da Litoteca de Caeté pertencente a CPRM, que é responsável pela operação. Na elaboração da equação IDF foram utilizados os registros pluviográficos disponíveis entre os anos de 1989 e 2018, totalizando 29 anos hidrológicos para os quais foram levantados os máximos anuais por duração. Em complementação a série foram utilizados os máximos anuais por duração levantados por Pinheiro (1997) para estação de Caeté para o período de 1976 a 1986.

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

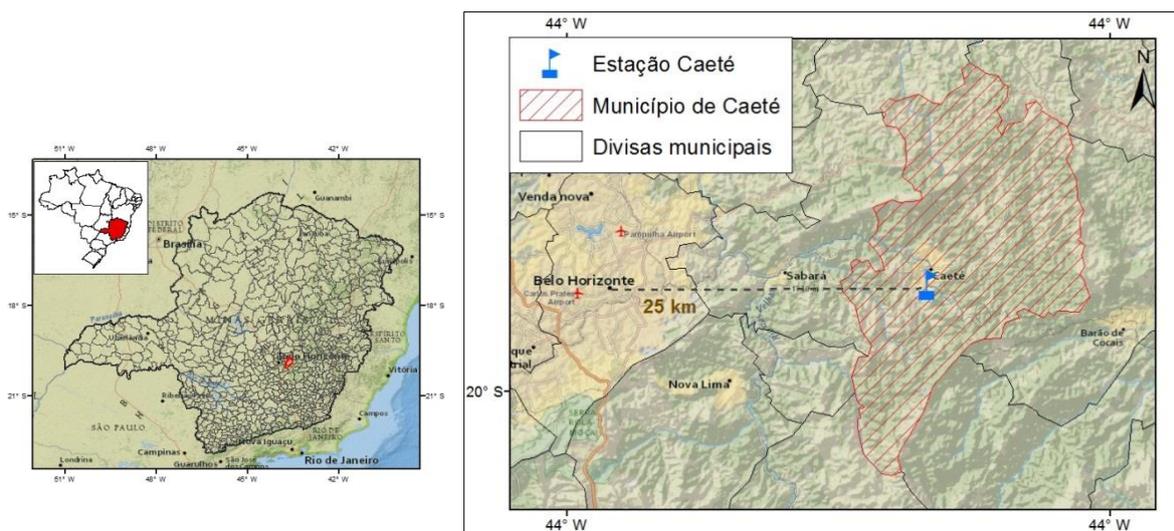


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

2 – EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação a partir dos dados pluviográficos está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Caeté, código 01943010, foram utilizadas as séries precipitações máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set) de diferentes durações, apresentadas no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada as séries de diferentes durações foi a distribuição Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L e apresentados no Anexo I. As relações entre precipitações de diferentes durações obtidas estão apresentadas no Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

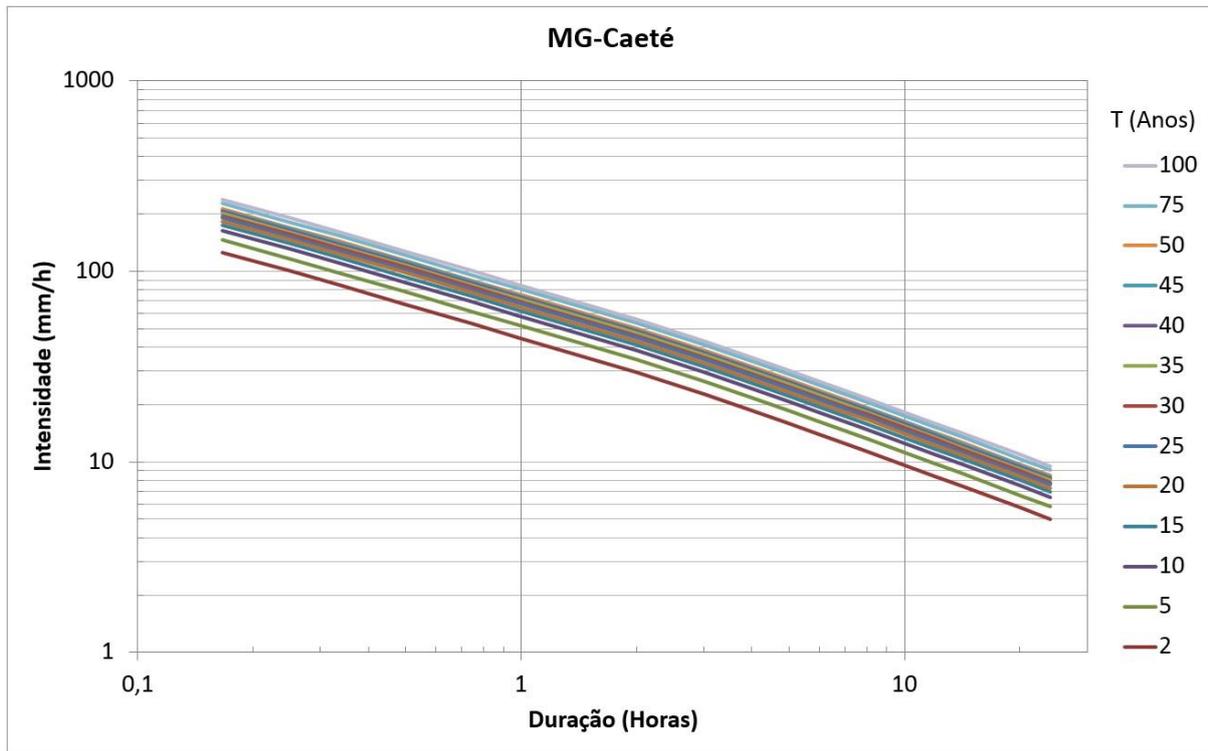


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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)

$a, b, c, e d$ são parâmetros da equação

No caso de Caeté os parâmetros das equações estão apresentados abaixo.

Para durações de 10 minutos a 1 hora:

$$a = 487,512; \quad b = 0,1636; \quad c = 1,14; \quad d = 0,6096$$

$$i = \frac{487,512T^{0,1636}}{(t+1,14)^{0,6096}} \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas:

$$a = 1226,76; b = 0,1640; c = 25,99; d = 0,7701$$

$$i = \frac{1226,76T^{0,1640}}{(t+25,99)^{0,7701}} \quad (03)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de 2 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	125,6	145,9	163,5	174,7	183,1	189,9	195,6	205,1	212,7	219,1	227,3	234,2	238,2
15 Minutos	100,2	116,4	130,4	139,3	146	151,5	156,1	163,6	169,7	174,8	181,3	186,8	190
20 Minutos	85	98,8	110,6	118,2	123,9	128,5	132,4	138,8	143,9	148,3	153,8	158,5	161,2
30 Minutos	67,1	78	87,3	93,3	97,8	101,5	104,5	109,6	113,7	117,1	121,5	125,1	127,3
45 Minutos	52,8	61,4	68,7	73,4	77	79,8	82,3	86,2	89,4	92,1	95,6	98,5	100,2
1 HORA	44,5	51,7	57,9	61,9	64,8	67,3	69,3	72,6	75,3	77,6	80,5	82,9	84,4
2 HORAS	29,6	34,4	38,5	41,2	43,1	44,7	46,1	48,3	50,1	51,6	53,6	55,2	56,1
3 HORAS	22,7	26,4	29,5	31,6	33,1	34,3	35,4	37,1	38,4	39,6	41,1	42,3	43,1
4 HORAS	18,6	21,7	24,3	25,9	27,2	28,2	29	30,4	31,6	32,5	33,7	34,8	35,4
5 HORAS	15,9	18,5	20,7	22,2	23,2	24,1	24,8	26	27	27,8	28,8	29,7	30,2
6 HORAS	14	16,3	18,2	19,5	20,4	21,2	21,8	22,9	23,7	24,4	25,3	26,1	26,5
7 HORAS	12,5	14,6	16,3	17,4	18,3	18,9	19,5	20,4	21,2	21,8	22,7	23,3	23,8
8 HORAS	11,4	13,2	14,8	15,8	16,6	17,2	17,7	18,6	19,2	19,8	20,6	21,2	21,6
12 HORAS	8,4	9,8	11	11,7	12,3	12,7	13,1	13,8	14,3	14,7	15,2	15,7	16
14 HORAS	7,5	8,7	9,8	10,4	11	11,4	11,7	12,3	12,7	13,1	13,6	14	14,2
20 HORAS	5,7	6,7	7,5	8	8,4	8,7	9	9,4	9,7	10	10,4	10,7	10,9
24 HORAS	5	5,8	6,5	7	7,3	7,6	7,8	8,2	8,5	8,7	9,1	9,3	9,5

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	20,9	24,3	27,2	29,1	30,5	31,6	32,6	34,2	35,4	36,5	37,9	39	39,7
15 Minutos	25,1	29,1	32,6	34,8	36,5	37,9	39	40,9	42,4	43,7	45,3	46,7	47,5
20 Minutos	28,3	32,9	36,9	39,4	41,3	42,8	44,1	46,3	48	49,4	51,3	52,8	53,7
30 Minutos	33,6	39	43,7	46,7	48,9	50,7	52,3	54,8	56,8	58,6	60,7	62,6	63,7
45 Minutos	39,6	46	51,5	55,1	57,7	59,9	61,7	64,7	67,1	69,1	71,7	73,8	75,1
1 HORA	44,5	51,7	57,9	61,9	64,8	67,3	69,3	72,6	75,3	77,6	80,5	82,9	84,4
2 HORAS	59,2	68,8	77	82,3	86,3	89,5	92,2	96,6	100,2	103,3	107,1	110,3	112,3
3 HORAS	68,1	79,1	88,6	94,7	99,3	103	106,1	111,2	115,3	118,8	123,2	127	129,2
4 HORAS	74,6	86,7	97,1	103,7	108,7	112,8	116,2	121,8	126,3	130,1	135	139	141,5
5 HORAS	79,7	92,6	103,7	110,8	116,2	120,5	124,2	130,1	135	139,1	144,2	148,6	151,2
6 HORAS	84	97,6	109,3	116,8	122,4	127	130,8	137,1	142,2	146,5	152	156,6	159,3
7 HORAS	87,7	101,9	114,1	121,9	127,8	132,5	136,5	143,1	148,4	152,9	158,6	163,4	166,3
8 HORAS	90,9	105,6	118,3	126,4	132,5	137,4	141,6	148,4	153,9	158,6	164,5	169,5	172,4
12 HORAS	101,1	117,5	131,6	140,6	147,4	152,9	157,5	165,1	171,2	176,4	183	188,5	191,8
14 HORAS	105,2	122,2	136,9	146,3	153,3	159	163,8	171,7	178,1	183,5	190,3	196,1	199,5
20 HORAS	115	133,6	149,6	159,9	167,6	173,8	179,1	187,7	194,7	200,6	208	214,3	218
24 HORAS	120,2	139,7	156,4	167,2	175,2	181,7	187,2	196,3	203,6	209,7	217,5	224,1	228

3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- a) No dia 14/02/1978 as instalações da CPRM em Caeté, na região central de Minas Gerais, foram inundadas pelas águas do cór. Caeté (Souza, 1978). Observando os pluviogramas apresentados em Souza (1978), verifica-se que entre os dias 12/02/1978 as 18:24 e 14/02/1978 as 23:40 foi registrada uma chuva acumulada de 287 mm. A Figura 03 apresenta a curva de massa do evento chuvoso mencionado. Observa-se na Figura 03 que os eventos máximos de chuva com 14 e 24 horas de duração iniciaram no dia 14/02/1978 a 00 hora. No evento de 24 horas verifica-se um período sem precipitação, o qual inicia dia 14/02/1978 as 14:41 e finaliza dia 14/02/1978 as 21:29 correspondendo a um período de 06 horas e 48 minutos. Neste caso foi adotado o Princípio das Durações Prolongadas de Sherman, onde chuvas em que a precipitação total apresenta valores significativos para períodos maiores que a duração real do evento, deve-se considerar como se tivesse continuado durante tempos maiores (Pfafstetter, 1957). Sabendo que a maior precipitação acumulada em 24 horas foi de 267 mm, calcule o tempo de retorno dessa precipitação.

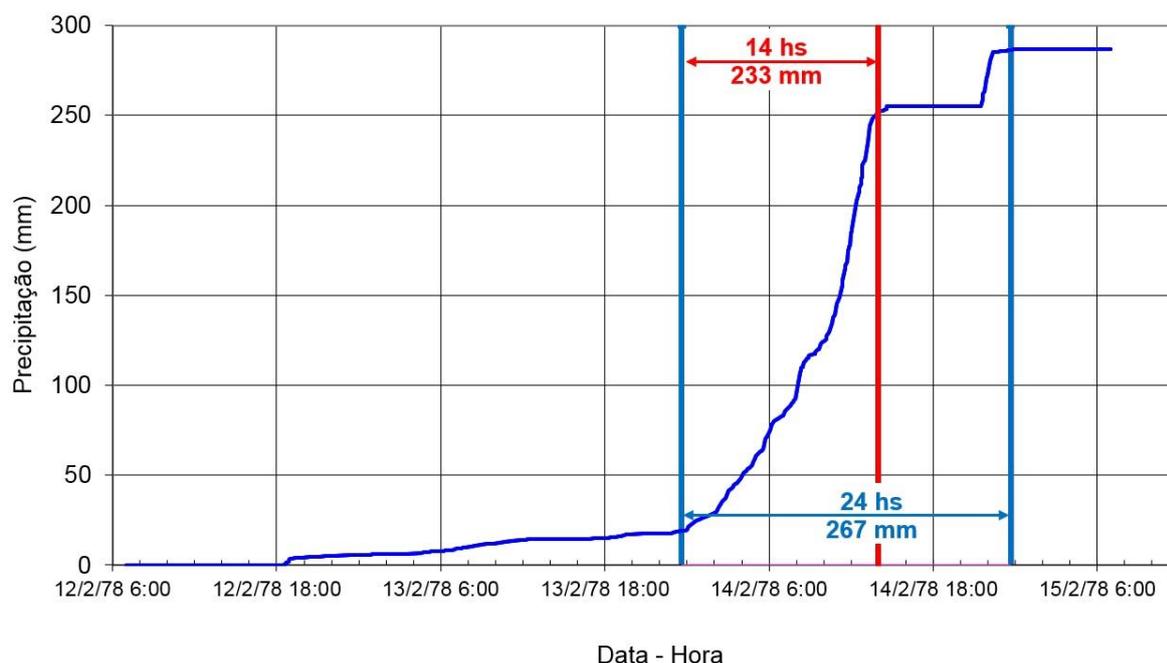


Figura 03 – Curva de massa do evento chuvoso de 12 a 15/02/2018 em Caeté, MG

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária à 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, 267 mm dividido por 24 h é igual a 11,13 mm/h. Mesmo extrapolando os limites de aplicação será utilizada a equação 03 para se avaliar a recorrência do evento. Substituindo os valores de intensidade e duração na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{11,13(1440 + 25,99)^{0,7701}}{1226,76} \right]^{1/0,1640} = 262,3 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 262,3 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 0,381%, ou:

$$P(i \geq 11,13 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{262,3} 100 = 0,381\%$$

- b) Durante esse evento chuvoso a maior precipitação acumulada em 14 horas foi de 233 mm. Qual seria o tempo de retorno dessa chuva de 14 horas de duração?

Resp.: A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 233 mm dividido por 14 h é igual a 16,6 mm/h. Mesmo extrapolando os limites de aplicação será utilizada a equação 03 para se avaliar a recorrência do evento. Substituindo os valores de intensidade e duração na equação 04 temos:

$$T = \left[\frac{16,63(1440 + 25,99)^{0,7701}}{1226,76} \right]^{1/0,1640} = 258,1 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 258,1 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 0,387 %, ou:

$$P(i \geq 16,6\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{258,1} 100 = 0,387\%$$

4 – REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas - ANA. Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH). *Base de dados*. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Último acesso em: 25 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. Cidades. Caeté. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/caete/panorama>>. Acesso em: 25 set.2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. CPRM. Belo Horizonte. 2007.

PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 2ª ed., 1982. 1ª ed. 1957.

PINHEIRO, M. M. G. Estudo de chuvas intensas na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH. M. Sc. Dissertação. EE/UFMG, p216, 1997

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. Belo Horizonte: CPRM, 2013.

SOUZA, C. R. O. *Enchente em Caeté*. Belo Horizonte: Relatório CPRM, mar, 1978.

ANEXO I

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

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

DADOS DE PINHEIRO (1997)

N	AI	AF	Durações										
			10min	15min	30min	45min	1 h	2 h	3 h	4 h	8 h	14 h	24 h
1	1976	1977	14,9	20,0	29,8	34,6	38,6	53,8	54,0	54,0	58,1	63,1	64,1
2	1977	1978	32,8	39,6	40,1	51,1	59,5	81,0	122,9	134,7	174,5	233*	267
3	1978	1979	23,2	26,0	32,6	34,4	36,0	46,8	49,3	50,5	72,1	86,8	114,0
4	1979	1980	21,4	27,4	46,2	55,0	60,9	68,3	71,5	77,7	85,1	85,1	85,2
5	1980	1981	19,2	26,4	31,6	38,4	42,4	52,0	58,5	68,0	73,0	72,9	94,8
6	1981	1982	23,3	33,3	42,1	46,0	56,0	80,0	89,4	98,4	117,6	129,8	129,8
7	1982	1983	19,3	20,9	36,0	55,6	61,6	74,8	74,9	74,9	88,2	88,2	89,8
8	1983	1984	25,0	25,6	30,0	30,2	30,7	37,3	46,8	51,3	56,7	85,8	86,4
9	1984	1985	15,0	18,1	22,8	31,6	33,1	33,1	39,4	47,9	70,9	79,0	109,2
10	1985	1986	27,0	29,0	40,1	43,8	45,0	51,2	52,8	52,8	71,2	73,6	73,7

*Pluviograma reinterpretado

DADOS LEVANTADOS NESTE RELATÓRIO

N	AI	AF	Durações										
			10 min	15min	30min	45min	1 h	2 h	3 h	4 h	8 h	14 h	24 h
11	1990	1991	15,0	18,1	25,4	29,9	34,3	39,3	44,8	50,0	79,8	101,0	120,0
12	1991	1992	14,4	21,7	36,0	44,8	45,6	64,5	67,9	70,7	89,8	101,5	115,3
13	1992	1993	15,8	21,5	33,0	41,8	45,2	55,0	57,0	57,1	90,1	114,0	132,7
14	1993	1994	13,4	16,1	29,7	39,7	42,7	48,7	52,4	61,1	65,5	66,0	86,7
15	1994	1995	18,0	22,4	29,9	31,2	37,1	42,7	45,0	46,9	67,7	83,4	101,8
16	1995	1996	21,4	26,0	39,1	51,1	65,6	86,7	93,3	96,0	107,2	164,9	195,9
17	1996	1997	17,9	20,0	33,1	39,0	39,5	49,5	51,2	51,7	52,7	69,0	107,4
18	1997	1998	19,3	20,3	25,4	29,8	31,2	36,5	39,2	41,4	43,7	56,1	73,0
19	1998	1999	19,3	21,5	30,2	47,8	53,0	85,9	88,7	90,1	99,0	100,4	103,2
20	1999	2000	19,9	26,0	37,1	37,8	39,4	59,8	78,1	86,2	109,1	131,2	147,2
21	2000	2001	14,7	20,3	28,8	35,2	38,5	43,0	45,4	54,0	94,7	100,0	133,1
22	2001	2002	16,6	20,0	28,7	31,4	40,4	54,9	57,7	59,7	63,5	67,2	88,9
23	2002	2003	30,7	40,8	56,4	63,3	67,7	71,1	78,6	102,8	139,5	150,6	159,1
24	2003	2004	25,6	33,4	46,3	59,6	71,8	94,1	113,1	131,2	131,6	138,8	139,0
25	2004	2005	18,3	23,6	33,6	41,0	43,2	46,4	49,0	53,2	71,1	72,5	94,7
26	2009	2010	23,9	32,4	51,7	57,0	59,8	63,5	67,1	69,2	69,6	75,5	94,6
27	2010	2011	31,3	39,3	40,0	40,1	40,1	41,2	44,2	44,9	63,2	90,1	94,0
28	2011	2012	14,3	21,3	35,5	42,9	47,2	52,8	56,0	56,8	59,2	83,0	110,3
29	2012	2013	12,8	15,8	23,2	32,5	32,9	35,5	41,2	46,3	52,4	56,5	70,2
30	2013	2014	17,1	24,5	31,8	34,0	34,6	43,5	52,8	61,0	73,9	83,4	91,5
31	2014	2015	18,2	25,5	35,0	39,8	42,1	44,5	45,1	50,2	73,7	93,4	112,0
32	2015	2016	11,6	15,8	25,5	32,5	38,2	49,5	50,1	51,0	51,6	61,2	95,6
33	2016	2017	15,1	20,3	29,1	30,5	30,9	45,7	63,9	70,1	80,9	99,7	110,8

Estatísticas das Séries

Duração	Média mm	Desvio Padrão mm	Máximo mm	Mínimo mm	Amplitude mm	Assimetria	Mediana mm	1º Quartil mm	3º Quartil mm	AIQ mm
10 MIN	19,6	5,5	32,8	11,6	21,2	0,885	18,3	15,01	23,2	8,19
15 MIN	24,6	6,7	40,8	15,8	25	1,027	22,4	20,3	26,4	6,1
30 MIN	34,4	7,8	56,4	22,8	33,6	0,966	33	29,7	39,1	9,4
45 MIN	41	9,5	63,3	29,8	33,5	0,761	39,7	32,51	46	13,49
1 Hora	45	11,6	71,8	30,7	41,1	0,843	42,1	37,1	53	15,9
2 Horas	55,5	16,4	94,1	33,1	61	0,833	51,2	43,5	64,5	21
3 Horas	61,9	20,8	122,9	39,2	83,7	1,399	54	46,8	71,5	24,7
4 Horas	67	23,7	134,7	41,4	93,3	1,524	57,1	51	74,9	23,9
8 Horas	81,7	28,2	174,5	43,7	130,8	1,495	73	63,5	90,1	26,6
14 Horas	95,7	36,3	233	56,1	176,9	2,038	85,8	72,9	101	28,1
24 Horas	111,8	39	267	64,1	202,9	2,307	103,2	89,8	120	30,2

Momentos-L e Razões-L

Duração	l_1	l_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
10 MIN	19,568	3,055	0,1561	0,2100	0,1202
15 MIN	24,637	3,676	0,1492	0,2389	0,1555
30 MIN	34,419	4,341	0,1261	0,1912	0,1696
45 MIN	41,013	5,378	0,1311	0,2060	0,0586
1 Hora	44,994	6,466	0,1437	0,2300	0,0915
2 Horas	55,534	9,202	0,1657	0,2209	0,1023
3 Horas	61,858	11,015	0,1781	0,3253	0,1595
4 Horas	67,025	12,287	0,1833	0,3679	0,1700
8 Horas	81,724	14,907	0,1824	0,2841	0,2149
14 Horas	95,658	18,201	0,1903	0,3380	0,2575
24 Horas	111,848	19,013	0,1700	0,3247	0,2992

Função Acumulada de Probabilidade de Gumbel para Máximos
 (β e α são parâmetros da distribuição de Gumbel e T é o tempo de retorno em anos)

$$F_x(x) = 1 - \frac{1}{T} = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \text{ para } -\infty < x < \infty, -\infty < \beta < \infty, \alpha > 0$$

Inversa da distribuição de Gumbel: $x(T) = \beta - \alpha \left\{ \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\}$

Parâmetros da Distribuição de Gumbel

Fonte: Naghettini e Pinto, Hidrologia Estatística, 2007, pág. 234

$$\alpha = \frac{l_2}{\ln(2)} \quad \beta = l_1 - 0,5772 \cdot \alpha$$

Duração	Distribuição	Posição (β)	Escala (α)
10 MIN	Gumbel (β, α)	17,024	4,407
15 MIN	Gumbel (β, α)	21,576	5,304
30 MIN	Gumbel (β, α)	30,804	6,263
45 MIN	Gumbel (β, α)	36,534	7,759
1 Hora	Gumbel (β, α)	39,610	9,328
2 Horas	Gumbel (β, α)	47,871	13,276
3 Horas	Gumbel (β, α)	52,685	15,891
4 Horas	Gumbel (β, α)	56,793	17,727
8 Horas	Gumbel (β, α)	69,311	21,506
14 Horas	Gumbel (β, α)	80,502	26,258
24 Horas	Gumbel (β, α)	96,016	27,431

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das análises de frequência para definição das relações IDF estabelecidas o município de Caeté /MG.

Relação 24h/1dia obtida: 1,14

T (Anos)	Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h	Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1 h	Relação 10 min/1 h
2	0,848	0,727	0,598	0,554	0,5	0,407	0,92	0,77	0,55	0,43
5	0,88	0,743	0,608	0,559	0,496	0,392	0,90	0,75	0,55	0,44
10	0,884	0,742	0,611	0,559	0,491	0,383	0,89	0,74	0,55	0,45
15	0,887	0,746	0,61	0,558	0,489	0,379	0,89	0,74	0,55	0,45
20	0,891	0,748	0,617	0,563	0,492	0,379	0,89	0,73	0,55	0,45
25	0,886	0,749	0,615	0,56	0,489	0,376	0,89	0,73	0,56	0,45
30	0,893	0,751	0,616	0,562	0,489	0,376	0,88	0,73	0,56	0,45
35	0,904	0,758	0,623	0,567	0,494	0,378	0,88	0,73	0,56	0,45
40	0,896	0,752	0,62	0,564	0,491	0,376	0,88	0,73	0,56	0,45
45	0,907	0,759	0,622	0,568	0,493	0,377	0,88	0,73	0,56	0,45
50	0,899	0,753	0,618	0,562	0,488	0,373	0,88	0,73	0,56	0,45
55	0,895	0,752	0,618	0,563	0,489	0,373	0,88	0,73	0,56	0,45
60	0,898	0,751	0,619	0,563	0,489	0,372	0,88	0,73	0,56	0,45
65	0,902	0,754	0,619	0,563	0,489	0,372	0,88	0,73	0,56	0,45
70	0,908	0,761	0,625	0,568	0,493	0,375	0,88	0,73	0,56	0,45
75	0,904	0,76	0,624	0,567	0,493	0,374	0,88	0,72	0,56	0,45
80	0,907	0,756	0,622	0,565	0,491	0,372	0,88	0,72	0,56	0,45
85	0,904	0,755	0,621	0,565	0,489	0,371	0,88	0,72	0,56	0,45
90	0,91	0,758	0,625	0,569	0,493	0,373	0,88	0,72	0,56	0,45
95	0,907	0,757	0,623	0,567	0,49	0,371	0,88	0,72	0,56	0,45
100	0,903	0,753	0,62	0,563	0,488	0,37	0,88	0,72	0,56	0,45

	Relação 14h/24h	Relação 8/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h	Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1 h	Relação 10 min/1 h
Mínimo	0,85	0,73	0,6	0,55	0,49	0,37	0,88	0,72	0,55	0,43
Média	0,9	0,75	0,62	0,56	0,49	0,38	0,88	0,73	0,56	0,45
Mediana	0,9	0,75	0,62	0,56	0,49	0,38	0,88	0,73	0,56	0,45
Máximo	0,91	0,76	0,63	0,57	0,5	0,41	0,92	0,77	0,56	0,45

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

ISBN 978-85-7499-463-5



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 Belo Horizonte

Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários
Belo Horizonte- MG - CEP: 30140-002
Tel.: 31 3878-0306 - Fax: 31 3878-0383

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