

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Minas Gerais
Município: Itapecerica
Estação Pluviométrica: Lamounier
Código: 02045005

 **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
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Município: Itapecerica/MG

Estação Pluviométrica: Lamounier
Código: 02045005

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

P659 Pinto, Eber José de Andrade
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-
Frequência; município: Itapeçerica; Estação Pluviométrica:
Lamounier, Código 02045005 / Eber José de Andrade Pinto. – Belo
Horizonte: CPRM, 2018.
12 p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-494-9

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF. I. 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

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

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
Maria Adelaide Mansini Maia

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 estudo apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Itapecerica/MG onde foram utilizados os dados diários da estação pluviométrica Lamounier, código 02045005.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	04
ANEXO I	05
ANEXO II	06

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Itapeçerica - MG.

O município de Itapeçerica está localizado cerca de 180 km da cidade de Belo Horizonte, pertencendo a Região Oeste de Minas. O município possui uma área aproximada de 1.040,519 km² e população estimada de 21.763 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

A estação Lamounier, código 02045005, está localizada no município de Itapeçerica, na Latitude 20°28'19"S e Longitude 45°02'02"O, na altitude 738m; na sub-bacia 40 (bacia do alto rio São Francisco a montada UHE de três Marias). A estação conta um pluviômetro Ville de Paris instalado em 28 de maio de 1941.

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

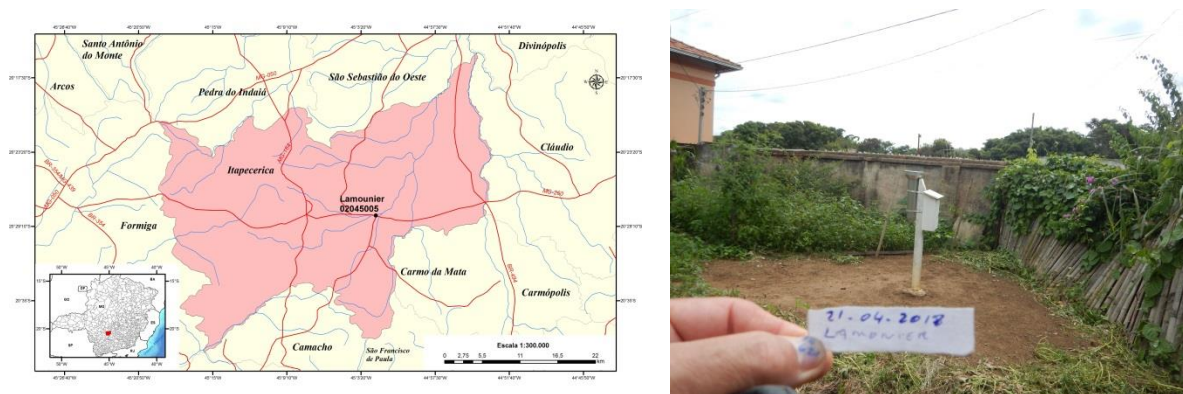


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

2 – EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Lamounier, código 02045005, foi utilizada a série precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set), apresentadas no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a de Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L e também apresentados no Anexo I. As relações de desagregação de precipitações diárias empregadas estão apresentadas no Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

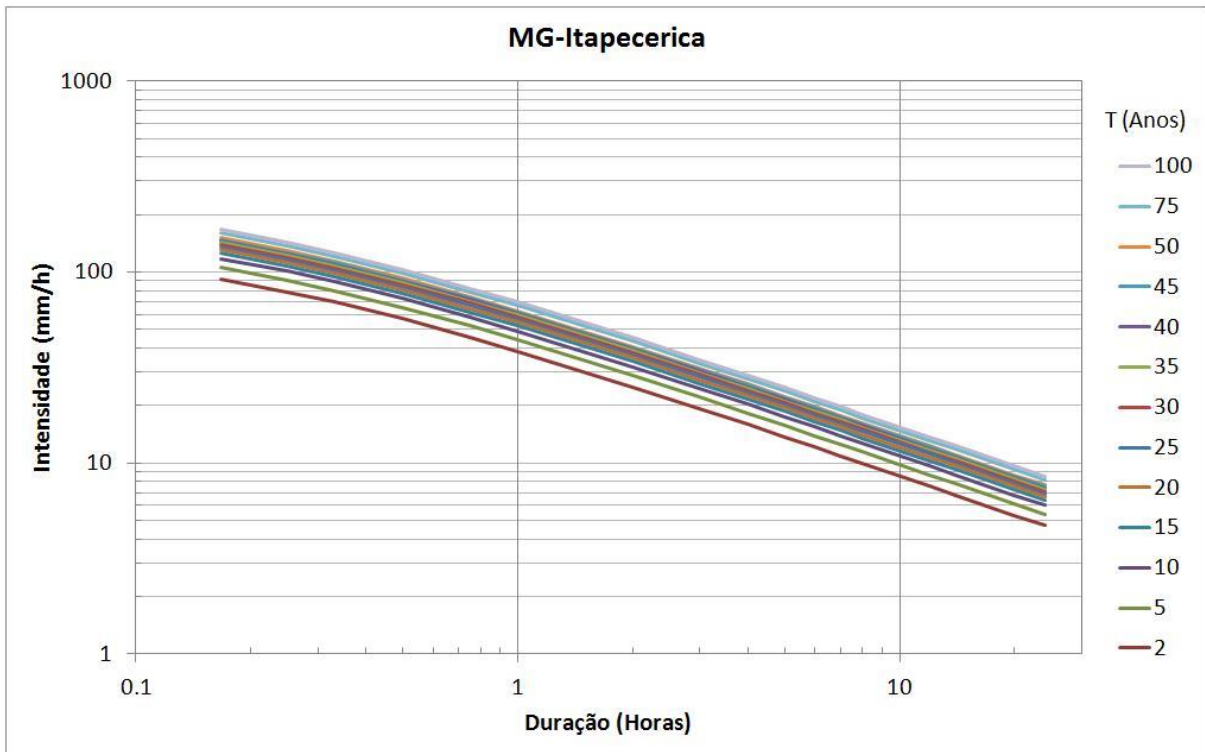


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

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 Itapecerica, para durações de 10 minutos a 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 654,72; b = 0,1517; c = 9,66 \text{ e } d = 0,6925$$

$$i = \frac{654,72T^{0,1517}}{(t+9,66)^{0,6925}} \quad (02)$$

A equação acima é válida 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	92,5	106,3	118	125,5	131,1	135,6	139,4	145,7	150,7	154,9	160,2	164,7	167,4
15 Minutos	79	90,8	100,9	107,3	112,1	115,9	119,2	124,5	128,8	132,4	137	140,8	143,1
20 Minutos	69,5	79,9	88,8	94,4	98,6	102	104,9	109,6	113,3	116,5	120,5	123,9	125,9
30 Minutos	56,9	65,4	72,6	77,2	80,7	83,4	85,8	89,6	92,7	95,3	98,6	101,3	103
45 Minutos	45,5	52,3	58,1	61,8	64,6	66,8	68,7	71,7	74,2	76,3	78,9	81,1	82,5
1 HORA	38,5	44,2	49,1	52,3	54,6	56,5	58,1	60,7	62,7	64,5	66,7	68,6	69,7
2 HORAS	25	28,8	32	34	35,5	36,7	37,8	39,4	40,8	42	43,4	44,6	45,3
3 HORAS	19,2	22,1	24,6	26,1	27,3	28,2	29	30,3	31,4	32,2	33,3	34,3	34,8
4 HORAS	15,9	18,3	20,3	21,6	22,6	23,3	24	25,1	25,9	26,6	27,6	28,3	28,8
5 HORAS	13,7	15,7	17,5	18,6	19,4	20,1	20,7	21,6	22,3	23,0	23,7	24,4	24,8
6 HORAS	12,1	13,9	15,5	16,5	17,2	17,8	18,3	19,1	19,8	20,3	21,0	21,6	21,9
7 HORAS	10,9	12,6	13,9	14,8	15,5	16	16,5	17,2	17,8	18,3	18,9	19,5	19,8
8 HORAS	10,0	11,5	12,7	13,5	14,1	14,6	15	15,7	16,3	16,7	17,3	17,8	18,1
12 HORAS	7,6	8,7	9,7	10,3	10,7	11,1	11,4	11,9	12,3	12,7	13,1	13,5	13,7
14 HORAS	6,8	7,8	8,7	9,2	9,7	10	10,3	10,7	11,1	11,4	11,8	12,1	12,3
20 HORAS	5,3	6,1	6,8	7,2	7,6	7,8	8	8,4	8,7	8,9	9,2	9,5	9,7
24 HORAS	4,7	5,4	6	6,4	6,7	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4	8,5

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	15,4	17,7	19,7	20,9	21,9	22,6	23,2	24,3	25,1	25,8	26,7	27,5	27,9
15 Minutos	19,8	22,7	25,2	26,8	28	29,0	29,8	31,1	32,2	33,1	34,2	35,2	35,8
20 Minutos	23,2	26,6	29,6	31,5	32,9	34,0	35	36,5	37,8	38,8	40,2	41,3	42,0
30 Minutos	28,4	32,7	36,3	38,6	40,3	41,7	42,9	44,8	46,3	47,6	49,3	50,7	51,5
45 Minutos	34,2	39,2	43,6	46,4	48,4	50,1	51,5	53,8	55,7	57,2	59,2	60,9	61,8
1 HORA	38,5	44,2	49,1	52,3	54,6	56,5	58,1	60,7	62,7	64,5	66,7	68,6	69,7
2 HORAS	50,1	57,5	63,9	68,0	71,0	73,5	75,5	78,9	81,6	83,9	86,8	89,2	90,7
3 HORAS	57,7	66,3	73,7	78,4	81,9	84,7	87,1	90,9	94,1	96,7	100,0	102,8	104,5
4 HORAS	63,6	73,1	81,2	86,4	90,2	93,3	96,0	100,2	103,7	106,6	110,3	113,4	115,2
5 HORAS	68,5	78,7	87,5	93,0	97,2	100,5	103,3	107,9	111,7	114,8	118,7	122,1	124
6 HORAS	72,7	83,6	92,8	98,7	103,1	106,7	109,7	114,6	118,5	121,8	126	129,6	131,7
7 HORAS	76,4	87,9	97,6	103,8	108,4	112,2	115,3	120,4	124,6	128,1	132,5	136,2	138,4
8 HORAS	79,8	91,7	101,9	108,3	113,2	117,1	120,4	125,7	130,1	133,7	138,3	142,2	144,5
12 HORAS	90,8	104,4	115,9	123,3	128,8	133,2	137	143,1	148	152,2	157,4	161,8	164,4
14 HORAS	95,4	109,6	121,7	129,5	135,2	139,9	143,8	150,2	155,4	159,8	165,3	169,9	172,6
20 HORAS	106,7	122,6	136,2	144,8	151,3	156,5	160,9	168	173,8	178,7	184,9	190,0	193,1
24 HORAS	112,9	129,8	144,1	153,3	160,1	165,6	170,3	177,9	184,0	189,2	195,7	201,2	204,4

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Itapecerica, foi registrada uma Chuva de 50 mm com duração de 30 minutos. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 02. 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, 50 mm dividido por 30 minutos é igual a 100 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{100(30+9,66)^{0,6925}}{654,72} \right]^{1/0,1517} = 82,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 82,7 anos corresponde a uma probabilidade de 1,21% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 100 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{82,7} 100 = 0,0121 = 1,21\%$$

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/>. Acesso em: 25 set. 2018.

FREITAS, A. J. et al. *Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: COPASA; UFV, 2001. 65 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Cidades: Itapecerica-MG*. Brasília, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itapecerica/panorama>. Acesso em: 25 set.2018.

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

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

ANEXO I

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

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

N	AI	AF	Pdmah (mm)	N	AI	AF	Pdmah (mm)	N	AI	AF	Pdmah (mm)	N	AI	AF	Pdmah (mm)
1	1941	1942	62,2	17	1957	1958	93,6	33	1973	1974	57	49	1990	1991	57,1
2	1942	1943	116,4	18	1958	1959	70,2	34	1974	1975	67	50	1991	1992	117,4
3	1943	1944	79,2	19	1959	1960	68,4	35	1975	1976	82,6	51	1992	1993	98,4
4	1944	1945	78,2	20	1960	1961	83,2	36	1976	1977	94,6	52	1993	1994	116
5	1945	1946	64,8	21	1961	1962	82,6	37	1977	1978	76,2	53	1994	1995	70
6	1946	1947	75,2	22	1962	1963	68,6	38	1978	1979	104	54	1995	1996	63,8
7	1947	1948	74,8	23	1963	1964	125,2	39	1979	1980	86,2	55	1996	1997	96,4
8	1948	1949	166,8	24	1964	1965	98	40	1981	1982	117,4	56	1997	1998	65,1
9	1949	1950	109,2	25	1965	1966	116,2	41	1982	1983	139	57	1998	1999	127,6
10	1950	1951	125	26	1966	1967	58,2	42	1983	1984	83,4	58	1999	2000	76,2
11	1951	1952	68,6	27	1967	1968	97,2	43	1984	1985	116,8	59	2000	2001	57,2
12	1952	1953	78,6	28	1968	1969	155	44	1985	1986	53,8	60	2001	2002	58
13	1953	1954	93	29	1969	1970	100,2	45	1986	1987	81,6	61	2002	2003	93
14	1954	1955	58,2	30	1970	1971	56	46	1987	1988	92,4	62	2003	2004	66
15	1955	1956	170	31	1971	1972	74,2	47	1988	1989	60,6	63	2004	2005	110
16	1956	1957	80,2	32	1972	1973	112,2	48	1989	1990	115				

Estadísticas da Série

Média mm	Desvio-Padrão mm	Máximo mm	Mínimo mm	Amplitude mm	Assimetria	Mediana mm	1º Quartil mm	3º Quartil mm	AIQ mm
89,8	27,5	170,0	53,8	116,2	1,0	82,61	68,5	109,6	41,1

Momentos-L e Razões-L

l_1	l_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
89,8295	15,2280	0,1695	0,1955	0,0931

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)

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

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

Parâmetros da Distribuição de Gumbel

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

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

Distribuição	Posição (β)	Escala (α)
Gumbel (β, α)	77,15	21,969

ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por COPASA/UFV (Freitas *et al.*, 2001) para o município de Carmo da Mata.

Relação 24h/1dia: 1,14

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,84	0,70	0,56	0,51	0,44

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,89	0,74	0,51	0,40

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 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