

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Pará

Município: Barcarena

Estação Pluviométrica: Vila do Conde

Código ANA: 00148011

 **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 BELÉM

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

RELATÓRIO
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Município: Barcarena/PA

Estação Pluviométrica: Vila do Conde
Código: 00148011

Catharina dos Prazeres Campos de Farias

Adriana Burin Weschenfelder

Karine Pickbrenner

Eber José de Andrade Pinto



BELÉM

2018

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE
ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Belém

Copyright © 2018 CPRM - Superintendência Regional de Belém
Avenida Dr. Freitas, 3645 - Bairro do Marco
Belém - PA – 66095-110
Telefone: 0(xx)(91) 3182-1300
Fax: 0(xx)(91) 3182-1349
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

F224 Farias, Catharina dos Prazeres Campos de
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-
Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias); município:
Barcarena; Estação Pluviométrica: Vila do Conde, Código 00148011 /
Catharina dos Prazeres Campos de Farias; Adriana Burin
Weschenfelder; Karine Pickbrenner; Eber José de Andrade Pinto –
Belém, PA: CPRM, 2018.
16 p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade

ISBN 978-85-7499-383-6

1. Hidrologia. 2. Pluviometria - Brasil. 3. Equações IDF I.
Weschenfelder, Adriana Burin. II. Pickbrenner, Karine. III. Pinto, Eber
José de Andrade. IV. 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

Wellington Moreira Franco

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Félix

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo 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

Paulo Cesar Abrão

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 Carvalho

Diretor de Administração e Finanças (Interino)

Juliano de Souza Oliveira

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Jânio Souza Nascimento
Superintendente

Homero Reis de Melo Junior
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Cesar Lisboa Chaves
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Cristiane Silva de Sousa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Sônia Cristina dos Santos Cavalcante
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

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/SP

Catharina dos Prazeres Campos de Farias– Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do 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 apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Barcarena/PA onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Vila do Conde, código 00148011.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – EQUAÇÃO	01
3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO	04
4 – REFERÊNCIAS	07
ANEXO I	09
ANEXO II	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

Figura 03 – Boletim de chuvas diárias de fev/2018 de Vila do Conde, Código ANA
00148011

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Tabela 03 – Dados diários de chuva nas estações Vila do Conde e Belém

1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Barcarena/PA.

O município de Barcarena está localizado a 15 km da capital do estado do Pará, mesorregião metropolitana de Belém e faz fronteira com os municípios de Abaetetuba, Acará, Belém, Moju e Ponta de Pedras. O município possui uma área aproximada de 1310 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, 2010) e localiza-se a uma altitude de 15 metros em sua sede. A população de Barcarena, segundo IBGE (2010), é de 99.859 habitantes.

A estação Vila do Conde, código 00148011, está localizada na Latitude 01°33'56"S e Longitude 48°46'01"O; na sub-bacia 31, sub-bacia dos rios Meruú, Acará, Guamá e outros. A estação pluviométrica localiza-se no município de Barcarena, a 17,8 km da sede. Esta estação encontra-se em operação desde 1980 e o período utilizado na elaboração da IDF foi de 1980 a 2017. Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos dados diários de precipitação coletados em um pluviômetro padrão DNAEE operado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

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

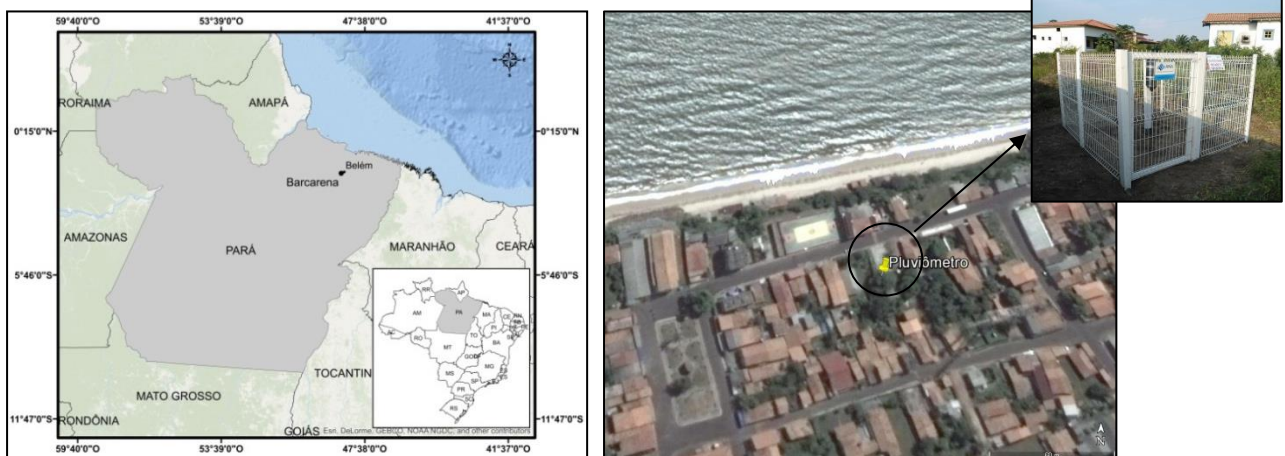


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica

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 Vila do Conde, código 00148011, 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 Pfafstetter (1982), para o município de Belém. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

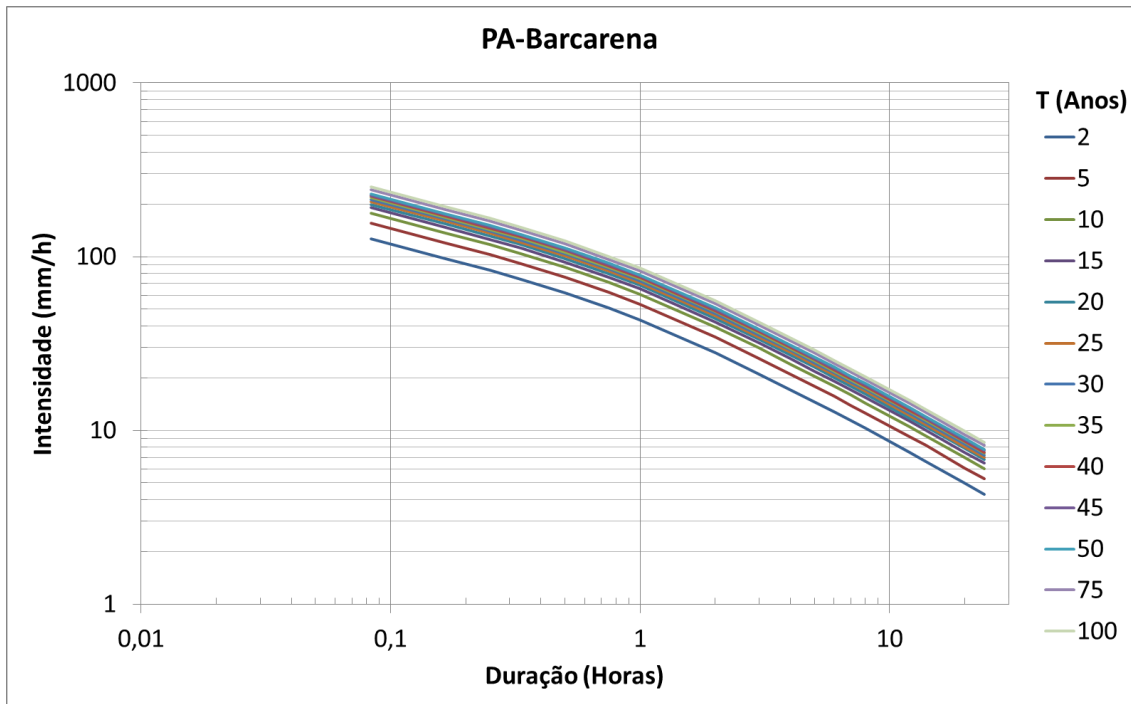


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (horas)

a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

No caso de Barcarena, para durações de 5 minutos a 1 hora, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 5,9335; b = 19,4449; c = 9,7452; d = 31,8889 \text{ e } \delta = 13,2$$

$$i = \{[(5,9335 \ln(T) + 19,4449) \cdot \ln(t + (13,2/60))] + 9,7452 \ln(T) + 31,8889\} / t \quad (02)$$

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas, os parâmetros da equação são os seguintes:

$$a = 4,8667; b = 15,9513; c = 10,4873; d = 34,3586 \text{ e } \delta = 6,2$$

$$i = \{[(4,8667 \ln(T) + 15,9513) \cdot \ln(t + (6,2/60))] + 10,4873 \ln(T) + 34,3586\} / t \quad (03)$$

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	126,5	155,8	178,0	191,0	200,2	207,3	213,2	222,4	229,5	235,3	242,5	248,3	251,7
10 Minutos	97,6	120,1	137,2	147,2	154,3	159,8	164,3	171,4	176,9	181,4	186,9	191,4	194,0
15 Minutos	83,4	102,7	117,3	125,9	131,9	136,6	140,5	146,5	151,2	155,1	159,8	163,6	165,8
20 Minutos	74,1	91,2	104,2	111,8	117,2	121,3	124,8	130,1	134,3	137,7	141,9	145,3	147,3
30 Minutos	61,8	76,1	86,9	93,2	97,7	101,2	104,0	108,5	112,0	114,8	118,3	121,2	122,8
45 Minutos	50,6	62,3	71,1	76,3	79,9	82,8	85,1	88,8	91,6	93,9	96,8	99,1	100,5
1 HORA	43,3	53,3	60,9	65,3	68,5	70,9	72,9	76,1	78,5	80,5	82,9	84,9	86,1
2 HORAS	28,0	34,5	39,3	42,2	44,2	45,8	47,1	49,1	50,7	52,0	53,6	54,8	55,6
3 HORAS	21,2	26,1	29,8	31,9	33,5	34,6	35,6	37,1	38,3	39,3	40,5	41,5	42,0
4 HORAS	17,2	21,2	24,2	26,0	27,2	28,2	29,0	30,2	31,2	32,0	33,0	33,7	34,2
5 HORAS	14,6	18,0	20,6	22,0	23,1	23,9	24,6	25,7	26,5	27,2	28,0	28,6	29,0
6 HORAS	12,8	15,7	17,9	19,2	20,2	20,9	21,5	22,4	23,1	23,7	24,4	25,0	25,3
7 HORAS	11,4	14,0	16,0	17,1	17,9	18,6	19,1	19,9	20,6	21,1	21,7	22,3	22,6
8 HORAS	10,3	12,6	14,4	15,5	16,2	16,8	17,3	18,0	18,6	19,0	19,6	20,1	20,4
12 HORAS	7,5	9,2	10,5	11,3	11,8	12,2	12,6	13,1	13,6	13,9	14,3	14,7	14,9
14 HORAS	6,6	8,2	9,3	10,0	10,5	10,8	11,1	11,6	12,0	12,3	12,7	13,0	13,2
20 HORAS	5,0	6,1	7,0	7,5	7,9	8,1	8,4	8,7	9,0	9,2	9,5	9,8	9,9
24 HORAS	4,3	5,3	6,0	6,5	6,8	7,0	7,2	7,5	7,8	8,0	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
5 Minutos	10,5	13,0	14,8	15,9	16,7	17,3	17,8	18,5	19,1	19,6	20,2	20,7	21,0
10 Minutos	16,3	20,0	22,9	24,5	25,7	26,6	27,4	28,6	29,5	30,2	31,1	31,9	32,3
15 Minutos	20,9	25,7	29,3	31,5	33,0	34,2	35,1	36,6	37,8	38,8	39,9	40,9	41,5
20 Minutos	24,7	30,4	34,7	37,3	39,1	40,4	41,6	43,4	44,8	45,9	47,3	48,4	49,1
30 Minutos	30,9	38,0	43,5	46,6	48,9	50,6	52,0	54,3	56,0	57,4	59,2	60,6	61,4
45 Minutos	37,9	46,7	53,3	57,2	59,9	62,1	63,8	66,6	68,7	70,5	72,6	74,3	75,3
1 HORA	43,3	53,3	60,9	65,3	68,5	70,9	72,9	76,1	78,5	80,5	82,9	84,9	86,1
2 HORAS	56,0	68,9	78,7	84,4	88,5	91,6	94,2	98,3	101,4	104,0	107,1	109,7	111,2
3 HORAS	63,5	78,2	89,3	95,7	100,4	103,9	106,8	111,4	115,0	117,9	121,5	124,4	126,1
4 HORAS	68,9	84,8	96,8	103,9	108,9	112,8	115,9	120,9	124,8	127,9	131,8	135,0	136,8
5 HORAS	73,1	90,0	102,8	110,2	115,5	119,6	123,0	128,3	132,4	135,8	139,9	143,2	145,2
6 HORAS	76,6	94,3	107,6	115,5	121,0	125,3	128,8	134,4	138,7	142,2	146,5	150,0	152,0
7 HORAS	79,5	97,9	111,8	119,9	125,6	130,1	133,8	139,5	144,0	147,6	152,1	155,8	157,9
8 HORAS	82,1	101,0	115,3	123,7	129,7	134,3	138,0	144,0	148,6	152,4	157,0	160,7	162,9
12 HORAS	89,8	110,5	126,2	135,4	141,9	147,0	151,1	157,6	162,6	166,8	171,8	175,9	178,3
14 HORAS	92,8	114,2	130,4	139,9	146,6	151,8	156,0	162,8	168,0	172,2	177,5	181,7	184,2
20 HORAS	99,6	122,6	140,0	150,2	157,4	163,0	167,6	174,8	180,4	185,0	190,6	195,1	197,8
24 HORAS	103,1	126,9	144,9	155,5	162,9	168,7	173,5	180,9	186,7	191,5	197,3	202,0	204,7

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

No dia 18/02/18, na estação pluviométrica Vila do Conde, código ANA 00148011, em Barcarena, foi anotada as 7 hs da manhã uma chuva diária de 66 mm (Chuva acumulada nas últimas 24 horas). A Figura 03 apresenta o boletim pluviométrico do mês de fevereiro de 2018 da estação de Vila do Conde, código ANA 00148011.

CPRM		ALTURAS DIÁRIAS DE CHUVA (mm)			
SUREG	MÊS/ANO	CÓDIGO	ROTA		
Belém	Fevereiro 2018	00148011	4		
ESTAÇÃO		SUB-BACIA	MUNICÍPIO		
Barcarena		31	Vila do Conde		
DIA	7 HORAS	CORREÇÃO	ANOTAÇÕES		
01	9.9				
02	5.7				
03	39.5				
04	52.9				
05	29.9				
06	8.3				
07	8.8				
08	0.0				
09	0.0				
10	0.0				
11	3.8				
12	0.0				
13	0.0				
14	0.0				
15	5.9				
16	4.1				
17	8.1				
18	66.0				
19	9.8				
20	8.6				
21	17.1				
22	32.7				
23	41.7				
24	27.6				
25	30.0				
26	16.1				
27	9.3				
28	23.7				
29					
30					
31					

OBSERVADOR/NOME:
 ASSINATURA:
 VISITA: / /
 TÉCNICO/INICIAIS: VISTO

Figura 03 – Boletim de chuvas diárias de Vila do Conde, Código ANA 00148011

A título de comparação, a Tabela 03 apresenta os dados diários do mês de fevereiro de 2018 registrados nas estações Vila do Conde, código ANA 00148011, e na estação climatológica de Belém, código OMM 82191. A estação pluviométrica

Vila do Conde, código ANA 00148011, está localizada a uma distância aproximada de 4,5 km da mineradora que transforma bauxita em alumina onde foi registrado um derramamento das bacias de rejeito.

Tabela 03 – Dados diários de chuva nas estações Vila do Conde e Belém

Vila do Conde Código ANA 00148011				Belém - PA Código OMM 82191 *			
Dia	Hora UTC	Hora Belém	Chuva (mm)	Dia	Hora UTC	Hora Belém	Chuva (mm)
01/02/2018	10	07	9,9	01/02/2018	12	09	5,7
02/02/2018	10	07	5,7	02/02/2018	12	09	4,2
03/02/2018	10	07	39,5	03/02/2018	12	09	25,3
04/02/2018	10	07	52,9	04/02/2018	12	09	132,3
05/02/2018	10	07	29,9	05/02/2018	12	09	26,8
06/02/2018	10	07	8,3	06/02/2018	12	09	38,1
07/02/2018	10	07	8,8	07/02/2018	12	09	21,2
08/02/2018	10	07	0,0	08/02/2018	12	09	80,2
09/02/2018	10	07	0,0	09/02/2018	12	09	6,4
10/02/2018	10	07	0,0	10/02/2018	12	09	2,6
11/02/2018	10	07	3,8	11/02/2018	12	09	5,8
12/02/2018	10	07	0,0	12/02/2018	12	09	0,0
13/02/2018	10	07	0,0	13/02/2018	12	09	0,0
14/02/2018	10	07	0,0	14/02/2018	12	09	17,6
15/02/2018	10	07	5,9	15/02/2018	12	09	3,0
16/02/2018	10	07	4,1	16/02/2018	12	09	4,2
17/02/2018	10	07	8,1	17/02/2018	12	09	12,4
18/02/2018	10	07	66,0	18/02/2018	12	09	20,4
19/02/2018	10	07	9,8	19/02/2018	12	09	0,4
20/02/2018	10	07	8,6	20/02/2018	12	09	0,3
21/02/2018	10	07	47,1	21/02/2018	12	09	30,8
22/02/2018	10	07	32,7	22/02/2018	12	09	34,5
23/02/2018	10	07	41,7	23/02/2018	12	09	62,5
24/02/2018	10	07	27,6	24/02/2018	12	09	17,2
25/02/2018	10	07	39,0	25/02/2018	12	09	5,7
26/02/2018	10	07	46,1	26/02/2018	12	09	90,7
27/02/2018	10	07	9,3	27/02/2018	12	09	0,1
28/02/2018	10	07	23,7	28/02/2018	12	09	23,2
Total			528,5	Total			671,6

*Fonte: INMET – Estações convencionais – dados obtidos no dia 27/03/2018 no endereço de Internet abaixo

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>

- a) Na metodologia de desagregação para definição das relações IDF é necessária a realização da análise de frequência das precipitações diárias máximas anuais, Pdma. Considerando que neste estudo foi ajustada a distribuição de Gumbel a

série de Pdma apresentada no Anexo I, calcule o tempo de retorno da Precipitação diária de 66 mm anotada em Vila do Conde no dia 18/02/2017.

Resp: *Utilizando a Função Acumulada de Probabilidades (FAP) de Gumbel é possível estimar o tempo de retorno da precipitação de 66 mm registrada no dia 18/02/2018. Para tanto se emprega os parâmetros da distribuição de Gumbel calculados pelo método dos momentos-L e apresentados no Anexo I.*

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

Distribuição	Posição (β)	Escala (α)
Gumbel (β, α)	80,853	21,837

$$1 - \frac{1}{T} = \exp\left[-\exp\left(-\frac{66-80,85}{21,837}\right)\right] = 0,139$$

$$\frac{1}{T} = 1 - 0,139 = 0,861$$

$$T = \frac{1}{0,861} = 1,16 \text{ anos}$$

O tempo de retorno da chuva diária de 66 mm é 1,16 anos e corresponde a probabilidade de 86,1% de que esta altura de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer. A chuva diária máxima anual de 66 mm é frequente em Vila do Conde, código ANA 00148011.

b) Considerando hipoteticamente que a duração da chuva de 66 mm registrada na estação Vila do Conde foi de 24 horas, qual 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:*

$$T = \exp\left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c}\right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 66 mm dividido por 24 h é igual a 2,75 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp\left[\frac{2,75 \times 24 - 15,9513 \ln(24 + (6,2/60)) - 34,3586}{4,8667 \ln(24 + (6,2/60)) + 1,4873}\right] = 0,479 \text{ anos}$$

Em Vila do Conde, código ANA 00148011, uma chuva de 24 horas de duração com intensidade de 2,75 mm/h é frequentemente observada, pois o tempo de retorno é inferior a 1 ano.

c) Considerando hipoteticamente que a duração da chuva de 66 mm registrada na estação Vila do Conde foi de 12 horas, qual 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 66 mm dividido por 12 h é igual a 5,5 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{5,5 \times 12 - 15,9513 \ln(12 + (6,2/60)) - 34,3586}{4,8667 \ln(12 + (6,2/60)) + 1,4873} \right] = 0,697 \text{ anos}$$

Em Vila do Conde, código ANA 00148011, uma chuva de 12 horas de duração com intensidade de 5,5 mm/h é frequentemente observada, pois o tempo de retorno é inferior a 1 ano.

d) Considerando hipoteticamente que a duração da chuva de 66 mm registrada na estação Vila do Conde foi de 45 minutos, qual 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:

$$T = \exp \left[\frac{it - b \ln(t + (\delta/60)) - d}{a \ln(t + (\delta/60)) + c} \right] \quad (04)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 66 mm dividido por 0,75 h é igual a 88 mm/h. Substituindo os valores na equação 04 temos:

$$T = \exp \left[\frac{88 \times 0,75 - 19,4449 \ln(0,75 + (13,2/60)) - 31,8889}{5,9335 \ln(0,75 + (13,3/60)) + 9,7452} \right] = 37,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 37,7 anos corresponde a probabilidade de 2,7% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer, ou

$$P(i \geq 88 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{37,7} 100 = 2,7\%$$

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: 15 fev. 2018.

BRASIL. Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. *Estações convencionais*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em 27 mar. 2018.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 12 março de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. 2010. Cidades. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/barcarena/panorama>>. Acesso em: 12 mar.2018.

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

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2. ed. Brasília: DNOS, 1982.

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	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	N	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1	1980	1981	25/03/81	113,5	15	1996	1997	23/03/97	95,9
2	1981	1982	03/03/82	131,4	16	1997	1998	08/06/98	58,0
3	1982	1983	07/02/83	99,0	17	1998	1999	16/01/99	83,2
4	1983	1984	04/05/84	88,4	18	1999	2000	25/03/00	74,3
5	1984	1985	19/02/85	100,2	19	2000	2001	30/03/01	113,6
6	1985	1986	12/03/86	109,3	20	2001	2002	16/04/02	62,3
7	1986	1987	26/03/87	70,8	21	2002	2003	10/02/03	60,7
8	1987	1988	10/05/88	137,3	22	2003	2004	24/01/04	60,0
9	1988	1989	14/01/89	79,4	23	2004	2005	08/05/05	50,8
10	1990	1991	18/02/91	102,7	24	2005	2006	29/04/06	60,3
11	1992	1993	12/04/93	78,8	25	2008	2009	28/04/09	133,7
12	1993	1994	04/03/94	98,5	26	2010	2011	14/04/11	105,5
13	1994	1995	02/02/95	96,8	27	2012	2013	14/02/13	138,1
14	1995	1996	31/03/96	88,3	28	2013	2014	12/01/14	126,0

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
93,5	26,0	138,1	50,8	87,3	0,144	96,4	73,4	110,4	37

Momentos-L e Razões-L

l_1	l_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
93,4571	15,1365	0,1620	0,0359	0,0425

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)	80,853	21,837

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Belém /PA.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,89	0,79	0,67	0,54	0,42

Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,70	0,49	0,24

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 Belém

Av. Dr. Freitas, 3.645 - Marco
Belém - PA - CEP: 66095-110
Tel.: 91 3182-1300 - Fax: 91 3276-4020

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

Ouidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

www.cprm.gov.br



PAC