

PROGRAMA GESTÃO
DE RISCOS E DE DESASTRES

Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas
voltados à Prevenção de Desastres

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Município: Porto Alegre/RS

Estação Pluviométrica: Porto Alegre -
Jardim Botânico

Códigos: 03051011(ANA), 83967
e A801 (OMM/INMET)



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Coordenação Executiva do DEHID - Projeto Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto - Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações

Patrícia Mara Lage Simões

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Superintendente

Lucy Takehara Chemale (interina)

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcia Conceição Rodrigues Pedrollo

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Paloma Gabriela Rocha

Gerência de Infraestrutura Geocientífica

Ana Cristina Peixoto

Gerência de Administração e Finanças

Iuri Brasil Rodrigues

PARCEIROS TÉCNICOS

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - IPH/UFRGS

Diretor

Prof. Alfonso Risso

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET-

Diretor Interino

Luis Fernando Magnani de Oliveira

REVISÃO TÉCNICA

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS

Prof. Fernando Dornelles

Prof. Fernando Mainardi Fan

FONTE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Coordenador 8º Distrito de Meteorologia

Marcelo Schneider

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES
Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à Prevenção de Desastres

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Estação Pluviométrica: Porto Alegre - Jardim Botânico

Códigos: 03051011(ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET)

Município: Porto Alegre/RS

AUTORES

Karine Pickbrenner
Eber José de Andrade Pinto



Porto Alegre
2025

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Porto Alegre

AUTORES

Karine Pickbrenner

Eber José de Andrade Pinto

COORDENADORES REGIONAIS**DO PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO**

José Alexandre Moreira Farias - REFO (*in memoriam*)

Karine Pickbrenner - SUREG/PA

EQUIPE EXECUTORA

Adriano da Silva Santos - SUREG/RE

Cristiane Ribeiro de Melo - SUREG/RE

Catharina dos Prazeres Campos de Farias - SUREG/BE

Osvalcélio Mercês Furtunato - SUREG/SA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MAPA

Ivete Souza do Nascimento - SUREG/BH

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO**Capa (DIEDIG)**

Juliana Colussi

Miolo (DIEDIG)

Agmar Alves Lopes

Juliana Colussi

Diagramação (SUREG/PA)

Alessandra Luiza Rahel

Revisão (GERINF/BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

Referências

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho (Organização e Formatação)

Serviço Geológico do Brasil - SGB

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P594 Pickbrenner, Karine
Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência: estação pluviométrica Porto Alegre - Jardim Botânico, 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), município Porto Alegre, RS / Karine Pickbrenner, Eber José de Andrade Pinto. – Porto Alegre : SGB-Serviço Geológico do Brasil; INMET, 2025.
1 recurso eletrônico: PDF

Programa Gestão de Riscos e de Desastres
Mapeamentos, Monitoramentos e Alertas voltados à Prevenção de Desastres
ISBN 978-65-5664-578-0

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

CDD 551.570981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Borges Fortes Coelho – CRB10 - 840

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - SGB

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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, onde 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 importantes na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas hidráulicas 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 as áreas suscetíveis a movimentos de massa e inundações ou inseridos em sub-bacias monitoradas pelos Sistemas de Alerta Hidrológico e projetos executados pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB.

Este estudo apresenta a equação IDF e o estudo de Precipitações Diárias Máximas por Ano Hidrológico (PDMAH) estabelecidos para o município de Porto Alegre/RS, onde foram utilizados registros de precipitação desde 1975 até 2024 da estação pluviométrica Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), localizada no mesmo município.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e o estudo de Precipitações Diárias Máximas por Ano Hidrológico (PDMAH) estabelecidos para o município de Porto Alegre/RS. As séries de dados utilizadas foram elaboradas a partir de registros de precipitação desde 1975 até 2024, da estação Porto Alegre-Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), localizada no mesmo município. A metodologia para definição da equação IDF e do estudo da PDMAH, utilizando respectivamente séries sub-diárias e diárias de duração anual, está descrita em detalhes em Pinto (2013). A distribuição de frequência ajustada aos dados nas diferentes durações foi a Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. As equações adotadas para representar a família de curvas IDF podem ser aplicadas para durações entre 5 min e 24 h e são recomendadas para tempos de retorno até 100 anos. A relação entre as chuvas de duração 24 h e um dia (PDMAH), calculadas com os resultados das análises de frequência, se apresentou com o valor de 1,09. A aplicação da equação IDF elaborada para o município de Porto Alegre permite associar intensidades de precipitação, nas diferentes durações, a frequências de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas de drenagem pluvial. Também pode ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido numa determinada duração, definindo se o evento foi raro ou ordinário, dentro da caracterização de chuva extrema local.

ABSTRACT

This work presents the Intensity-Duration-Frequency (IDF) equation and the study of Maximum Daily Precipitation per Hydrological Year (MDPHY) established to the city of Porto Alegre/RS. The data series used were prepared from precipitation records from 1975 to 2024 of the Porto Alegre - Jardim Botânico rain station, codes 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), located in the same city. The methodology for defining the IDF equation and the MDPHY study, using respectively sub-daily and daily annual duration series, is described in detail in Pinto (2013). The frequency distribution adjusted to the data in the different durations was Gumbel, with the parameters calculated by the L-moment method. The equations fitted to represent the family of IDF curves can be applied for durations between 5 min and 24 h and are recommended for return period up to 100 years. The ratio between 24-hour and one-day rainfall (MDPHY), calculated with the results of frequency analyses, was presented with the value of 1,09. The application of the IDF equation developed for the city of Porto Alegre allows the association of precipitation intensities, in different durations, with frequencies of occurrence, which will be used in the design of hydraulic structures for rainwater drainage. It can also be used in an inverse way, that is, to estimate the frequency of a precipitation event that occurred over a given duration, defining how unusual or ordinary the event was, according to the local extreme rain characterization.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
ANÁLISE DE FREQUÊNCIA E EQUAÇÃO	8
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	16
ANEXOS	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviométrica.....	7
Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência.....	8

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Intensidade da chuva em mm/h	9
Tabela 02 - Altura de chuva em mm.....	10
Tabela 03 - Equações IDF definidas para a estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).....	13
Tabela 04 - Comparação das intensidades (mm/h) obtidas por diferentes formulações IDF, para $Tr = 5$ anos	14
Tabela 05 - Comparação das intensidades (mm/h) obtidas por diferentes formulações IDF, para $Tr = 50$ anos	1

INTRODUÇÃO

A equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) definida pode ser utilizada no município de Porto Alegre/RS e regiões circunvizinhas.

O município de Porto Alegre é a capital do Rio Grande do Sul e faz fronteira com os municípios de Viamão, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Nova Santa Rita, Triunfo e Eldorado do Sul. O município possui área de 495,390 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022) e localiza-se a uma altitude de 10 metros em sua sede. A população de Porto Alegre, segundo IBGE (2022), é de 1.332.845 habitantes.

A estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), está localizada na Latitude 30°05'S e Longitude 51°17'O, inserindo-se nas dependências da sede do 8º Distrito de Meteorologia, na Rua Cristiano Fischer, 1297, no bairro Jardim Botânico, em uma zona urbanizada da cidade de Porto Alegre. A estação está inserida na sub-bacia 87, (sub-bacia da Laguna dos Patos), mais especificamente na sub-bacia do Lago Guaíba, um dos principais corpos hídricos formadores da Laguna dos Patos. O Lago Guaíba recebe a contribuição das sub-bacias dos rios Gravataí, Caí, Sinos e Jacuí.

Para a elaboração da equação IDF e do estudo de dados diários de precipitação (PDMAH) foram utilizados 50 anos de dados, no período de 1975 a 2024. As séries de dados de precipitação máxima foram elaboradas a partir dos registros diários observados e registros contínuos de precipitação, obtidos respectivamente de um pluviômetro Ville de Paris e de um pluviógrafo modelo IH PLG 7, que compõem uma estação meteorológica convencional. No período de 2001 a 2024, utilizaram-se também dados digitais, com discretização de 1 hora, obtidos de um pluviômetro automático de balança Hidromec modelo HyQuest Solutions TB3 – Hobeco/Vaisala que compõem uma estação meteorológica automática. Os equipamentos são operados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e os dados diários e automáticos encontram-se disponíveis em INMET (2024).

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

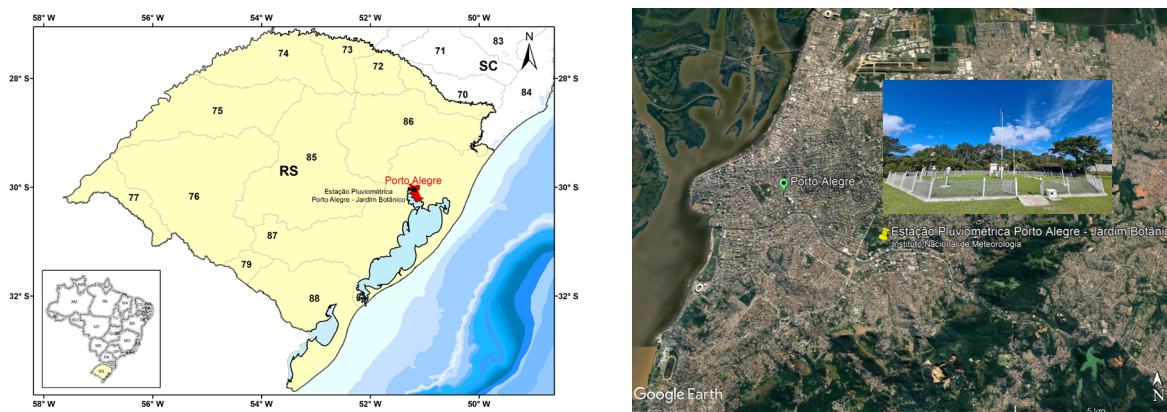


Figura 01 - Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google Earth, 2024).

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA E EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação IDF e das análises de frequência de dados sub-diários e diários de precipitação está descrita em detalhes em Pinto (2013). O resumo das etapas metodológicas está apresentado no Anexo I. Na definição da equação IDF e do estudo de Precipitações Diárias Máximas por Ano Hidrológico (01/jan a 31/dez), PDMAH, da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET), foram utilizadas respectivamente séries sub-diárias e diárias de duração anual e os dados constam no Anexo II. A distribuição de frequência ajustada aos dados sub-diários e diários foi a Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L. O Anexo III apresenta as estatísticas descritivas das séries e os momentos-L e razões-L amostrais, o Anexo IV os resultados dos testes estatísticos, o Anexo V as métricas de desvios e erros de resíduos entre os quantis da distribuição empírica e as distribuições teóricas; o Anexo VI os parâmetros estimados das distribuições teóricas e os quantis calculados com as séries sub-diárias e diárias, o Anexo VII a relação entre a altura de chuva da duração de 24 h e um dia (P24h/PDMAH) e as relações entre as alturas de diferentes durações calculadas com os resultados das análises de frequência; o Anexo VIII a avaliação das propriedades de escala das chuvas extremas; enquanto que o Anexo IX apresenta as métricas de ajuste da equação IDF e os comparativos entre a equação deste trabalho e outras equações definidas anteriormente para o posto de monitoramento Porto Alegre - Jardim Botânico.

A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

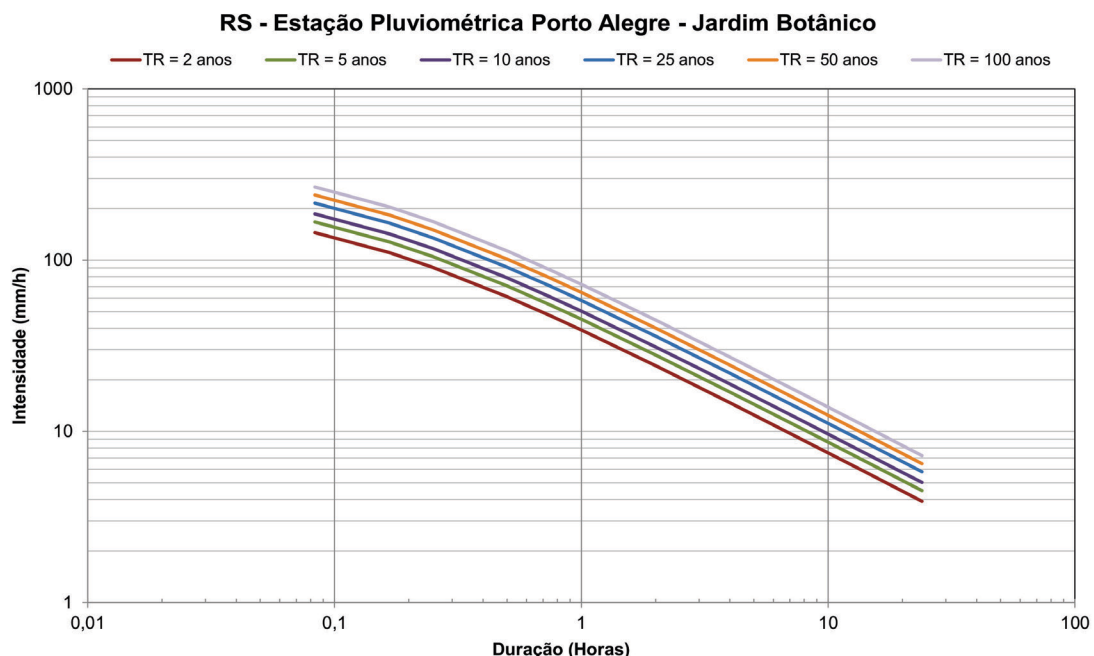


Figura 02 - Curvas intensidade-duração-frequência.

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, d são parâmetros da equação

No caso de Porto Alegre - Jardim Botânico, os parâmetros da equação são os seguintes:

$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$

$a = 812,9$; $b = 0,1571$; $c = 6,6$ e $d = 0,7486$

$$i = \frac{812,9T^{0,1571}}{(t + 6,6)^{0,7486}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno de até 100 anos.

A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, 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	144,7	167,1	186,3	198,6	207,8	215,2	221,4	231,7	239,9	246,9	255,7	263,1	267,5
10 Minutos	110,7	127,8	142,5	151,9	158,9	164,5	169,3	177,2	183,5	188,8	195,5	201,2	204,6
15 Minutos	90,9	104,9	117,0	124,7	130,5	135,1	139,0	145,5	150,7	155,0	160,6	165,2	168,0
20 Minutos	77,7	89,8	100,1	106,7	111,6	115,6	119,0	124,5	128,9	132,7	137,4	141,4	143,7
30 Minutos	61,2	70,7	78,8	84,0	87,9	91,0	93,7	98,0	101,5	104,5	108,2	111,3	113,2
45 Minutos	47,3	54,7	61,0	65,0	68,0	70,4	72,4	75,8	78,5	80,8	83,7	86,1	87,5
1 Hora	39,1	45,2	50,4	53,7	56,2	58,2	59,8	62,6	64,8	66,7	69,1	71,1	72,3
2 Horas	24,2	27,9	31,1	33,2	34,7	36,0	37,0	38,7	40,1	41,3	42,7	44,0	44,7
3 Horas	18,1	20,9	23,3	24,8	26,0	26,9	27,7	29,0	30,0	30,9	32,0	32,9	33,4
4 Horas	14,7	17,0	18,9	20,1	21,1	21,8	22,5	23,5	24,3	25,0	25,9	26,7	27,1
5 Horas	12,5	14,4	16,1	17,1	17,9	18,5	19,1	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,1
6 Horas	10,9	12,6	14,0	15,0	15,7	16,2	16,7	17,5	18,1	18,6	19,3	19,8	20,2
7 Horas	9,7	11,2	12,5	13,4	14,0	14,5	14,9	15,6	16,1	16,6	17,2	17,7	18,0
8 Horas	8,8	10,2	11,4	12,1	12,7	13,1	13,5	14,1	14,6	15,1	15,6	16,0	16,3
12 Horas	6,5	7,5	8,4	9,0	9,4	9,7	10,0	10,5	10,8	11,2	11,6	11,9	12,1
14 Horas	5,8	6,7	7,5	8,0	8,4	8,7	8,9	9,3	9,7	9,9	10,3	10,6	10,8
20 Horas	4,5	5,2	5,8	6,1	6,4	6,6	6,8	7,2	7,4	7,6	7,9	8,1	8,3
24 Horas	3,9	4,5	5,0	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,2

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	12,1	13,9	15,5	16,6	17,3	17,9	18,5	19,3	20,0	20,6	21,3	21,9	22,3
10 Minutos	18,5	21,3	23,8	25,3	26,5	27,4	28,2	29,5	30,6	31,5	32,6	33,5	34,1
15 Minutos	22,7	26,2	29,3	31,2	32,6	33,8	34,8	36,4	37,7	38,8	40,2	41,3	42,0
20 Minutos	25,9	29,9	33,4	35,6	37,2	38,5	39,7	41,5	43,0	44,2	45,8	47,1	47,9
30 Minutos	30,6	35,4	39,4	42,0	44,0	45,5	46,9	49,0	50,8	52,3	54,1	55,7	56,6
45 Minutos	35,5	41,0	45,8	48,8	51,0	52,8	54,3	56,9	58,9	60,6	62,8	64,6	65,6
1 Hora	39,1	45,2	50,4	53,7	56,2	58,2	59,8	62,6	64,8	66,7	69,1	71,1	72,3
2 Horas	48,4	55,8	62,2	66,4	69,4	72,0	74,0	77,4	80,2	82,6	85,4	88,0	89,4
3 Horas	54,3	62,7	69,9	74,4	78,0	80,7	83,1	87,0	90,0	92,7	96,0	98,7	100,2
4 Horas	58,8	68,0	75,6	80,4	84,4	87,2	90,0	94,0	97,2	100,0	103,6	106,8	108,4
5 Horas	62,5	72,0	80,5	85,5	89,5	92,5	95,5	100,0	103,5	106,5	110,0	113,5	115,5
6 Horas	65,4	75,6	84,0	90,0	94,2	97,2	100,2	105,0	108,6	111,6	115,8	118,8	121,2
7 Horas	67,9	78,4	87,5	93,8	98,0	101,5	104,3	109,2	112,7	116,2	120,4	123,9	126,0
8 Horas	70,4	81,6	91,2	96,8	101,6	104,8	108,0	112,8	116,8	120,8	124,8	128,0	130,4
12 Horas	78,0	90,0	100,8	108,0	112,8	116,4	120,0	126,0	129,6	134,4	139,2	142,8	145,2
14 Horas	81,2	93,8	105,0	112,0	117,6	121,8	124,6	130,2	135,8	138,6	144,2	148,4	151,2
20 Horas	90,0	104,0	116,0	122,0	128,0	132,0	136,0	144,0	148,0	152,0	158,0	162,0	166,0
24 Horas	93,6	108,0	120,0	129,6	134,4	139,2	144,0	151,2	156,0	160,8	165,6	170,4	172,8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram avaliados e utilizados os valores de precipitação que ocorreram em Porto Alegre, na estação Porto Alegre - Jardim Botânico, de jan/1975 ao evento excepcional de abril e maio de 2024 que causou inundações nos rios que contribuem para o Lago Guaíba, cobrindo um período de 50 anos de dados contínuos de precipitação.

O levantamento dos máximos nas durações acima de 1h foi compatibilizado entre os diferentes equipamentos em operação na estação de monitoramento (convencional e automática), adotando-se o maior valor entre eles.

As maiores alturas de precipitação, no período de 1975 a 2024, para durações inferiores a 8h foram registradas no dia 13/02/1981; para 14h no dia 14/06/1982, e para 20 e 24h no dia 02/05/2008. No ano de 2024, na estação Porto Alegre Jardim Botânico, a chuva mais crítica em termos de bacias urbanas, que se refere a durações inferiores a 4h, ocorreu no dia 16/01/2024 e se manifestou como o segundo máximo da série de 50 anos na duração de 4h, ocasionando diversos transtornos no município, como alagamentos urbanos e falta de energia elétrica.

Ressalta-se que no evento de abril/maio de 2024, no município de Porto Alegre, os valores máximos de chuva não superaram os máximos anteriormente registrados para as durações entre 5min e 24h. Segundo Collischonn *et al.* (2024) a precipitação que causou o desastre de 2024 foi extraordinária em termos de escala espacial e temporal, especialmente em durações de dois dias ou mais e sobre a área que drena para o Lago Guaíba.

As séries de durações entre 5min e 24h e a série diária foram submetidas a testes estatísticos para avaliação da presença de valores atípicos (*outliers*) e avaliação de independência, homogeneidade e estacionariedade, conforme metodologia descrita no Anexo I. Os resultados podem ser observados no Anexo IV.

A avaliação da presença de *outliers*, considerando o critério do gráfico Box-Plot indicou a presença de valores atípicos em todas as séries avaliadas (sub-diárias e diária); quanto aos resultados do teste de Grubbs e Beck, houve indicativo de *outliers* nas durações de 5min e 45min a 4h. Ressalta-se que os *outliers* indicados pelo teste de Grubbs e Beck ocorreram antes de 1982.

A análise de independência indicou que todas as séries sub-diárias com durações inferiores a 4h e a série diária foram consideradas independentes com nível de significância de 5%. Com relação às durações de 20 e 24h, a hipótese H₀, série independente, pode ser aceita com nível de significância de 2,5%. A série de 8h teve a hipótese nula de independência rejeitada, no entanto, a forma de levantamento de dados, que foi de um máximo por ano, garante que os processos de geração das precipitações sejam independentes.

A análise de homogeneidade indicou que as séries são consideradas homogêneas num nível de significância de 5%, à exceção das séries de 14h e série diária, onde a hipótese H₀, série homogênea, pode ser aceita com nível de significância de 2,5%.

A análise de estacionariedade indicou que todas as séries com durações inferiores a 8h e a série de 20h foram consideradas estacionárias com nível de significância de 5%. No caso da série de duração de 24h a hipótese H₀, série estacionária, pode ser aceita com 2,5% e a de 14h e a série diária com 1,5%. Analisando as séries de máximos anuais com 50 anos de extensão, observa-se no período entre 2007 e 2024 a ocorrência dos 10 maiores valores nas durações acima de 8h, sugerindo que os eventos mais significativos das séries de maiores durações foram mais frequentes e a partir de 2007.

Para auxiliar a tomada de decisão na escolha da distribuição candidata teórica a representar de forma mais adequada a frequência com que os valores amostrais são observados, procedeu-se aos seguintes critérios de avaliação, conforme apresentado na metodologia descrita no Anexo I: i) aplicação de testes estatísticos de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson Darling (AD) e Qui-Quadrado (Qui^2); ii) cálculo de desvios, erros e resíduos entre os quantis da distribuição empírica e as distribuições teóricas; iii) ajuste visual da aderência entre as distribuições empíricas e teóricas em um gráfico de probabilidade de Gumbel.

Os resultados referentes aos critérios (i) e (ii) para as distribuições Gumbel, Exponencial e Generalizada de Valores Extremos - GEV, podem ser observados no Anexo IV e V, respectivamente.

A distribuição selecionada para as séries levantadas foi a Gumbel, tanto para as durações sub-diárias (5min a 24h) como para a duração diária (dados observados). A escolha da distribuição Gumbel foi balizada pelos melhores resultados nos testes de aderência e menores desvios percentuais absolutos médios calculados entre os quantis da distribuição empírica e as distribuições teóricas em grande parte das durações, como está apresentado no Anexo V. Para a distribuição Gumbel a hipótese H_0 - a variável aleatória pode ser modelada pela distribuição - foi aceita num nível de significância de 5% nos três testes de aderência avaliados e em todas as séries sub-diárias. Na série diária a aprovação ocorreu num nível de significância de 5% para KS e AD e 1% em Qui^2 .

Para a distribuição Exponencial, a análise de aderência com os testes de KS e AD indicou que todas as séries sub-diárias e diária podem ser modeladas pela distribuição, no nível de significância de 5%. Para o teste de Qui^2 , a hipótese H_0 foi aceita, num nível de significância de 5% somente nas séries sub-diárias de 5min e de 30 min a 8h. Nas demais durações e na série diária ocorreu rejeição da hipótese nula ou não foi possível o cálculo, devido a pequena aderência dos valores empíricos aos calculados com a distribuição na cauda inferior, de menores tempos de retorno. Além disso, o limite inferior da distribuição Exponencial foi maior que o valor mínimo observado nas séries de cada duração.

A distribuição GEV, apesar de aprovar nos testes de aderência, apresentou limite superior em algumas durações, como pode ser observado no Anexo VI, o que significaria a existência de um valor limite físico para a variável precipitação, abrindo uma nova discussão, o limite superior calculado é factível ou não, que não é o escopo deste trabalho. Além disso, a conformação final da família de curvas IDF geradas com os resultados da distribuição GEV se mostrou sensível à presença dos outliers, indicando uma maior dificuldade em ajustar os resultados a uma equação do tipo (1), respeitando os limites de tolerância propostos para os módulos de desvios percentuais máximos entre quantis estimados com a análise de frequência e os calculados.

Foram calculadas as razões entre diferentes durações; a relação entre a chuva de 24h e um dia (PDMAH) se apresentou com o valor de 1,09. Os resultados se apresentam no Anexo VII.

A avaliação das propriedades de escala das chuvas extremas, apresentada no Anexo VIII, indica que um processo de escala simples (SS) é capaz de descrever o comportamento de escala para o intervalo de durações (5min a 24h) utilizado na construção das relações IDF elaboradas com dados da estação Porto Alegre-Jardim Botânico. Assim, foi utilizada somente uma equação do tipo (01) para o ajuste aos quantis estimados com a análise de frequência.

As estimativas dos parâmetros da equação 01 foram efetuadas considerando a minimização de duas métricas de ajuste, a raiz do erro médio quadrático (REQM) e o desvio percentual absoluto médio (DPAM). No ajuste conjunto de todas as durações, o REQM foi de 11,9 mm/h e o DPAM 10,1%. Como mencionado na metodologia, foi adotado um critério conservador, ou

seja, os parâmetros foram ajustados para que a equação estime valores iguais ou superiores aos quantis calculados com as distribuições. Os resultados das métricas para cada duração estão apresentados no Anexo IX.

A Tabela 03 apresenta a relação das equações IDF definidas anteriormente para o posto de monitoramento Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM), assim como o número de anos hidrológicos (NAH) utilizado e período.

Nas Tabelas 04 e 05 podem ser observados os comparativos entre os resultados obtidos com a equação apresentada em 2025 e os trabalhos anteriores, para os tempos de retorno de 5 anos e 50 anos, respectivamente. O Anexo IX apresenta maiores detalhes das comparações entre as diferentes equações.

Comparando-se a equação IDF elaborada para Porto Alegre em 2024, com 50 anos de dados, com as equações definidas anteriormente com os dados do mesmo posto de monitoramento, podemos observar o seguinte: i) com relação a equação de Bemfica (1999), elaborada com 23 anos de dados e recomendada no Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2005), observa-se uma variação das estimativas dos quantis de diferentes tempos de retorno e todas as durações de -6% a 30%. No caso de durações até 4 horas a variação percentual é de -6% a 11%, como apresentado no Anexo IX. Comparando-se os eventos no período das séries utilizadas nas duas equações (Bemfica, 1999 e presente trabalho, 2025), verifica-se que os máximos levantados na equação de Bemfica somente foram superados no período de dados do presente estudo nas durações acima de 20 h. Quando se avaliam os 10 maiores máximos da série de 50 anos, nas diferentes durações, ocorre uma maior frequência de ocorrência destes 10 maiores valores nas durações acima de 8 horas e a partir de 2007, período não contemplado na equação apresentada por Bemfica (1999) e corroborando as maiores diferenças incrementais positivas entre as duas equações nas maiores durações, verificada nos resultados apresentado nas Tabelas 04 e 05; ii) com relação a equação de Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2015), além do tamanho da série, considera-se também a diferença relacionada à escolha da distribuição estatística: as diferenças apresentadas entre as equações elaboradas pelo SGB em 2015 e 2024 foram de -9% a 34% considerando todas as durações, e no caso de durações até 4 horas as variações percentuais também foram de -9% a 34%, como apresentado no Anexo IX.

Tabela 03 - Equações IDF definidas para a estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).

REFERÊNCIA	PERÍODO DE DADOS	NAH	DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA
Goldenfum, Schettini e Silvestrini (1990)	1974-1982 e 1985-1989	14	Gumbel
Bemfica (1999)	1974-1998	23,7	Gumbel
Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2015)	1975-2014	40	Exponencial
Presente trabalho (2025)	1975-2024	50	Gumbel

Tabela 04 - Comparação das intensidades (mm/h) obtidas por diferentes formulações IDF, para $T_r = 5$ anos.

REFERÊNCIA	30 MIN	1 HORA	2 HORAS	4 HORAS	6 HORAS	12 HORAS	24 HORAS
Goldenfum, Schettini e Silvestrini (1990)	68,1	40,8	22,5	11,8	8,0	4,0	2,0
Bemfica (1999)	71,8	45,3	27,0	15,6	11,2	6,3	3,5
Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2015)	66,7	41,0	24,1	14,6	10,8	6,6	4,0
Presente trabalho (2025)	70,7	45,2	27,9	17,0	12,6	7,5	4,5

Tabela 05 - Comparação das intensidades (mm/h) obtidas por diferentes formulações IDF, para $T_r = 50$ anos.

REFERÊNCIA	30 MIN	1 HORA	2 HORAS	4 HORAS	6 HORAS	12 HORAS	24 HORAS
Goldenfum, Schettini e Silvestrini (1990)	105,9	63,4	35,0	18,4	12,4	6,2	3,1
Bemfica (1999)	106,5	67,1	40,0	23,1	16,6	9,3	5,2
Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2015)	108,1	66,5	37,2	22,5	16,8	10,1	6,1
Presente trabalho (2025)	101,5	64,8	40,1	24,3	18,1	10,8	6,5

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

No ano de 2024 ocorreram eventos excepcionais de precipitação em todo o Rio Grande do Sul, causando inundações em diversos municípios e se configurando como a maior tragédia por desastre de origem hídrica e geológica da história do Estado. Em Porto Alegre, entre os meses de abril e maio de 2024, ocorreram chuvas significativas que potencializaram os efeitos de inundação provocados pelos altos volumes de escoamento dos rios formadores do Lago Guaíba. No dia 23/05/2024, em meio às consequências da catástrofe ocorrida no município, foram registrados 129,4mm no pluviômetro Porto Alegre - Jardim Botânico, no período de 20h, que se configurou como o quarto maior valor para esta duração, em 50 anos de dados. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária isolar a variável T da Equação 01. 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 em horas, ou seja, 129,4 mm dividido por 20 h é igual a 6,5 mm/h. Entrando com os valores da intensidade em mm/h e da duração em minutos na Equação 02, temos:

$$T = \left[\frac{6,5(1200 + 6,6)^{0,7486}}{812,9} \right]^{1/0,1571} = 21 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 21 anos corresponde a uma probabilidade de 4,8% que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano.

$$P(i \geq 6,5 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{21} 100 = 4,8\%$$

REFERÊNCIAS

- BEMFICA, D. da C. **Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre**. 1999. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- CASAS-CASTILLO, M. C.; RODRÍGUEZ-SOLÀ, R.; NAVARRO, X.; RUSSO, B.; LASTRA, A.; GONZÁLEZ, P.; REDAÑO, A. On the consideration of scaling properties of extreme rainfall in Madrid (Spain) for developing a generalized intensity-duration-frequency equation and assessing probable maximum precipitation estimates. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 131, n. 1-2, p. 573-580, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1998-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-016-1998-0>. Acesso em: 27 dez. 2024.
- COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; POSSANTTI, I.; DORNELLES, F.; PAIVA, R.; SAMPAIO, M.; MICHEL, G.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MORAES, S. R.; MARCUZZO, F. F. N.; MICHEL, R. D. L.; BESKOW, T. L. C.; BESKOW, S.; FERNANDES, E.; LAIPELT, L.; RUFFO, A.; KOBAYAMA, M.; COLLORES, G. L.; BUFFON, F.; DUARTE, E.; LIMA, S.; MEIRELLES, F. S. C.; ALLASIA, D. O desastre hidrológico excepcional de abril-maio de 2024 no sul do Brasil. **Hydroshare**. Disponível em: <https://www.hydroshare.org/resource/d9e5c2ffb49a4b729b240f3eb3084ff4/>. Acesso em: 27 dez. 2024.
- GOLDENFUM, J. A.; SCHETTINI, E. B. C.; SILVESTRINI, J. H. **Chuvas intensas em Porto Alegre determinação de curvas i-D-F**. Porto Alegre: UFRGS, 1990.
- GOOGLE EARTH. **Imagem de localização da Estação pluviométrica Porto Alegre - Jardim Botânico**. Brasil: Google, [2024]. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em: 30 set. 2024.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Regional Frequency Analysis - an approach based on L-moments. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística por cidade e estado: Porto Alegre**. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: 30 set. 2024.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (Brasil). **Banco de dados meteorológicos do INMET**. [Brasília, DF], 2024. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 13 jul. 2024.
- KOUTSOYIANNIS, D.; KOZONIS, D.; MANETAS, A. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. **Journal of Hydrology**, v. 206, n. 1-2, p. 118-135, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00097-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00097-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169498000973?via%3Dihub>. Acesso em: 30 set. 2024.
- KOUTSOYIANNIS, D. **Stochastics of hydroclimatic extremes: a cool look at risk**. Athens, Greece: Open Academic, 2021.
- MENABDE, M.; SEED, A.; PEGRAM, G. A simple scaling model for extreme rainfall. **Water Resources Research**, v. 35, n. 1, p. 3335-3339, 1999.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/454>. Acesso em: 30 set. 2024.
- PINTO, E. J. de A. **Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/11560>. Acesso em: 30 set. 2024.
- PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Departamento de Esgotos Pluviais – DEP. **Plano diretor de drenagem urbana: manual de drenagem urbana**. Porto Alegre: DEP: UFRGS, 2005. v. 6. Disponível em: https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf. Acesso em: 27 dez. 2024.
- RODRIGUES, G.; FERNANDES, W.; COSTA, V.; PINTO, E. J. A. Utilizing the scale invariance principle for deriving a regional intensity-duration-frequency relationship in the metropolitan region of Belo Horizonte, Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering** v. 28, n. 7, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1061/JHYEFF.HEENG-5934>. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JHYEFF.HEENG-5934> Acesso em: 27 dez. 2024.
- SANE, Y.; PANTHOU, G.; BODIAN, A.; VISCHER, T.; LEBEL, T. DACOSTA, H.; QUANTIN, G.; WILCOX, C.; NDIAYE, O.; DIONGUE-NIANG, A.; KANE, M. D. Intensity-duration-frequency (IDF) rainfall curves in Senegal. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1849-1866, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1849-2018>. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/18/1849/2018/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

VAN DE VYVER, H. A multiscaling-based intensity–duration–frequency model.” **Hydrological Processes**, v. 32, n. 11, p. 1635-1647, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.11516>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.11516>. Acesso em: 27 dez. 2024.

WESCHENFELDER, Adriana Burin; PICKBRENNER, Karine; ANDRADE PINTO, Eber José de. **Atlas pluviométrico do Brasil: equações intensidade-duração-frequência: município Porto Alegre, estação pluviográfica Porto Alegre, 03051011(ANA) e 83967(INMET)**. Porto Alegre: CPRM, 2015. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18700>. Acesso em: 27 dez. 2024.

YEO, M.; NGUYEN, V.; KPODONU, T. A. Characterizing extreme rainfalls and constructing confidence intervals for IDF curves using Scaling-GEV distribution model.” **International Journal of Climatology**, v. 41, n. 1, p. 456-468, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6631>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.6631>. Acesso em: 27 dez. 2024.

ANEXO I

Resumo esquemático da metodologia de definição de Equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico

- a) A partir dos pluviogramas da estação pluviográfica ou dos dados do pluviômetro automático para a qual se deseja definir as relações IDF, selecionar os eventos de chuvas intensas para diversas durações conforme o Quadro AI-01, abaixo apresentado.

Quadro AI - 01 - Durações empregadas.

DURAÇÃO (MINUTOS)					DURAÇÃO (HORAS)							
5	10	15	30	45	1	2	3	4	8	14	20	24

- b) Com os eventos selecionados montar as séries de duração parcial ou de máximas anuais para cada duração a fim de efetuar o estudo de frequência.
 - i. Verificar a presença de valores atípicos (*outliers*) com o critério do gráfico BoxPlot (Naghettini; Pinto, 2007, página 39) e com o teste de Grubbs e Beck (Naghettini; Pinto, 2007, página 287).
 - ii. Se for utilizar as séries de duração parcial aplicar o teste de Cunnane para verificar se as excedências dos eventos, λ segue um modelo poissoniano. Adotar o nível de significância de 1,5% a 5%. Ver o Anexo II de Pinto (2013)
- c) Avaliar a independência das séries aplicando o teste não paramétrico proposto por Wald e Wolfowitz (1943) *apud* Naghettini e Pinto (2007, p. 264) para o nível de significância de 1,5% a 5%.
- d) Avaliar a homogeneidade das séries aplicando o teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947) *apud* Naghettini e Pinto (2007, p. 265) para o nível de significância de 1,5% a 5%.
- e) Avaliar a estacionariedade das séries aplicando o teste não-paramétrico de Spearman descrito por NERC (1975) *apud* Naghettini e Pinto (2007, p. 266) para o nível de significância de 1,5% a 5%.
- f) Estimar a distribuição empírica.
 - i. No caso de séries de máximos anuais, ordenar de forma decrescente as séries por duração e calcular a posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, $P(P > p) = m / ((N+1))$, onde m é número de ordem e N o tamanho de amostra.
 - ii. Para as séries de duração parcial calcular a posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, $q_e = P(P > p) = m / ((N+1))$, onde m é número de ordem e N o tamanho de amostra. O tempo de retorno parcial é calculado por $T_p = 1 / (\lambda q_e)$, onde λ é taxa de excedência. A estimativa do tempo de retorno anual é realizada com a equação AI-1.

$$T_a = \frac{1}{1 - \exp\left(-\frac{1}{T_p}\right)} \quad (\text{AI-01})$$

ANEXO I

- g) Calcular os momentos-L amostrais das séries por duração e estimar os parâmetros das distribuições candidatas. Ver o Anexo I de Pinto (2013). As distribuições candidatas são: a Generalizada de Pareto (3P); a Generalizada de Eventos Extremos (3P); a Generalizada Logística (3P); a Gama (2P); a Gumbel (2P) e a Exponencial (2P). Adotando-se as séries de duração parcial (SDP) as distribuições candidatas serão as mesmas, desde que as taxas de excedência anual de eventos sejam oriundas de processo Poissoniano. Ver o item 3.2.2 de Pinto (2013).
- h) Escolher a distribuição candidata teórica que melhor adere à curva da distribuição empírica. Para tanto, aplicar, a um nível de significância de 1% a 5%, os testes de aderência do Qui-Quadrado, de Kolmogorov-Smirnov e de Anderson-Darling. Ver Naghettini e Pinto (2007), páginas de 271 a 280. Também analisar o ajuste visual da aderência entre as distribuições empíricas e teóricas em um gráfico de probabilidade de Gumbel, bem como analisar o desvio padrão dos resíduos, Sres (mm), a Raiz do Erro Quadrático Médio, RSME (mm), e o Desvio Percentual Médio Absoluto, DPAM (%), entre os quantis da distribuição empírica e a teórica selecionada.
- i) Utilizando a distribuição teórica selecionada no item anterior, definir, para cada duração, os quantis associados aos diferentes tempos de retorno. O Quadro AI-02 apresenta a organização dos quantis calculados para diferentes tempos de retorno e a Figura AI-01. um exemplo de curvas intensidade-duração-frequência. O maior tempo de retorno indicado para estimar um quantil é no máximo igual a $3.N$, onde N é o tamanho da amostra. Entretanto, o executor pode adotar o maior tempo de retorno superior a $3.N$, desde que justifique a escolha.

Quadro AI - 02 - Quantis organizados por duração.

TR (ANOS)	DURAÇÃO				
	5 MIN	10 MIN	15 MIN	...	24 HORAS
2	I_{5-2}	I_{10-2}	I_{15-2}	...	I_{24h-2}
5	I_{5-5}	I_{10-5}	I_{15-5}	...	I_{24h-5}
10	I_{5-10}	I_{10-10}	I_{15-10}	...	I_{24h-10}
20	I_{5-20}	I_{10-20}	I_{15-20}	...	I_{24h-20}
25	I_{5-25}	I_{10-25}	I_{15-25}	...	I_{24h-25}
50	I_{5-50}	I_{10-50}	I_{15-50}	...	I_{24h-50}
100	I_{5-100}	I_{10-100}	I_{15-100}	...	$I_{24h-100}$

- j) Com os quantis associados a vários tempos de retorno calcular as diferenças entre as alturas de precipitações de diferentes durações para verificar possíveis incoerências nas intensidades de durações sequentes.
- k) Com os quantis associados a vários tempos de retorno calcular as relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações.

ANEXO I

- i. (Pd1/Pd2): 5 Minutos/10 Minutos; 10 Minutos/15 Minutos; 15 Minutos/30 Minutos; 30 Minutos/45 Minutos; 45 Minutos/1 Hora; 1 Hora/2 Horas; 2 Horas/3 Horas; 3 Horas/4 Horas; 4 Horas/8 Horas; 8 Horas/14 Horas; 14 Horas/20 Horas; 20 Horas/24 Horas.
 - ii. (Pd/P1hora): 5 Minutos/1 Hora; 10 Minutos/1 Hora; 15 Minutos/1 Hora; 30 Minutos/1 Hora; 45 Minutos/1 Hora.
 - iii. (Pd/P24horas): 1 Hora/24 Horas; 2 Horas/24 Horas; 3 Horas/24 Horas; 4 Horas/24 Horas; 8 Horas/24 Horas; 14 Horas/24 Horas; 20 Horas/24 Horas.
- l) A partir das curvas geradas com a análise de frequência é possível definir uma ou mais equações que representem as relações Intensidade-Duração-Frequência. Para tanto, calcular os parâmetros da equação AI-02.

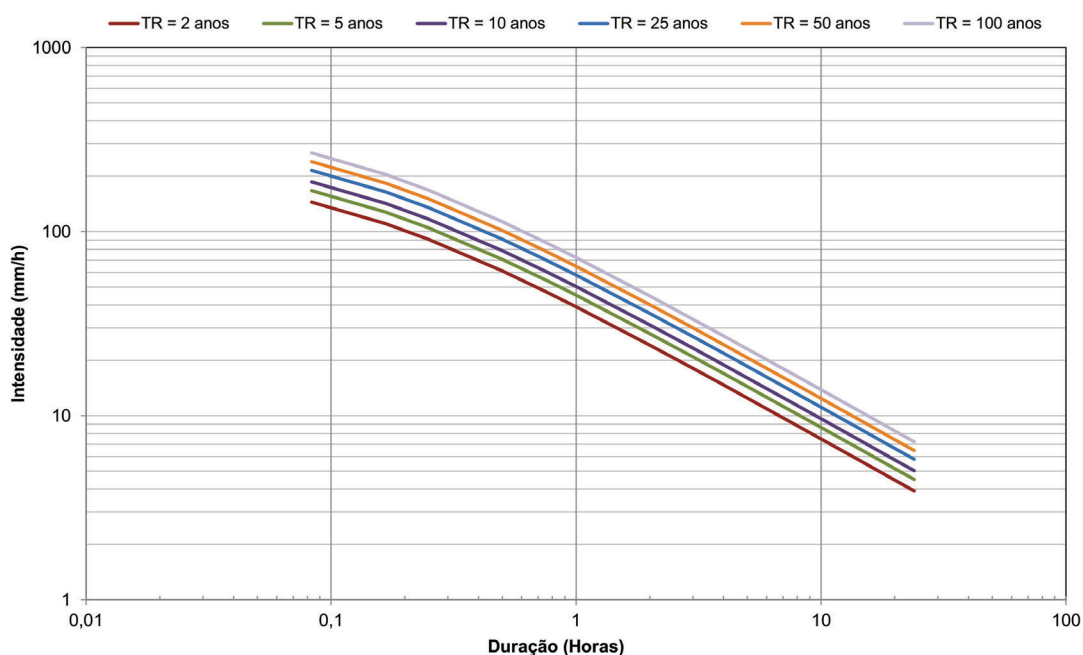


Figura AI - 01 - Exemplo de curvas IDF.

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

(AI-02)

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

ANEXO I

- i. Primeiramente estimar os parâmetros iniciais da equação AI-02. Ver o item 4 de Pinto (2013).
- ii. Executar algoritmos que permitam encontrar valores ideais para determinadas variáveis, sujeitas a um conjunto de restrições, minimizando uma função objetivo, como por exemplo o “Solver” do Excel. Iniciar o algoritmo com o conjunto de parâmetros obtidos no item i, para encontrar os conjuntos de parâmetros que minimizam as funções objetivo REQM e DPMA. Ver item 4 de Pinto (2013).
- iii. Selecionar o conjunto de parâmetros mais adequado. Na definição final dos parâmetros recomenda-se adotar um critério conservador, ou seja, os parâmetros devem ser ajustados para que a equação estime valores iguais ou superiores aos quantis calculados com as distribuições de probabilidades determinadas para as diferentes durações.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por duração (5Min. - 2 Horas) – Altura de Chuva (mm).

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS
11/03/1975	8,0	19/10/1975	10,8	15/02/1975	14,5	16/01/1975	24,0	16/01/1975	30,8	16/01/1975	31,8	16/01/1975	44,6
09/03/1976	12,0	09/03/1976	17,9	09/03/1976	21,1	07/12/1976	26,6	07/12/1976	30,8	07/12/1976	32,7	07/12/1976	37,2
16/08/1977	9,7	27/03/1977	15,3	27/03/1977	19,7	27/03/1977	27,3	27/03/1977	31,1	27/03/1977	34,7	27/03/1977	37,6
26/10/1978	7,0	09/11/1978	10,9	09/11/1978	13,2	26/10/1978	18,3	26/10/1978	22,5	26/10/1978	22,6	14/08/1978	26,7
12/12/1979	7,7	12/12/1979	15,5	12/12/1979	22,8	12/12/1979	31,5	12/12/1979	35,0	12/12/1979	36,0	12/12/1979	37,1
31/05/1980	12,5	31/05/1980	18,5	31/05/1980	22,6	31/05/1980	26,6	16/02/1980	28,2	12/04/1980	32,3	12/04/1980	38,9
13/02/1981	20,0	13/02/1981	29,2	13/02/1981	35,5	13/02/1981	53,2	13/02/1981	68,9	13/02/1981	78,8	13/02/1981	89,6
29/08/1982	11,4	29/08/1982	17,0	29/08/1982	19,0	24/10/1982	23,8	24/10/1982	25,8	03/02/1982	28,1	03/02/1982	36,1
11/05/1983	9,5	11/05/1983	11,6	26/01/1983	13,1	26/01/1983	20,0	26/01/1983	24,2	17/03/1983	25,6	17/03/1983	37,1
01/03/1984	11,5	01/03/1984	17,0	20/04/1984	22,3	20/04/1984	41,3	20/04/1984	44,7	20/04/1984	46,5	20/04/1984	50,3
25/12/1985	15,9	25/12/1985	22,7	25/12/1985	29,0	25/12/1985	38,2	25/12/1985	41,0	25/12/1985	41,3	25/12/1985	42,8
27/11/1986	11,5	27/11/1986	14,5	27/11/1986	17,6	15/03/1986	25,9	15/03/1986	38,4	15/03/1986	45,2	15/03/1986	49,9
10/01/1987	11,8	08/11/1987	19,2	10/01/1987	25,2	10/01/1987	44,3	10/01/1987	49,5	10/01/1987	50,2	10/01/1987	50,8
14/01/1988	7,9	12/12/1988	8,3	16/01/1988	10,2	02/10/1988	15,2	16/01/1988	19,4	16/01/1988	20,0	16/01/1988	23,3
23/11/1989	7,7	30/03/1989	11,5	30/03/1989	14,8	30/03/1989	21,3	23/11/1989	24,8	08/01/1989	33,0	30/03/1989	49,9
24/12/1990	9,2	24/12/1990	14,2	05/12/1990	20,1	31/01/1990	23,7	31/01/1990	29,3	31/01/1990	32,3	15/11/1990	40,2
15/04/1991	9,2	15/04/1991	15,0	15/04/1991	20,3	15/04/1991	31,9	15/04/1991	32,8	22/02/1991	34,1	17/04/1991	43,5
23/12/1992	9,3	23/12/1992	17,7	25/01/1992	21,4	25/01/1992	34,7	25/01/1992	41,7	25/01/1992	47,1	14/03/1992	53,1
27/01/1993	13,4	27/01/1993	18,6	27/12/1993	25,2	27/12/1993	33,2	27/12/1993	34,0	27/12/1993	34,4	27/12/1993	34,6
01/03/1994	11,2	01/03/1994	14,5	01/03/1994	16,6	04/02/1994	24,6	04/02/1994	28,9	04/02/1994	29,3	12/02/1994	33,1
22/12/1995	11,1	22/12/1995	19,7	22/12/1995	25,4	22/12/1995	41,1	22/12/1995	50,1	22/12/1995	56,6	22/12/1995	58,2

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por duração (5Min. - 2 Horas) – Altura de Chuva (mm) (continuação).

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS
16/12/1996	7,5	16/12/1996	11,8	16/12/1996	14,4	16/12/1996	21,7	16/12/1996	28,6	16/12/1996	32,4	16/12/1996	33,0
22/06/1997	8,0	05/03/1997	12,4	05/03/1997	16,6	05/03/1997	21,0	05/03/1997	21,6	05/03/1997	21,7	27/12/1997	32,0
11/04/1998	8,6	10/03/1998	10,6	07/02/1998	14,2	07/02/1998	20,2	07/02/1998	23,9	07/02/1998	24,7	09/02/1998	35,0
02/04/1999	10,4	02/04/1999	17,1	02/04/1999	21,2	02/04/1999	28,1	02/04/1999	28,5	02/04/1999	28,9	02/04/1999	35,3
28/11/2000	9,5	28/11/2000	17,5	28/11/2000	20,3	28/02/2000	26,5	28/02/2000	29,9	05/05/2000	31,4	05/05/2000	48,6
26/11/2001	13,9	26/11/2001	23,1	26/11/2001	29,0	23/01/2001	42,0	23/01/2001	54,7	23/01/2001	57,3	26/11/2001	59,7
06/12/2002	8,2	06/12/2002	13,2	06/12/2002	17,4	06/12/2002	23,9	06/12/2002	28,5	06/12/2002	28,8	20/05/2002	43,4
20/01/2003	9,6	20/01/2003	13,2	16/06/2003	17,9	01/02/2003	27,0	01/02/2003	34,2	01/02/2003	35,8	01/02/2003	37,4
24/01/2004	6,5	24/01/2004	10,8	24/01/2004	13,6	24/01/2004	21,0	24/01/2004	28,1	24/01/2004	28,8	24/01/2004	29,2
04/11/2005	9,2	04/11/2005	13,9	04/11/2005	18,5	04/11/2005	28,5	04/11/2005	30,8	04/11/2005	32,7	31/03/2005	40,2
18/12/2006	9,9	18/12/2006	16,1	18/12/2006	22,0	18/12/2006	33,5	18/12/2006	36,6	18/12/2006	37,8*	02/01/2006	40,0*
22/02/2007	10,0	22/02/2007	13,3	22/02/2007	16,7	22/02/2007	27,6	22/02/2007	38,9	22/02/2007	44,4	22/02/2007	53,8
27/03/2008	8,6	27/03/2008	10,6	10/02/2008	11,7	10/02/2008	19,3	10/02/2008	20,6	15/12/2008	23,9	13/04/2008	38,4
14/11/2009	9,8	04/04/2009	14,8	04/04/2009	20,1	20/02/2009	22,5	20/02/2009	29,6	20/02/2009	35,4*	20/02/2009	37,4
12/07/2010	10,2	25/12/2010	12,2	25/12/2010	16,3	25/12/2010	27,5	25/12/2010	28,0	25/12/2010	28,2	06/01/2010	31,2*
05/01/2011	7,6	22/04/2011	13,4	22/04/2011	19,7	22/04/2011	29,3	13/01/2011	31,0	13/01/2011	34,6*	11/01/2011	41,9
14/03/2012	12,8	14/03/2012	19,8	14/03/2012	20,8	24/01/2012	25,9	29/02/2012	30,1	22/02/2012	31,4	14/03/2012	39,3
20/02/2013	15,4	20/02/2013	24,5	20/02/2013	33,1	20/02/2013	45,2	20/02/2013	54,2	20/02/2013	60,6	20/02/2013	64,6
04/07/2014	8,0	08/03/2014	11,4	20/12/2014	15,4	20/12/2014	23,4	08/03/2014	24,6	20/12/2014	26,2	04/07/2014	33,2
19/11/2015	10,8	19/11/2015	16,8	19/11/2015	22,5	19/11/2015	29,6	19/11/2015	32,9	19/11/2015	33,5	05/06/2015	37,4*
29/01/2016	12,3	29/01/2016	18,3	29/01/2016	21,8	29/01/2016	29,1	29/01/2016	35,5	29/01/2016	37,4*	04/02/2016	47,3

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por duração (5Min. - 2 Horas) – Altura de Chuva (mm) (continuação).

DATA	5 MIN	DATA	10 MIN	DATA	15 MIN	DATA	30 MIN	DATA	45 MIN	DATA	1 HORA	DATA	2 HORAS
08/06/2017	9,7	08/06/2017	15,6	01/10/2017	18,1	01/10/2017	24,1	12/03/2017	32,6	12/03/2017	36,5	12/03/2017	54,4
09/02/2018	13,5	09/02/2018	22,9	09/02/2018	27,9	09/02/2018	29,2	09/02/2018	29,3	09/02/2018	29,3	23/11/2018	33,8*
04/04/2019	10,6	26/04/2019	17,2	03/05/2019	23,5	03/05/2019	33,9	03/05/2019	36,9	03/05/2019	37,8*	16/04/2019	38,6
13/12/2020	12,7	13/12/2020	27,7	13/12/2020	32,3	13/12/2020	36,1	13/12/2020	36,4	13/12/2020	37,2*	13/12/2020	38,6*
19/09/2021	8,7	19/09/2021	15,3	19/09/2021	17,7	19/09/2021	18,3	26/06/2021	23,2	26/06/2021	28,1	06/12/2021	40,2*
06/03/2022	10,6	06/03/2022	20,0	06/03/2022	23,8	06/03/2022	33,3	26/01/2022	40,8	26/01/2022	51,0	26/01/2022	56,2*
11/08/2023	9,2	29/03/2023	17,4	18/11/2023	18,3	29/03/2023	22,1	14/02/2023	23,3	14/02/2023	25,6	14/02/2023	30,8
16/01/2024	9,5	16/01/2024	18,5	16/01/2024	27,6	16/01/2024	42,4	16/01/2024	49,4	16/01/2024	52,5	16/01/2024	59,4*

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por Duração (3 Horas - 24 Horas e PDMAH) - Altura de Chuva (mm).

DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS	DATA	PDMAH
16/01/1975	46,0	16/01/1975	48,4	16/01/1975	55,8	16/01/1975	56,2	16/01/1975	58,6	16/01/1975	61,3	09/12/1975	56,3
13/07/1976	43,5	07/12/1976	47,1	13/07/1976	62,4	13/07/1976	80,1	12/07/1976	90,1	12/07/1976	90,3	26/07/1976	66,7
27/03/1977	40,4	27/03/1977	41,9	18/06/1977	52,3	18/06/1977	66,9	18/06/1977	74,3	18/06/1977	81,4	19/06/1977	81,3
14/08/1978	31,5	14/08/1978	34,2	25/06/1978	42,1	24/06/1978	49,9	24/06/1978	49,9	24/06/1978	49,9	04/11/1978	44,4
12/12/1979	37,5	20/07/1979	45,6	20/07/1979	60,3	15/04/1979	65,4	15/04/1979	70,1	14/04/1979	70,2	21/07/1979	61,3
03/03/1980	48,9	12/04/1980	65,8	12/04/1980	78,8	11/04/1980	89,3	11/04/1980	103,6	11/04/1980	107,1	12/04/1980	89,3
13/02/1981	92,9	13/02/1981	97,3	13/02/1981	105,9	13/02/1981	106,2	13/02/1981	106,2	13/02/1981	115,8	14/02/1981	109,5
27/06/1982	44,6	14/06/1982	58,6	22/10/1982	88,6	14/06/1982	122,2	14/06/1982	133,4	14/06/1982	133,5	15/06/1982	138,8
17/03/1983	41,2	17/03/1983	43,0	17/03/1983	71,7	17/03/1983	95,6	17/03/1983	102,0	17/03/1983	102,3	18/03/1983	92,9
20/04/1984	58,7	20/04/1984	59,3	20/04/1984	59,3	19/06/1984	62,7	20/04/1984	89,4	20/04/1984	91,5	20/06/1984	73,3
25/12/1985	43,7	25/12/1985	45,0	26/12/1985	47,0	26/12/1985	69,0	26/12/1985	70,0	26/12/1985	86,0	27/12/1985	74,0
15/03/1986	52,4	15/03/1986	53,2	15/03/1986	63,2	16/09/1986	74,7	16/09/1986	81,5	04/11/1986	83,6	16/03/1986	82,7
10/01/1987	50,8	10/01/1987	50,8	12/05/1987	56,2	12/05/1987	58,3	12/05/1987	65,0	10/01/1987	76,4	13/05/1987	60,8
23/06/1988	28,2	23/06/1988	33,8	23/06/1988	45,2	23/06/1988	45,2	23/06/1988	45,2	08/06/1988	46,0	17/01/1988	42,0
30/03/1989	52,8	30/03/1989	53,1	30/03/1989	54,8	29/03/1989	55,9	29/03/1989	57,2	29/03/1989	57,2	30/03/1989	57,7
15/11/1990	42,9	15/11/1990	43,0	11/09/1990	58,8	03/11/1990	84,2	03/11/1990	90,0	11/09/1990	93,9	12/09/1990	94,5
17/04/1991	45,9	17/04/1991	49,1	17/04/1991	60,4	17/04/1991	76,8	17/04/1991	94,5	17/04/1991	98,1	18/04/1991	93,0
14/03/1992	55,2	14/03/1992	55,3	23/01/1992	58,9	23/01/1992	73,1	23/01/1992	83,3	23/01/1992	83,4	24/01/1992	78,3
15/11/1993	47,1	15/11/1993	50,5	22/10/1993	60,0	22/10/1993	70,2	15/11/1993	89,7	14/11/1993	96,3	15/11/1993	67,8

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por Duração (3 Horas - 24 Horas e PDMAH) - Altura de Chuva (mm) (continuação).

DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS	DATA	PDMAH
17/04/1994	34,4	12/02/1994	37,1	12/02/1994	63,6	17/10/1994	70,1	16/10/1994	74,4	16/10/1994	74,4	19/06/1994	77,1
22/12/1995	59,5	22/12/1995	60,5	22/12/1995	60,6	22/12/1995	60,7	22/12/1995	68,6	22/12/1995	79,6	29/07/1995	70,3
16/12/1996	33,0	16/12/1996	33,0	13/10/1996	41,5	13/10/1996	61,0	13/10/1996	65,4	13/10/1996	65,8	14/10/1996	66,1
27/12/1997	33,1	13/06/1997	35,6	05/10/1997	48,9	05/10/1997	64,8	04/10/1997	66,5	04/10/1997	75,0	05/10/1997	60,3
09/02/1998	40,3	09/02/1998	45,3	09/02/1998	50,1	09/02/1998	55,2	16/05/1998	60,2	15/05/1998	63,1	10/02/1998	56,4
02/04/1999	37,6	28/05/1999	40,5	09/06/1999	65,7	09/06/1999	96,3	09/06/1999	99,4	09/06/1999	99,6	10/06/1999	95,1
05/05/2000	50,4	05/05/2000	51,6	05/05/2000	56,1	05/05/2000	67,3	05/05/2000	68,7	05/05/2000	68,7	05/05/2000	74,7
26/11/2001	61,6	26/11/2001	67,6	26/11/2001	71,4	23/04/2001	79,2*	23/04/2001	79,4*	29/09/2001	82,8	24/04/2001	78,1
20/05/2002	47,2	20/05/2002	50,6	20/05/2002	55,9	26/07/2002	74,9	26/07/2002	77,6	26/07/2002	78,0*	27/07/2002	81,3
23/01/2003	43,3	23/01/2003	52,2	22/01/2003	67,4	22/01/2003	75,2	22/01/2003	78,9	22/01/2003	79,3	23/01/2003	74,1
10/06/2004	37,1	10/06/2004	38,7	10/06/2004	56,1	10/06/2004	71,0	10/06/2004	71,0	10/06/2004	71,0	11/06/2004	71,9
31/03/2005	48,5	31/03/2005	52,1	31/03/2005	59,2	31/03/2005	77,9	31/03/2005	91,4	31/03/2005	91,6	01/04/2005	84,0
02/01/2006	41,8*	02/01/2006	42,0*	15/09/2006	49,3	29/05/2006	54,6*	29/05/2006	64,2*	29/05/2006	65,6*	30/05/2006	65,1
22/02/2007	57,2	22/02/2007	60,6	22/02/2007	63,8	10/06/2007	69,8*	10/06/2007	89,2*	09/06/2007	107,0*	23/09/2007	78,7
11/01/2011	42,0	11/01/2011	42,0	22/04/2011	52,2	22/04/2011	76,4*	14/07/2011	78,6*	14/07/2011	84,6*	23/04/2011	77,2
22/02/2012	47,2	22/02/2012	58,3	14/03/2012	71,5	14/03/2012	77,9	05/07/2012	87,4*	17/09/2012	99,9	18/09/2012	85,4
20/02/2013	66,4	20/02/2013	68,0	11/11/2013	86,4	10/11/2013	106,6*	10/11/2013	121,1	10/11/2013	126,4*	11/11/2013	105,5
04/07/2014	46,8	04/07/2014	52,5	03/07/2014	80,2*	03/07/2014	95,8*	03/07/2014	101,8*	03/07/2014	103,6*	04/07/2014	95,5
21/10/2015	44,3	21/10/2015	47,4*	20/07/2015	62,4*	20/07/2015	85,0*	20/07/2015	88,8*	07/10/2015	94,2*	08/10/2015	83,1
04/02/2016	54,0	04/02/2016	54,7	02/03/2016	65,4*	17/10/2016	83,2*	16/10/2016	86,8*	16/10/2016	100,6*	03/03/2016	73,6

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO II

Série de Dados Utilizados por Duração (3 Horas - 24 Horas e PDMAH) - Altura de Chuva (mm) (continuação).

DATA	3 HORAS	DATA	4 HORAS	DATA	8 HORAS	DATA	14 HORAS	DATA	20 HORAS	DATA	24 HORAS	DATA	PDMAH
12/03/2017	58,1	12/03/2017	62,2	07/12/2017	78,2*	07/06/2017	90,4*	07/06/2017	92,0*	07/06/2017	92,2*	08/06/2017	90,6
23/11/2018	35,2*	23/11/2018	36,0*	17/07/2018	52,0*	17/07/2018	57,8*	16/07/2018	60,0*	30/08/2018	62,2*	24/09/2018	50,7
16/04/2019	45,6	27/05/2019	53,5	27/05/2019	60,2*	23/07/2019	77,0*	23/07/2019	85,6*	23/07/2019	90,4*	24/07/2019	79,4
28/07/2020	41,2*	27/07/2020	45,8*	30/06/2020	72,4*	30/06/2020	94,8*	29/06/2020	110,4*	07/07/2020	117,0*	08/07/2020	109,9
06/12/2021	50,0*	06/12/2021	54,0*	26/06/2021	60,0*	26/06/2021	81,0*	26/06/2021	106,6*	26/06/2021	109,6*	27/06/2021	97,6
26/01/2022	56,8*	26/01/2022	58,2*	26/01/2022	58,4*	26/01/2022	69,0*	26/01/2022	69,4*	26/01/2022	69,8*	27/01/2022	70,7
22/09/2023	38,3	14/02/2023	47,2*	15/06/2023	72,2*	15/06/2023	114,6*	15/06/2023	134,6*	15/06/2023	144,4*	16/06/2023	141,7
16/01/2024	64,4*	16/01/2024	68,0*	23/05/2024	90,2*	23/05/2024	113,8*	23/05/2024	129,4*	23/05/2024	129,6*	24/05/2024	102,2

* Registro de precipitação da estação automática.

ANEXO III

Estatísticas Descritivas das Séries.

DURAÇÃO	N-AH	MÉDIA (mm)	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)	AMPLITUDE (mm)	ASSIMETRIA	MEDIANA (mm)	1º QUARTIL (mm)	3º QUARTIL (mm)	AIQ (mm)
5 Minutos	50	10,4	2,5	20,0	6,5	13,5	1,4	9,8	8,6	11,5	2,9
10 Minutos	50	16,2	4,4	29,2	8,3	20,9	0,9	15,6	13,2	18,5	5,2
15 Minutos	50	20,4	5,5	35,5	10,2	25,3	0,7	20,1	16,6	22,8	6,1
30 Minutos	50	28,8	8,1	53,2	15,2	38,0	0,9	27,2	23,5	33,3	9,8
45 Minutos	50	33,5	9,9	68,9	19,4	49,5	1,4	30,8	28,1	36,8	8,7
1 Hora	50	36,1	11,3	78,8	20,0	58,8	1,5	33,3	28,8	37,8	9,0
2 Horas	50	42,5	11,4	89,6	23,3	66,3	1,6	39,1	35,5	49,6	14,1
3 Horas	50	46,8	11,0	92,9	28,2	64,7	1,6	45,8	40,5	52,0	11,6
4 Horas	50	50,5	11,4	97,3	33,0	64,3	1,4	49,9	43,0	55,2	12,1
8 Horas	50	63,1	12,9	105,9	41,5	64,4	1,0	60,2	55,8	70,4	14,6
14 Horas	50	77,3	18,3	122,2	45,2	77,0	0,8	75,1	65,1	84,8	19,7
20 Horas	50	85,2	21,8	142,0	45,2	96,8	0,7	82,4	69,6	93,9	24,3
24 Horas	50	89,2	22,6	145,2	46,0	99,2	0,6	85,3	74,6	100,4	25,9
PDMAH *	50	81,4	22,1	149,6	42,0	107,6	1,1	78,5	68,4	92,3	23,9

*PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Momentos-L (I_1 e I_2) e Razões-L ($L-Cv$, $L-Skew$ e $L-Kurt$).

DURAÇÃO	I_1	I_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
5 Minutos	10,4	1,3511	0,1302	0,2110	0,1798
10 Minutos	16,2	2,4646	0,1523	0,1448	0,1466
15 Minutos	20,4	3,1062	0,1520	0,1261	0,1589
30 Minutos	28,8	4,4821	0,1557	0,1964	0,1431
45 Minutos	33,5	5,2703	0,1574	0,2505	0,2027
1 Hora	36,1	5,8917	0,1631	0,2691	0,2224
2 Horas	42,5	5,9653	0,1404	0,2372	0,2009
3 Horas	46,8	5,7842	0,1235	0,1719	0,2041
4 Horas	50,5	6,0542	0,1199	0,1340	0,1876
8 Horas	63,1	7,0405	0,1116	0,1834	0,2002
14 Horas	77,3	10,1893	0,1318	0,1659	0,1565
20 Horas	85,2	12,1511	0,1426	0,1462	0,1586
24 Horas	89,2	12,7057	0,1425	0,1142	0,1577
PDMAH *	81,4	11,8100	0,1451	0,1698	0,2390

*PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

A metodologia para o cálculo de Momentos-L amostrais e Razões-L amostrais está descrita em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 213\)](#).

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Testes para verificação de *outliers*.

DURAÇÃO	CRITÉRIO DO GRÁFICO BOX-PLOT (*)				TESTE DE GRUBBS E BECK (**)			
	LI (mm)	LS (mm)	OUTLIER INFERIOR	OUTLIERS SUPERIOR	LI (mm)	LS (mm)	OUTLIER INFERIOR	OUTLIERS SUPERIOR
5 Minutos	4,3	15,8	Não	Sim	5,4	18,9	Não	Sim
10 Minutos	5,3	26,3	Não	Sim	7,4	32,8	Não	Não
15 Minutos	7,5	31,9	Não	Sim	9,4	41,6	Não	Não
30 Minutos	8,8	48,0	Não	Sim	13,2	58,5	Não	Não
45 Minutos	15,1	49,9	Não	Sim	15,2	68,3	Não	Sim
1 Hora	15,4	51,3	Não	Sim	15,9	75,5	Não	Sim
2 Horas	14,4	70,7	Não	Sim	20,9	81,3	Não	Sim
3 Horas	23,1	69,3	Não	Sim	25,1	83,5	Não	Sim
4 Horas	24,8	73,4	Não	Sim	27,5	88,7	Não	Sim
8 Horas	34,0	92,3	Não	Sim	36,0	106,4	Não	Não
14 Horas	35,5	114,4	Não	Sim	39,9	142,1	Não	Não
20 Horas	33,1	130,4	Não	Sim	41,2	165,6	Não	Não
24 Horas	35,7	139,2	Não	Sim	42,8	174,6	Não	Não
PDMAH *	32,6	128,2	Não	Sim	38,27	161,77	Não	Não

*Critério do gráfico Box-Plot *apud* [Naghettini e Pinto \(2007, p. 39\)](#) ** Teste de Grubbs e Beck *apud* [Naghettini e Pinto \(2007, p. 287\)](#)

Teste de independência (*).

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Z	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	1,39	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
10 Minutos	0,85	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
15 Minutos	-0,47	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
30 Minutos	-1,39	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
45 Minutos	-1,45	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
1 Hora	-1,63	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
2 Horas	-1,04	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
3 Horas	-0,15	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
4 Horas	1,24	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
8 Horas	3,26	0,015	2,43	Rejeitar Ho, Observações dependentes (**)
14 Horas	2,32	0,015	2,43	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
20 Horas	2,11	0,025	2,24	Não Rejeitar H0, Observações Independentes

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de independência (*) (continuação).

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Z	RESULTADO DO TESTE
24 Horas	2,20	0,025	2,24	Não Rejeitar H0, Observações Independentes
PDMAH (***)	1,95	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Independentes

*Teste não-paramétrico de Wald-Wolfowitz apud [Naghettini e Pinto \(2007, p. 264\)](#).

**Apesar da rejeição no teste de independência, a forma de levantamento de dados, que foi anual, garante que os processos de geração das precipitações sejam independentes.

***PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Homogeneidade (*).

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Z	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	-0,20	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
10 Minutos	-0,81	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
15 Minutos	-0,71	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
30 Minutos	-0,61	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
45 Minutos	-0,51	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
1 Hora	-0,55	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
2 Horas	-0,84	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
3 Horas	-1,25	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
4 Horas	-1,54	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
8 Horas	-1,72	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
14 Horas	-2,24	0,025	2,24	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
20 Horas	-1,62	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
24 Horas	-1,62	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea
**PDMAH	-2,18	0,025	2,24	Não Rejeitar H0, Amostra Homogênea

*Teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947) apud [Naghettini e Pinto \(2007, p. 265\)](#)

**PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Estacionariedade (*).

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Z	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,30	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
10 Minutos	1,30	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
15 Minutos	1,06	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
30 Minutos	0,68	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
45 Minutos	0,27	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de Estacionariedade (*) (continuação).

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Z	RESULTADO DO TESTE
1 Hora	0,46	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
2 Horas	0,44	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
3 Horas	0,90	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
4 Horas	1,19	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
8 Horas	1,63	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
14 Horas	2,33	0,015	2,43	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
20 Horas	1,87	0,05	1,96	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
24 Horas	2,01	0,025	2,24	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias
**PDMAH	2,31	0,015	2,43	Não Rejeitar H0, Observações Estacionárias

*Teste não-paramétrico de Spearman, descrito por NERC (1975) *apud* [Naghettini e Pinto \(2007, p. 266\)](#)

**PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) (*) para Distribuição Gumbel.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	D _N	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,0576	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	0,0639	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	0,0556	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,0701	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	0,0966	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	0,1293	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	0,1193	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	0,0558	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	0,0529	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	0,0720	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	0,0566	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	0,0567	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	0,0499	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	0,0657	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 275\)](#)

**PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de Aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) (*) para Distribuição Exponencial.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	D _N	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,1308	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	0,1200	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	0,1255	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,0928	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	0,1405	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	0,1103	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	0,1216	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	0,1200	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	0,1202	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	0,1267	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	0,1200	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	0,1200	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	0,1200	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	0,1421	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 275\)](#)

**PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) (*) para Distribuição GEV.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	D _N	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,0679	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	0,0584	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	0,0565	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,0594	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	0,0887	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	0,0901	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	0,0931	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	0,0550	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	0,0505	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	0,0668	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	0,0582	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	0,0652	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	0,0403	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	0,0657	0,05	0,1923	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 275\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de Aderência de Anderson-Darling (KS) (*) para Distribuição Gumbel.

DURAÇÃO	A ²	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	A ² _{crit,a}	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,1799	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	0,2677	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	0,1854	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,2008	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	0,3840	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	0,5340	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	0,4499	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	0,1740	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	0,3146	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	0,2968	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	0,1908	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	0,1889	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	0,2005	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	0,4135	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 278\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Aderência de Anderson-Darling (KS) (*) para Distribuição Exponencial.

DURAÇÃO	A ²	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	A ² _{crit,a}	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	-0,940	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	-3,037	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	-3,006	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	-1,502	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	-1,361	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	-1,571	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	-0,623	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	-3,347	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	-2,929	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	-2,164	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	-3,584	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	-3,717	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	-3,364	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	-3,262	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 278\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de Aderência de Anderson-Darling (KS) (*) para Distribuição GEV.

DURAÇÃO	A ²	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	A ² _{crit,α}	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	0,160	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	0,244	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	0,137	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,168	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	0,254	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	0,309	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	0,362	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	0,175	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	0,250	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	0,300	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	0,192	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	0,182	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	0,129	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	0,413	0,05	0,752	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 278\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Aderência do Qui² (*) para Distribuição Gumbel.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Qui ²	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	2,734	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	3,846	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	3,869	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,790	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	6,288	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	7,223	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	7,284	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	4,234	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	6,403	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	1,049	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	7,771	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	8,070	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	2,785	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	11,292	0,01	13,2767	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 271\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO IV

Resultados de testes estatísticos.

Teste de Aderência do Qui² (*) para Distribuição Exponencial.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Qui ²	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	3,1784	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	105,8567	0,01	13,2767	Rejeitar H0, a VA não pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	-	0,01	13,2767	-
30 Minutos	3,8593	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	5,6185	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	5,6300	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	4,3931	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	4,6352	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	8,9347	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	4,0807	0,05	9,4877	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	-	0,01	13,2767	-
20 Horas	-	0,01	13,2767	-
24 Horas	-	0,01	13,2767	-
**PDMAH	-	0,01	13,2767	-

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 271\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

Teste de Aderência do Qui² (*) para Distribuição GEV.

DURAÇÃO	ESTATÍSTICA DO TESTE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	Qui ²	RESULTADO DO TESTE
5 Minutos	2,5119	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
10 Minutos	3,6865	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
15 Minutos	3,5126	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
30 Minutos	0,8714	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
45 Minutos	5,9027	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
1 Hora	5,6058	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
2 Horas	5,2690	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
3 Horas	4,1834	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
4 Horas	7,4633	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
8 Horas	1,0602	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
14 Horas	7,7584	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
20 Horas	7,8273	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
24 Horas	2,5707	0,05	7,8147	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição
**PDMAH	11,292	0,01	11,3449	Não Rejeitar H0, a VA pode ser modelada pela distribuição

*Teste não-paramétrico descrito em [Naghettini e Pinto \(2007, p. 271\)](#) **PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO V

Métricas entre os quantis da distribuição empírica e as distribuições teóricas.

DURAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO GUMBEL			DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL			DISTRIBUIÇÃO GEV		
	Sres (mm)	RSME (mm)	DPAM (%)	Sres (mm)	RSME (mm)	DPAM (%)	Sres (mm)	RSME (mm)	DPAM (%)
5 Minutos	0,475	0,473	1,595	0,435	0,443	3,459	0,408	0,411	1,589
10 Minutos	0,558	0,562	2,606	0,925	0,934	5,487	0,592	0,592	2,493
15 Minutos	0,558	0,568	2,296	1,266	1,275	5,889	0,570	0,571	1,937
30 Minutos	1,002	1,009	2,074	1,408	1,434	4,083	0,957	0,973	1,986
45 Minutos	1,924	1,917	2,986	1,460	1,499	3,608	1,438	1,470	2,280
1 Hora	2,567	2,553	3,652	1,880	1,914	4,099	1,866	1,902	2,969
2 Horas	2,877	2,858	3,076	2,579	2,593	3,753	2,475	2,480	2,873
3 Horas	2,705	2,689	1,771	2,834	2,839	4,434	2,695	2,679	1,786
4 Horas	2,806	2,789	2,307	3,217	3,218	4,975	2,961	2,937	2,015
8 Horas	1,895	1,899	2,032	2,435	2,468	3,322	1,821	1,831	2,019
14 Horas	2,362	2,376	1,994	3,964	3,999	4,194	2,360	2,372	1,980
20 Horas	2,748	2,767	2,038	4,935	4,971	4,815	2,770	2,773	1,954
24 Horas	2,600	2,626	2,234	5,700	5,724	5,548	2,431	2,427	1,741
**PDMAH	4,540	4,521	3,293	5,214	5,238	5,669	4,541	4,521	3,293

**PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO VI

Distribuição Gumbel.

Função Acumulada de Probabilidade.

$$F_X(x) = 1 - \frac{1}{T} = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right] \text{ para } -\infty < x < \infty, -\infty < \beta < \infty, \alpha > 0 \quad (\text{AVI-01})$$

Onde:

α e β são parâmetros da distribuição de Gumbel e T é o tempo de retorno em anos

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

Inversa da distribuição de Gumbel

$$x(T) = \beta - \alpha \left\{ \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (\text{AVI-02})$$

Parâmetros e Quantis estimados (mm) com a Distribuição Gumbel

DURAÇÃO DA CHUVA	PARÂMETROS			LIMITE INFERIOR	LIMITE INFERIOR	QUANTIS ESTIMADOS					
						TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)					
	POSIÇÃO (β)	ESCALA (α)	FORMA			2	5	10	25	50	100
5 Minutos	9,254	1,949	-	Sem Limite	Sem Limite	10,0	12,2	13,6	15,5	16,9	18,2
10 Minutos	14,129	3,556	-	Sem Limite	Sem Limite	15,4	19,5	22,1	25,5	28,0	30,5
15 Minutos	17,855	4,481	-	Sem Limite	Sem Limite	19,5	24,6	27,9	32,2	35,3	38,5
30 Minutos	25,046	6,466	-	Sem Limite	Sem Limite	27,4	34,7	39,6	45,7	50,3	54,8
45 Minutos	29,104	7,603	-	Sem Limite	Sem Limite	31,9	40,5	46,2	53,4	58,8	64,1
1 Hora	31,225	8,500	-	Sem Limite	Sem Limite	34,3	44,0	50,4	58,4	64,4	70,3
2 Horas	37,532	8,606	-	Sem Limite	Sem Limite	40,7	50,4	56,9	65,1	71,1	77,1
3 Horas	42,030	8,345	-	Sem Limite	Sem Limite	45,1	54,5	60,8	68,7	74,6	80,4
4 Horas	45,467	8,734	-	Sem Limite	Sem Limite	48,7	58,6	65,1	73,4	79,5	85,6
8 Horas	57,228	10,157	-	Sem Limite	Sem Limite	61,0	72,5	80,1	89,7	96,9	104,0
14 Horas	68,819	14,700	-	Sem Limite	Sem Limite	74,2	90,9	101,9	115,8	126,2	136,4
20 Horas	75,073	17,530	-	Sem Limite	Sem Limite	81,5	101,4	114,5	131,1	143,5	155,7
24 Horas	78,588	18,330	-	Sem Limite	Sem Limite	85,3	106,1	119,8	137,2	150,1	162,9
*PDMAH	71,543	17,039	-	Sem Limite	Sem Limite	77,8	97,1	109,9	126,0	138,0	149,9

*PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO VI

Distribuição Exponencial

Função Acumulada de Probabilidade

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\frac{1}{\alpha}(x - \xi)\right] \quad (\text{AVI-03})$$

Onde:

α é o parâmetro de escala e ξ o limite inferior

Limites: $\xi \leq x < \infty$

Inversa da distribuição Exponencial

$$x(F) = \xi - \alpha \ln(1 - F) \quad (\text{AVI-04})$$

Parâmetros e Quantis estimados (mm) com a Distribuição Exponencial

DURAÇÃO DA CHUVA	PARÂMETROS			LIMITE INFERIOR	LIMITE INFERIOR	QUANTIS ESTIMADOS					
						TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)					
	POSIÇÃO (β)	ESCALA (α)	FORMA			2	5	10	25	50	100
5 Minutos	7,677	2,702	-	7,7	Sem limite	9,6	12,0	13,9	16,4	18,2	20,1
10 Minutos	11,252	4,929	-	11,3	Sem limite	14,7	19,2	22,6	27,1	30,5	34,0
15 Minutos	14,229	6,212	-	14,2	Sem limite	18,5	24,2	28,5	34,2	38,5	42,8
30 Minutos	19,815	8,964	-	19,8	Sem limite	26,0	34,2	40,5	48,7	54,9	61,1
45 Minutos	22,952	10,541	-	23,0	Sem limite	30,3	39,9	47,2	56,9	64,2	71,5
1 Hora	24,348	11,783	-	24,3	Sem limite	32,5	43,3	51,5	62,3	70,4	78,6
2 Horas	30,569	11,931	-	30,6	Sem limite	38,8	49,8	58,0	69,0	77,2	85,5
3 Horas	35,278	11,568	-	35,3	Sem limite	43,3	53,9	61,9	72,5	80,5	88,6
4 Horas	38,400	12,108	-	38,4	Sem limite	46,8	57,9	66,3	77,4	85,8	94,2
8 Horas	49,009	14,081	-	49,0	Sem limite	58,8	71,7	81,4	94,3	104,1	113,9
14 Horas	56,926	20,379	-	56,9	Sem limite	71,1	89,7	103,8	122,5	136,6	150,8
20 Horas	60,890	24,302	-	60,9	Sem limite	77,7	100,0	116,8	139,1	156,0	172,8
24 Horas	63,757	25,411	-	63,8	Sem limite	81,4	104,7	122,3	145,6	163,2	180,8
*PDMAH	57,757	23,62	-	57,8	Sem limite	74,1	95,8	112,1	133,8	150,2	166,5

*PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO VI

Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV) Função Acumulado de Probabilidade

$$F(x) = \exp(-\exp(-y))$$
$$y = \begin{cases} -k^{-1} \ln \left\{ 1 - \frac{k(x - \xi)}{\alpha} \right\} & \text{para } k \neq 0 \\ \frac{(x - \xi)}{\alpha} & \text{para } k = 0 \end{cases} \quad (\text{AVI-05})$$

Onde:

K é o parâmetro de forma, α é o parâmetro de escala e ξ é o parâmetro de posição

Para estimar k . A equação abaixo deve ser resolvida para k . Nenhuma solução explícita é possível, somente solução numérica.

$$\tau_3 = \frac{2(1 - 3^{-k})}{(1 - 2^{-k})} - 3 \quad (\text{AVI-06})$$

Mas a seguinte aproximação, apresentada em Hosking *et al.* (1997) tem precisão melhor do que 9×10^{-4} para $-0,5 \leq \tau_3 \leq 0,5$

$$K \approx 7,8590c + 2,9554c^2 \quad (\text{AVI-07})$$

Os outros parâmetros são então dados por

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k}) \Gamma(1 + k)} \quad (\text{AVI-08})$$

$$\xi = \lambda_1 - \frac{\alpha[1 - \Gamma(1 + k)]}{k} \quad (\text{AVI-09})$$

ANEXO VI

Inversa da distribuição GEV

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \frac{\alpha\{1 - (-\ln F)^k\}}{k} & \text{para } k \neq 0 \\ \xi - \alpha \ln(-\ln F) & \text{para } k = 0 \end{cases} \quad (\text{AVI-10})$$

Parâmetros e Quantis estimados (mm) com a Distribuição GEV.

DURAÇÃO DA CHUVA	PARÂMETROS			LIMITE INFERIOR	LIMITE INFERIOR	QUANTIS ESTIMADOS					
	POSICÃO (β)	ESCALA (α)	FORMA			TEMPO DE RETORNO, T (ANOS)					
						2	5	10	25	50	100
5 Minutos	9,200	1,832	-0,063	-19,7	Sem limite	9,9	12,1	13,6	15,7	17,3	19,0
10 Minutos	14,195	3,684	0,040	Sem limite	106,8	15,5	19,6	22,1	25,3	27,5	29,7
15 Minutos	18,002	4,761	0,070	Sem limite	86,2	19,7	24,8	27,9	31,6	34,3	36,7
30 Minutos	24,928	6,217	-0,041	-126,9	Sem limite	27,2	34,5	39,6	46,2	51,2	56,4
45 Minutos	28,710	6,701	-0,122	-26,1	Sem limite	31,2	39,7	46,1	54,9	62,2	70,1
1 Hora	30,697	7,256	-0,149	-17,9	Sem limite	33,4	42,9	50,1	60,4	69,1	78,7
2 Horas	37,153	7,756	-0,103	-38,5	Sem limite	40,0	49,7	56,8	66,5	74,4	82,7
3 Horas	42,018	8,321	-0,003	-2662,3	Sem limite	45,1	54,5	60,8	68,8	74,7	80,6
4 Horas	45,701	9,182	0,057	Sem limite	206,7	49,0	58,9	65,1	72,5	77,8	82,9
8 Horas	57,132	9,959	-0,021	-418,5	Sem limite	60,8	72,3	80,1	90,1	97,6	105,2
14 Horas	68,861	14,785	0,006	Sem limite	2429,6	74,3	90,9	101,9	115,7	125,9	135,9
20 Horas	75,379	18,127	0,038	Sem limite	558,6	82,0	101,8	114,5	130,0	141,2	152,0
24 Horas	79,366	19,776	0,089	Sem limite	301,2	86,5	107,1	119,7	134,4	144,5	154,0
*PDMAH	71,544	17,04	0,0001	Sem limite	141925,92	77,8	97,1	109,9	126,0	138,2	149,9

*PDMAH: Precipitação Diária Máxima por Ano Hidrológico (Jan/Dez)

ANEXO VII

Relação entre as alturas de precipitação de 24h e 1 dia (Pd24h/PDMAH)
 Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

	RELAÇÃO 24H/PDMAH
Máxima	1,10
Mínima	1,09
Média	1,09
Mediana	1,09

As médias das alturas de chuva das séries de máximos da Pd24h, 89,0mm, e da PDMAH, 81,4mm, apresenta uma razão entre elas, Pd24h/PDMAH, de 1,10.

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd1/Pd2)
 Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

	RELAÇÃO 5 MIN/10 MIN	RELAÇÃO 10MIN/15 MIN	RELAÇÃO 15MIN/30 MIN	RELAÇÃO 30MIN/45 MIN	RELAÇÃO 45MIN/1H
Máxima	0,65	0,79	0,71	0,86	0,93
Mínima	0,60	0,79	0,70	0,85	0,91
Média	0,61	0,79	0,70	0,86	0,91
Mediana	0,60	0,79	0,70	0,86	0,91

	RELAÇÃO 1H/2H	RELAÇÃO 2H/3H	RELAÇÃO 3H/4H	RELAÇÃO 4H/8H	RELAÇÃO 8H/14H	RELAÇÃO 14H/20H
Máxima	0,91	0,96	0,94	0,83	0,82	0,90
Mínima	0,84	0,90	0,92	0,80	0,76	0,87
Média	0,90	0,95	0,94	0,82	0,77	0,88
Mediana	0,90	0,95	0,94	0,82	0,77	0,88

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/P1hora)
 Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

	RELAÇÃO 5MIN/1H	RELAÇÃO 10MIN/1H	RELAÇÃO 15MIN/1H	RELAÇÃO 30MIN/1H	RELAÇÃO 45MIN/1H
Máxima	0,29	0,45	0,57	0,80	0,93
Mínima	0,26	0,43	0,55	0,78	0,91
Média	0,26	0,43	0,55	0,78	0,91
Mediana	0,26	0,43	0,55	0,78	0,91

ANEXO VII

Relações entre as alturas de precipitações de diferentes durações (Pd/Pd24horas)
 Tempos de Retorno de 2 a 100 anos

	RELAÇÃO 1H/24H	RELAÇÃO 2H/24H	RELAÇÃO 3H/24H	RELAÇÃO 4H/24H	RELAÇÃO 8H/24H	RELAÇÃO 14H/24H	RELAÇÃO 20H/24H
Máxima	0,43	0,48	0,52	0,56	0,70	0,86	0,97
Mínima	0,40	0,47	0,49	0,52	0,64	0,83	0,95
Média	0,43	0,47	0,50	0,53	0,65	0,84	0,96
Mediana	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,84	0,96

ANEXO VIII

Avaliação das propriedades de escala das chuvas extremas

O princípio da invariância de escala afirma que as distribuições marginais das intensidades de precipitação I_d para durações arbitrárias d e D com $(d < D)$, são relacionadas da seguinte forma:

$$I_d \stackrel{\text{def}}{=} \left(\frac{d}{D}\right)^{-\eta} I_D \quad (\text{AVIII-01})$$

Onde:

η é o expoente de escala com $\eta \in (0,1)$, e que descreve o grau de similaridade entre as distribuições para durações d e D ;

$\stackrel{\text{def}}{=}$ é a igualdade na distribuição.

Em casos em que o expoente de escala, η , é constante através das durações, há um processo de escala simples (SS); caso contrário, se η não é constante ao longo das durações, estabelece-se a multiescala (MS).

Frequentemente, devido aos distintos mecanismos físicos dos quais surgem quantidades extremas de precipitação em várias escalas de tempo, propriedades de escala distintas são verificadas em termos assintóticos, ou seja, quando $d \rightarrow 0$ ou $D \rightarrow \infty$ (Van de Vyver, 2018; Koutsoyiannis *et al.* 1998; Koutsoyiannis, 2021). No entanto, evidências empíricas sugeriram que, para as durações de interesse prático (por exemplo, de 10 min a 24 h), a suposição SS é, na maioria das vezes, válida para precipitação extrema (Casas-Castillo *et al.*, 2018; Sane *et al.*, 2018; Yeo; Nguyen, Kpodonu, 2021; Rodrigues *et al.*, 2023).

Inicialmente, através das séries de intensidades da estação em análise, verifica-se experimentalmente a existência da invariância da escala e depois calcula-se o expoente de escala, η . Para realizar tal procedimento, utiliza-se a metodologia apresentada por Menabde, Seed e Pegram (1999).

O primeiro passo é calcular os momentos amostrais não centrais das intensidades máximas anuais das diferentes durações. O cálculo dos momentos em relação a origem de ordem $q = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5$ e $3,0$ é efetuado através da seguinte equação:

$$M_q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{dur,i}^q \quad (\text{AVIII-02})$$

Onde

M_q , momentos em relação a origem de ordem q ;

n , tamanho da série;

I_{dur} , intensidade da precipitação com duração dur

ANEXO VIII

A Tabela AVIII-01 apresenta os valores calculados com os dados da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).

Em seguida apresenta-se em escala bilogarítmica a variação dos momentos não centrais (com ordens de 0,5 a 3) em relação às durações. A Figura AVIII-01 apresenta o gráfico.

Analizando o gráfico de dispersão da Figura AVIII-01 observa-se uma forma linear para os seis momentos amostrais avaliados, bem como grandes valores para o coeficiente de determinação para as regressões ($> 0,9907$). Estes resultados indicam que os valores dos expoentes são aproximadamente preservados nas escalas de durações avaliadas e, como consequência, um processo de escala simples (SS) é capaz de descrever o comportamento de escala para o intervalo de durações utilizado na construção das relações IDF no local.

A Tabela AVIII-02 apresenta os valores dos expoentes de escala calculados para os seis momentos amostrais. Nesta tabela o expoente de escala, η , o mesmo empregado na equação AV-01, se refere à inclinação da relação linear entre os expoentes de escala e a ordem dos momentos amostrais. Também está apresentado na tabela o intervalo de confiança de 95% de estimativa do η .

A Figura AVIII-02 apresenta o gráfico de dispersão entre os expoentes de escala e a ordem dos momentos amostrais.

Tabela AVIII-01 - Momentos amostrais não centrais da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).

ORDEM q	DURAÇÃO (HORAS)						
	0,0833	0,1667	0,25	0,5	0,75	1	2
0,5	11,087	9,766	8,963	7,517	6,618	5,948	4,567
1	124,553	97,090	81,765	57,558	44,657	36,132	21,181
1,5	1419,193	982,583	759,026	449,050	307,627	224,563	99,891
2	16415,939	10123,768	7167,916	3570,557	2166,050	1430,347	479,751
2,5	192945,187	106184,451	68835,695	28934,149	15604,597	9350,160	2350,224
3	2306430,567	1133547,038	671917,277	238885,521	115094,027	62792,797	11763,634

ORDEM q	DURAÇÃO (HORAS)					
	3	4	8	14	20	24
0,5	3,928	3,533	2,795	2,334	2,048	1,913
1	15,615	12,627	7,886	5,522	4,260	3,715
1,5	62,902	45,676	22,481	13,237	8,999	7,329
2	256,973	167,355	64,758	32,163	19,311	14,674
2,5	1065,916	621,646	188,570	79,212	42,083	29,815
3	4495,113	2343,411	555,241	197,703	93,111	61,447

ANEXO VIII

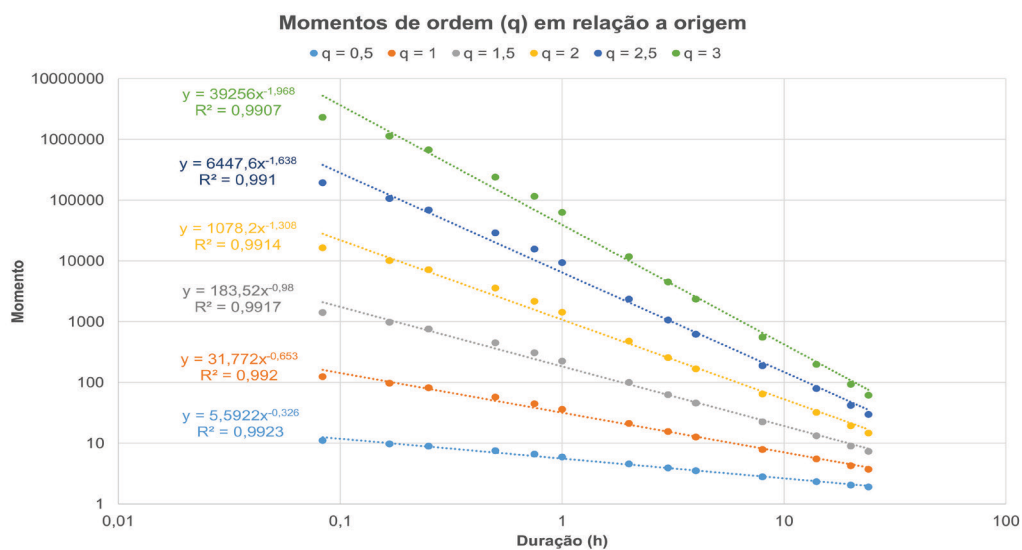


Figura AVIII-01 - Variação temporal de momentos amostrais não centrais da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM).

Tabela AVIII-02 - Expoentes de escala da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).

ORDEM q						η	IC 95%
0,5	1	1,5	2	2,5	3		
0,3259	0,6525	0,9800	1,3084	1,6377	1,9681	0,6550	(0,6537 - 0,6562)

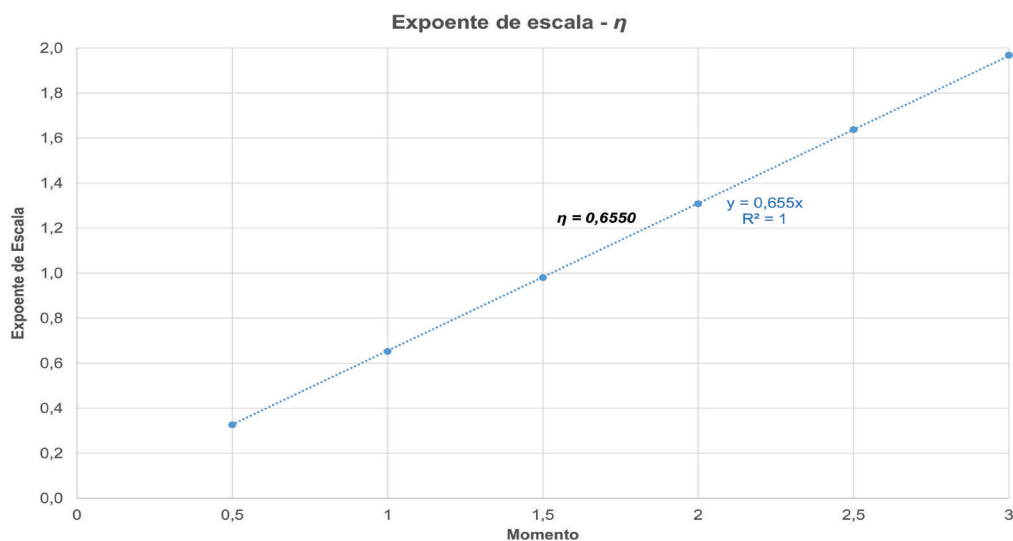


Figura AVIII-02 - Expoente de escala, η , da estação Porto Alegre - Jardim Botânico, códigos 03051011 (ANA), 83967 e A801 (OMM/INMET).

ANEXO IX

Métricas de Ajuste da Equação IDF.

DURAÇÃO DA CHUVA	DPAM (%)	REQM (mm/h)	REQM (mm)
5 Minutos	18,6	37,4	3,1
10 Minutos	9,9	16,2	2,7
15 Minutos	7,2	10,1	2,5
30 Minutos	2,0	2,3	1,2
45 Minutos	1,7	1,5	1,1
1 Hora	1,9	1,5	1,5
2 Horas	13,1	4,6	9,2
3 Horas	20,3	5,1	15,3
4 Horas	21,9	4,4	17,6
8 Horas	20,3	2,5	20,0
14 Horas	7,3	0,7	9,8
20 Horas	3,6	0,3	6,0
24 Horas	2,0	0,3	7,2
Média	10,1	11,9	5,9

Comparativo entre quantis calculado com a equação do presente trabalho (2025) e IPH - Goldenfum *et al.* (1990).

DURAÇÃO DA CHUVA	PRESENTE ESTUDO (2025)/ IPH-GOLDENFUM ET AL. (1990)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	1,74	1,68	1,64	1,61	1,59	1,58	1,57	1,55	1,54	1,53	1,51	1,50	1,50
10 Minutos	1,64	1,58	1,54	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	1,44	1,43	1,42	1,41	1,41
15 Minutos	1,58	1,52	1,48	1,46	1,44	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,36
20 Minutos	1,54	1,49	1,45	1,42	1,41	1,40	1,39	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32
30 Minutos	1,49	1,44	1,40	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28
45 Minutos	1,45	1,40	1,36	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,25
1 Hora	1,43	1,38	1,34	1,32	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,23
2 Horas	1,38	1,33	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18
3 Horas	1,35	1,31	1,27	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16
4 Horas	1,34	1,30	1,26	1,23	1,23	1,21	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16	1,16	1,15
5 Horas	1,33	1,29	1,25	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18	1,18	1,16	1,15	1,15	1,14
6 Horas	1,31	1,27	1,24	1,22	1,21	1,19	1,18	1,17	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13
7 Horas	1,31	1,26	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,14	1,13	1,13
8 Horas	1,29	1,26	1,23	1,21	1,20	1,18	1,17	1,17	1,15	1,14	1,14	1,13	1,12
12 Horas	1,27	1,23	1,22	1,20	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,13	1,11	1,11

ANEXO IX

Comparativo entre quantis calculados com a equação do presente trabalho (2025) e IPH - Goldenfum *et al.* (1990) (continuação).

DURAÇÃO DA CHUVA	PRESENTE ESTUDO (2025)/ IPH-GOLDENFUM ET AL. (1990)														
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100		
14 Horas	1,29	1,24	1,21	1,19	1,18	1,16	1,16	1,13	1,14	1,13	1,12	1,10	1,10		
20 Horas	1,29	1,24	1,21	1,17	1,16	1,14	1,13	1,14	1,12	1,10	1,10	1,09	1,09		
24 Horas	1,26	1,22	1,19	1,17	1,14	1,14	1,13	1,13	1,12	1,12	1,10	1,09	1,07		
Todas durações	Mínimo		1,07		Máximo		1,74		Médio		1,28		Mediano		1,24
Até 4h	Mínimo		1,15		Máximo		1,74		Médio		1,35		Mediano		1,34

Comparativos entre quantis calculados com a equação do presente trabalho (2025) e Bemfica (1999).

DURAÇÃO DA CHUVA	PRESENTE ESTUDO (2025)/BEMFICA (1999)														
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100		
5 Minutos	1,08	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02		
10 Minutos	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98		
15 Minutos	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96		
20 Minutos	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95		
30 Minutos	1,00	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94		
45 Minutos	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95		
1 Hora	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96		
2 Horas	1,05	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99		
3 Horas	1,08	1,07	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02		
4 Horas	1,11	1,09	1,08	1,07	1,07	1,06	1,07	1,06	1,05	1,05	1,05	1,05	1,04		
5 Horas	1,13	1,11	1,10	1,09	1,09	1,08	1,09	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,06		
6 Horas	1,14	1,13	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,09	1,09	1,08	1,08	1,09		
7 Horas	1,15	1,14	1,13	1,13	1,12	1,12	1,11	1,11	1,10	1,11	1,10	1,10	1,10		
8 Horas	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,11	1,11		
12 Horas	1,20	1,19	1,18	1,18	1,18	1,17	1,18	1,17	1,16	1,17	1,16	1,16	1,15		
14 Horas	1,23	1,22	1,21	1,19	1,20	1,19	1,19	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16	1,17		
20 Horas	1,29	1,27	1,26	1,24	1,23	1,22	1,21	1,24	1,21	1,21	1,22	1,21	1,22		
24 Horas	1,30	1,29	1,25	1,29	1,27	1,26	1,25	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,22		
Todas durações	Mínimo		0,94		Máximo		1,30		Médio		1,07		Mediano		1,05
Até 4h	Mínimo		0,94		Máximo		1,11		Médio		1,00		Mediano		0,99

ANEXO IX

Comparativo entre quantis calculados com as equações do presente trabalho (2025) e Weschenfelder, Pickbrenner e Pinto (2015).

DURAÇÃO DA CHUVA	PRESENTE ESTUDO (2025)/WESCHENFELDER, PICKBRENNER E PINTO (2015)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	1,34	1,28	1,23	1,20	1,19	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09
10 Minutos	1,22	1,16	1,12	1,09	1,08	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,00	0,99	0,99
15 Minutos	1,16	1,10	1,06	1,04	1,03	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
20 Minutos	1,13	1,08	1,04	1,02	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,95	0,93	0,92	0,92
30 Minutos	1,11	1,06	1,02	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,91
45 Minutos	1,13	1,07	1,04	1,01	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92
1 Hora	1,16	1,10	1,06	1,04	1,03	1,01	1,00	0,99	0,97	0,97	0,95	0,95	0,94
2 Horas	1,19	1,16	1,14	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05
3 Horas	1,20	1,17	1,14	1,12	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07	1,06	1,06
4 Horas	1,20	1,16	1,14	1,12	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,07	1,06	1,06
5 Horas	1,20	1,16	1,14	1,13	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,08	1,06	1,06	1,06
6 Horas	1,20	1,17	1,13	1,12	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07	1,06	1,06
7 Horas	1,18	1,15	1,13	1,13	1,11	1,11	1,10	1,08	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05
8 Horas	1,19	1,16	1,14	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,07	1,06	1,05	1,05
12 Horas	1,18	1,14	1,12	1,11	1,11	1,09	1,09	1,08	1,07	1,07	1,06	1,05	1,04
14 Horas	1,18	1,14	1,12	1,11	1,11	1,09	1,09	1,07	1,07	1,05	1,05	1,05	1,05
20 Horas	1,18	1,16	1,12	1,09	1,08	1,08	1,06	1,07	1,06	1,06	1,04	1,04	1,04
24 Horas	1,18	1,13	1,11	1,10	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03
Todas durações	Mínimo	0,91		Máximo	1,34		Médio	1,07		Mediano	1,07		
Até 4h	Mínimo	0,91		Máximo	1,34		Médio	1,05		Mediano	1,06		

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – SGB atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – SGB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO **GEOCIÊNCIAS**

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO **SERVIÇOS COMPARTILHADOS**

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO **PROGRAMAS INTERNOS**

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



O projeto Atlas Pluviométrico é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres 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.

As enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul em abril e maio de 2024 representaram um dos eventos hidrológicos extremos mais devastadores já registrados no Brasil, com chuvas de intensidade, duração e abrangência sem precedentes. Diante desse cenário, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em conjunto com instituições parceiras, instituiu o Grupo Técnico de Assessoramento para Estudos Hidrológicos e de Segurança de Infraestruturas de Reserva e de Proteção das Cheias no Estado do Rio Grande do Sul (GTA RS). A atualização das relações IDF para os municípios do RS, incorporando os dados dos eventos de maio de 2024, tem como objetivo apoiar o cumprimento da missão do GTA RS, que consiste em analisar os eventos ocorridos, propor diretrizes e estratégias para a reconstrução das áreas afetadas, além de desenvolver ações preventivas para futuras ocorrências, fundamentadas em evidências técnicas e científicas



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

