



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Análise das curvas de intensidade-duração-frequência de precipitação para a cidade de pelotas através de uma função de desagregação

Analysis of intensity-duration-frequency curves precipitation for pelotas city through a breakdown function.

Eduarda Medran Rangel¹; Marcelo Peske Hartwig²

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a obtenção e comparação de duas curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) de precipitação para a cidade de Pelotas, RS, através de dois métodos e uma função de desagregação. Para tal, foram analisados os dados de precipitação máxima mensal, fornecidos pelo Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Clima Temperado. Foram calculadas as intensidades pelos métodos de Gumbel e Jau, com as durações de 5, 10, 15, 25, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 minutos e o tempo de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos. A partir destes valores foram feitos cálculos de Erro Padrão de Estimativa e geradas as curvas IDF, onde os resultados foram comparados nos tempos de retorno mencionados anteriormente.

Palavras-chave: *desagregação de chuvas; precipitação; projeto; vazão máxima.*

ABSTRACT

This work we aimed at obtaining and comparing two curves intensity-duration-frequency (IDF) to the city of Pelotas, RS, using two methods and a breakdown function. To this end, the maximum monthly rainfall data were analyzed, provided by Agrometeorological Laboratory of Embrapa Clima Temperado. Intensities by methods Gumbel and Jau were calculated with the durations of 5, 10, 15, 25, 30, 60, 120, 360, 720 and 1440 minutes e the return time of 5, 10, 20, 50, 100 years. These values were meant Standard Error of Estimate calculation and generated IDF curves, where the results were compared in the return times previously mentioned.

Key-words: *breakdown of rainfall; precipitation; project; maximum flow.*

^{1;2}IF Sul - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Pelotas/RS – Brasil

INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interagindo com a fauna e a flora e com os demais elementos da natureza (BALBINOT et al., 2008).

A precipitação pluviométrica, dentre os elementos hidrológicos, é o que mais interfere na vida humana, uma vez que, se configura como a principal entrada de água no sistema hidrológico, tornando outras variantes como por exemplo a vazão e infiltração, fortemente ligadas à sua ocorrência (SOUZA, 2013).

A precipitação é a variável climática com a maior variabilidade nas mais diversas escalas de tempo. Por essa razão, o estudo de eventos extremos de precipitação diária máxima anual (Pd_{ma}) está relacionado com danos severos às atividades humanas em quase todas as regiões do mundo, devido a seu potencial em causar saturação hídrica do solo, escoamento superficial e erosão (TAMMETS e JAAGUS, 2013).

A precipitação máxima é definida como a ocorrência extrema de um evento ou conjunto de eventos, com duração, distribuição temporal e espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica. E esta pode causar impactos sobre a produção agrícola, erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros (TUCCI, 2001).

O conhecimento dos aspectos estatísticos das precipitações máximas apresenta interesse de ordem técnica por sua frequente aplicação aos projetos de obras hidráulicas tais como vertedores de barragens, dimensionamento de canais, terraços e definição de obras de desvio de cursos d'água (OLIVEIRA, 2014).

No dimensionamento de obras hidráulicas, é necessário o conhecimento da precipitação máxima esperada, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente (MESQUITA et al., 2009).

No Brasil, os volumes precipitados são essencialmente quantificados pelas estações pluviométricas em registros denominados de chuvas diárias e, constituem as informações mais acessíveis, não somente pelo tamanho das séries, mas também pela densidade das redes (HERNANDEZ, 2008).

A determinação do período de retorno para os diversos valores de precipitações associados às suas respectivas durações formam uma matriz entre as variáveis intensidade de chuva (i), duração (t) e período de retorno (T), relações essas conhecidas como relações IDF, em que $i = f(t, T)$.

No meio científico, tem-se buscado um modelo de desagregação de chuva diária que leve a obter curvas IDF cujo desvio, comparado às históricas, seja admissível de ser utilizado em projetos de obras

hidráulicas, ou seja, na estimativa da chuva de projeto, que é um dos dados de entrada em modelos que fazem a transformação chuva-vazão (DAMÉ, 2008).

Uma ferramenta fundamental para a determinação da chuva de projeto são as relações IDF. Estas são obtidas de forma confiável a partir da análise estatística de séries de dados pluviográficos (BERTONI e TUCCI, 1993), ou seja, com base em eventos ocorridos no passado, e permitem que se estime a intensidade máxima de uma chuva, para uma determinada duração e certo tempo de retorno.

A técnica de desagregação, na forma analítica, encontra-se no trabalho de Robaina e Peiter (1992), cujo objetivo foi testar o desempenho de um modelo de desagregação de chuvas intensas, com a finalidade de gerar precipitações máximas médias em durações inferiores a 24 horas.

Segundo Beijo (2002), a distribuição de Gumbel é uma das mais utilizadas na literatura, representada por dois parâmetros, um de escala (α) e outro de forma (β), os quais podem ser estimados pela metodologia da máxima verossimilhança.

A teoria de valores extremos em especial a distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição assintótica dos extremos do tipo I de Fisher-Tippet ou dupla exponencial desenvolvida por Gumbel (1958), tem apresentado um papel de grande importância, principalmente na estatística aplicada à análise de fenômenos meteorológicos, entre os quais destaca-se as precipitações pluviais máximas (FREIRE e BEIJO, 2010).

O objetivo do presente trabalho é comparar curvas de IDF, resultante de uma série de eventos de chuva (1998 a 2014), na localidade de Pelotas/RS, através de dois métodos diferentes e uma função de desagregação, para fins de projeto.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Pelotas (fig. 1) está localizado na Zona Sul do Rio Grande do Sul, às margens da Laguna dos Patos e do Canal São Gonçalo, e tem seu território distribuído na Encosta do Sudeste e na Planície Costeira estando localizado nas coordenadas 31° 46'19" S e 52° 20'33" W, 7m acima do nível do mar. A área do município é de 1610,09Km² e sua população é de 327.778 habitantes (PELOTAS, 2014).

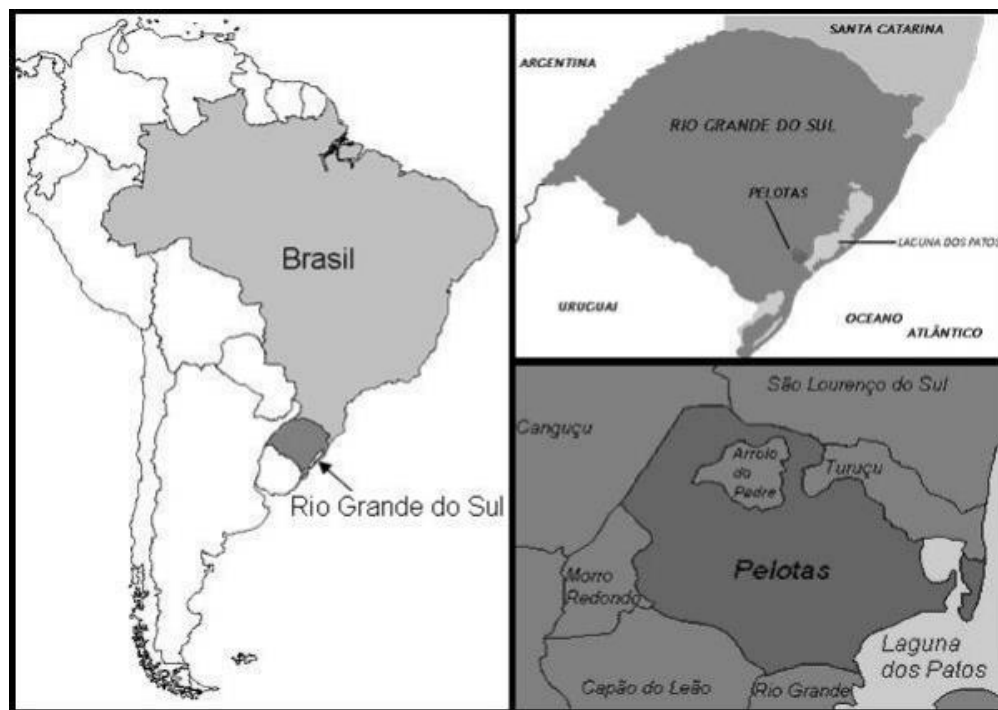


Figura 1. Localização do Estado do Rio Grande do Sul e do município de Pelotas.
Fonte: HEIDEN, 2006.

O clima local apresenta uma temperatura média anual em torno de 17,6°C e umidade relativa de 80% (PELOTAS, 2014). As temperaturas são amenizadas pelo processo de maritimidade, isto devido ao grau elevado de calor específico da água. Esta condição, porém, propicia elevada umidade do ar e, por consequência, boa quantidade de chuvas (SILVA, 2009).

A precipitação média anual é de 1379 mm e a evapotranspiração média anual está em torno de 2,25 mm d⁻¹ (PELOTAS, 2013).

Segundo a classificação climática de Köppen (1931), o clima de Pelotas é do tipo Cfa, ou seja, possui verões quentes e abafados e frequentes trovoadas. Os invernos são moderados e a precipitação durante esta estação vem dos ciclones de latitude média.

Na metodologia de estimativa da chuva de projeto foram utilizados os dados de precipitação máxima diária da série histórica de Pelotas/RS, em um período de 17 anos (1998 a 2014), obtidos no Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Clima Temperado. Foi utilizada a distribuição de Gumbel para análise dos eventos extremos, nos tempos de retorno de 5, 10, 20, 50, e 100 anos, para as durações de 5, 10, 15, 25, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 minutos, respectivamente.

As principais relações utilizadas no ajuste da distribuição Gumbel pelo método analítico são as seguintes:

$$Tr = \frac{1}{1 - e^{-e^{(-b)}}}$$

Eq. 1

Tr - tempo de retorno

$$b = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \cdot \left[x - (\bar{X} - \sigma_x \cdot \frac{Y_n}{\sigma_n}) \right]$$

Eq. 2

n – número de amostras

Yn – variável reduzida

σ_n – desvio padrão em relação ao número de amostras

σ_x – desvio padrão dos valores de precipitação

x – valor da observação da precipitação

\bar{X} - média das precipitações

Nos valores obtidos pelo método de Gumbel aplicou-se a função de desagregação de Robaina e Peiter (1992). Esta função foi desenvolvida quando os autores testaram o desempenho de um modelo desenvolvido para estimar chuvas intensas com durações menores do que 24h no Estado do Rio Grande do Sul, usando dados de chuva coletados por pluviômetros. A função foi concebida, a partir da suposição que deveria existir uma expressão que definisse matematicamente a relação entre a precipitação máxima anual num tempo de duração qualquer e a precipitação anual do período de 24 horas.

A função de desagregação utilizada foi:

$$f(t) = 0,00008.t + 0,14.\ln(1 + 0,33.t)$$

Eq.3

Onde o tempo de duração deve ser expresso em minutos (min).

Após a desagregação destes dados, foi calculada a intensidade de precipitação para as durações de 5, 10,15, 25, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 minutos.

Já a intensidade de precipitação do segundo método, foi feita conforme a proposta por Jau (1992), onde o autor calculou os parâmetros da equação para Pelotas/RS através de uma análise de eventos máximos de precipitações descritos da seguinte forma:

$$I = \frac{(1253,0975 + 64,7169 \cdot \ln \cdot Tr)}{(t + 5)^{0,8277(Tr)^{-0,0180}}} \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

I – intensidade de precipitação (mm/h);

Tr - tempo de retorno (anos);

t – duração da precipitação (min.)

Foram utilizadas as mesmas durações que no método de Gumbel.

Posteriormente foi calculado o Erro Padrão da Estimativa (EPE) entre as duas metodologias, nas respectivas durações. O EPE é dado pela seguinte equação:

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{(Idfj - Idfg)^2}{Idfg} \right)}{n}} \quad \text{Eq.5}$$

Onde: EPE é o Erro Padrão da Estimativa; Idfg é a intensidade (mm . h⁻¹) obtida pelo método de Gumbel; Idfj é a intensidade (mm . h⁻¹) obtida pelo método de Jau; n é o número de durações.

Posteriormente foram traçadas as curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para a cidade de Pelotas, comparando as duas metodologias utilizadas para a obtenção das intensidades de precipitação, método de Gumbel e Jau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados pluviográficos permitem identificar a intensidade das chuvas em intervalos de tempo de 5 minutos, no entanto, nem sempre são tão facilmente disponíveis quanto dados de chuva diária (chuva acumulada em período diário). Nesse caso, pode-se utilizar o método que desagrega as chuvas diárias em chuvas de 24 horas de duração e menores, possibilitando assim, estimar as intensidades correspondentes.

A tabela 1 apresenta as médias, medianas, maiores valores máximos, menores valores máximos e desvio padrão dos dados desagregados em função da duração da precipitação em 5, 10, 15, 25, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 minutos, da série histórica de 1998 a 2014 (17 anos), analisada para a cidade de Pelotas.

Os valores encontrados para coeficiente de variação e de assimetria foram, respectivamente, 0,34 e 1,18.

Tabela 1. Média, mediana, maior valor, menor valor e desvio padrão dos desagregados para a série histórica de 17 anos da cidade de Pelotas em função da duração da precipitação em minutos, pelo método de Robaina e Peiter (1992).

Duração (min)	Média	Mediana	Maior Valor	Menor Valor	Desvio Padrão
5	33,76	33,06	67,24	19,08	11,80
10	50,57	49,53	100,74	28,58	17,68
15	61,89	60,61	123,28	34,97	21,64
25	77,32	75,73	154,03	43,69	27,03
30	83,09	81,38	165,52	46,95	29,05
60	106,00	103,81	211,15	59,90	37,06
120	130,28	127,60	259,52	73,62	45,55
360	172,39	168,83	343,40	97,41	60,27
720	203,29	199,10	404,95	114,88	71,07
1440	241,36	236,39	480,79	136,39	84,38

Na tabela 2 são mostrados os valores de comparação entre as dois métodos utilizadas, Gumbel e Jau, trazendo as intensidades de precipitação em mm.h^{-1} , em função das durações de 5, 10, 15, 25,30,60,120,360,720 e 1440 minutos e o tempo de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para a cidade de Pelotas, analisando uma série histórica de 17 anos (1998 a 2014).

Tabela 2. Comparativo de intensidade de precipitação em mm.h^{-1} segundo os métodos de Gumbel e Jau para a série histórica de 17 anos da cidade de Pelotas em função da duração da precipitação em minutos, com tempo de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

Duração (min)	5 anos G	5 anos J	10 anos G	10 anos J	20 anos G	20 anos J	50 anos G	50 anos J	100 anos G	100 anos J
5	558,30	213,11	640,40	225,26	738,93	237,80	853,87	254,97	968,82	268,41
10	418,21	153,82	479,71	163,25	553,52	173,03	639,62	186,48	725,72	197,08
15	341,19	122,05	391,36	129,91	451,57	138,08	521,82	149,37	592,06	158,29
25	255,77	88,10	293,39	94,15	338,52	100,47	391,18	109,25	443,84	116,22
30	229,04	77,83	262,72	83,30	303,14	89,03	350,30	97,00	397,46	103,35
60	146,10	47,31	167,58	50,95	193,36	54,79	223,44	60,17	253,52	64,49
120	89,78	27,96	102,98	30,31	118,83	32,81	137,31	36,33	155,80	39,18
360	39,60	11,81	45,42	12,94	52,41	14,16	60,56	15,90	68,72	17,32
720	23,35	6,80	26,78	7,51	30,90	8,26	35,71	9,36	40,52	10,27
1440	13,86	3,91	15,90	4,34	18,35	4,81	21,20	5,50	24,05	6,07

Na tabela 3 é possível observar o EPE da comparação entre os dois métodos utilizados.

Tabela 3. Erro Padrão da comparação de intensidade segundo os métodos de Gumbel e Jau para a série histórica de 17 anos da cidade de Pelotas em função da duração da precipitação em minutos.

Duração (min)	Erro Padrão
5	0,675
10	0,484
15	0,399
25	0,313
30	0,287
60	0,206
120	0,147
360	0,086
720	0,061
1440	0,043

Esse resultado representa a proximidade de resposta entre os dois métodos, mostrando que se deve atentar quanto a utilização das metodologias no que diz respeito às durações. Verificou-se que a intensidade de precipitação quando comparados os dois métodos é inversamente proporcional as

durações e que para fins de projetos não se deve utilizar durações inferiores a 30 minutos para utilização das IDF para a cidade de Pelotas/RS.

Damé (2006) verificou o desempenho das estimativas de valores de intensidade-duração-frequência de ocorrência da precipitação (IDF), quando se utiliza o Método das Relações (MR) para desagregar a chuva diária e obter a IDF, para cinco cidades do Rio Grande do Sul (Bagé, Pelotas, Rio Grande, Santa Maria e Santa Vitória do Palmar). Foram utilizadas séries de dados de precipitação máxima diária, por meio da qual se constituíram séries de dados de precipitação máxima diária anual, uma para cada localidade, bem como cinco curvas IDF obtidas de dados pluviográficos. Comparou-se pelo cálculo do erro padrão da estimativa, os valores de intensidades máximas obtidos pelo MR com aqueles obtidos através da equação analítica, que representa a curva IDF, fazendo uso dos dados pluviográficos. A cidade que apresentou menor erro padrão da estimativa foi Pelotas, significando que a intensidade máxima de precipitação obtida com a equação IDF e o MR foram semelhantes.

A figura 2 apresenta o comparativo entre as curvas IDF geradas pelos dois métodos, para a cidade de Pelotas, apresentando a intensidade em mm.h^{-1} em função dos tempos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de 5 a 30 minutos.

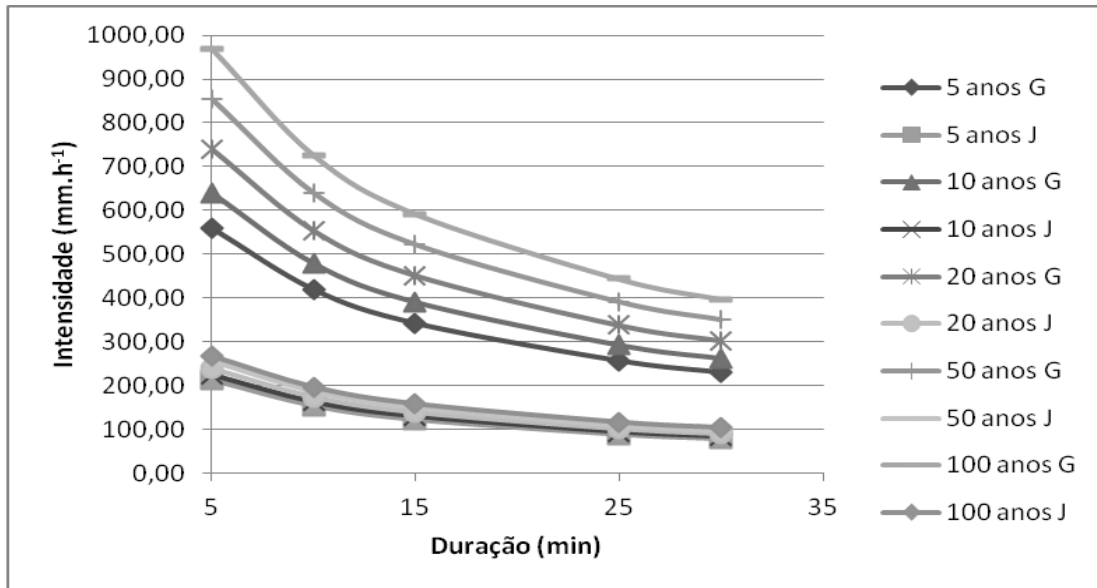


Figura 2. Comparativo das curvas de intensidade-duração-frequência (IDF), com intensidade em mm.h^{-1} para 5, 10, 20, 50 e 100 anos de tempo de retorno e com duração de 5 a 30 minutos pelos métodos de Gumbel (G) e Jau (J).

A figura 3 apresenta o comparativo entre as curvas IDF geradas pelos dois métodos, para a cidade de Pelotas, apresentando a intensidade em mm.h^{-1} em função dos tempos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de 30 a 120 minutos.

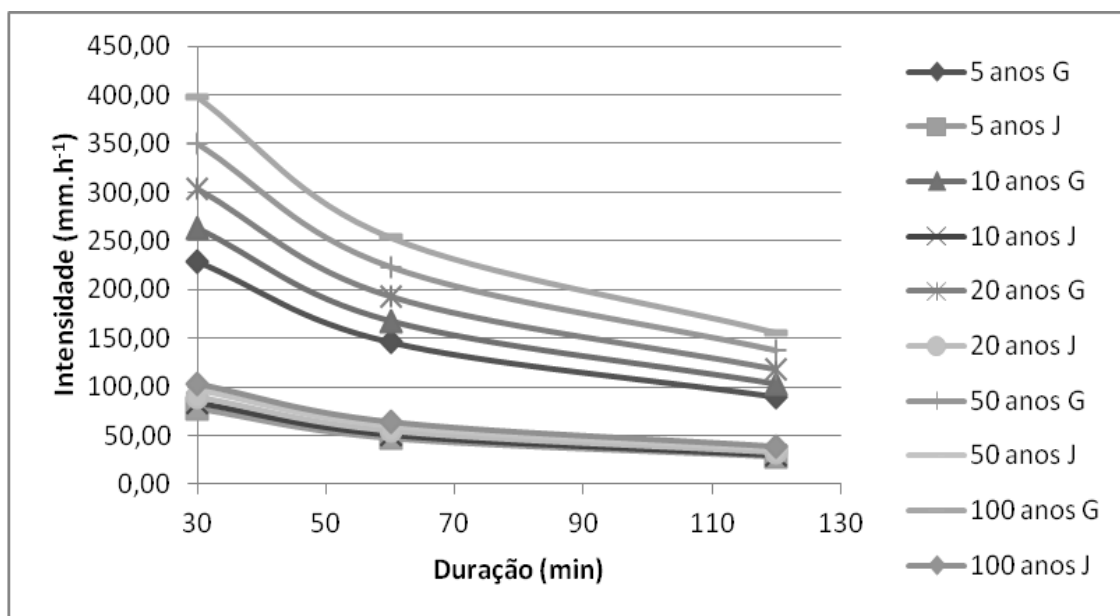


Figura 3. Comparativo das curvas de intensidade-duração-frequência (IDF), com intensidade em mm.h^{-1} para 5, 10, 20, 50 e 100 anos de tempo de retorno e com duração de 30 a 120 minutos pelos métodos de Gumbel (G) e Jau (J).

Pode ser verificado que o método de Gumbel apresenta uma maior variação nas intensidade de precipitação onde se tem um maior espaçamento entre as curvas (Figura 3), o que não é percebido no método de Jau.

A figura 4 apresenta o comparativo entre as curvas IDF geradas pelos dois métodos, para a cidade de Pelotas, apresentando a intensidade em mm.h^{-1} em função dos tempos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de 120 a 1440 minutos.

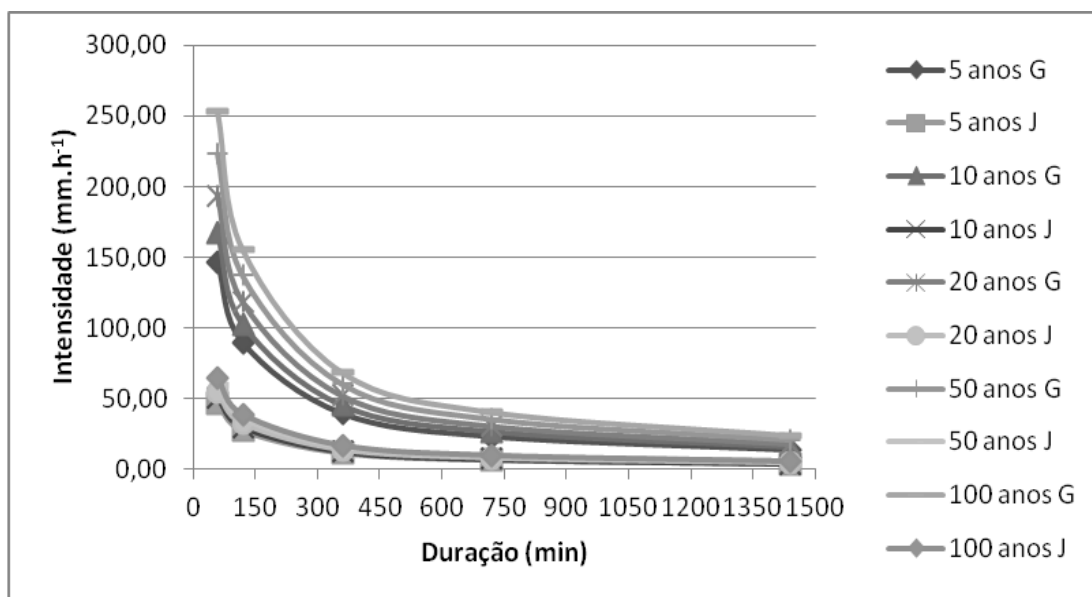


Figura 4. Curva de intensidade-duração-frequência (IDF), com intensidade em mm.h^{-1} para 5, 10, 20, 50 e 100 anos de tempo de retorno com duração de 120 a 1440 minutos.

Observa-se que, quanto menor for duração da chuva, maior a intensidade pluviométrica e maior a variação entre estas, para um mesmo período de retorno. A intensidade pluviométrica é maior para períodos de retorno elevados.

Sansigolo (2008), em seu estudo sobre distribuições de extremos de precipitação diária em Piracicaba SP, usando uma série de dados de 1917 a 2006, concluiu que a distribuição de Gumbel foi a que melhor se ajustou aos extremos de precipitação máxima diária. São apresentados resultados sobre os valores esperados, assim como seus intervalos de confiança, para períodos de retorno de até 500 anos. O trabalho desenvolvido por Sansigolo (2008) se assemelhou com os resultados encontrados neste trabalho, onde as curvas em função da intensidade pelo método de Gumbel apresentaram variações o que não pode ser observado pelo método de Jau.

Segundo Moruzzi (2009), seu trabalho teve como objetivo a obtenção da equação de intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Rio Claro, SP. Para tal, foram analisados os dados pluviométricos disponíveis nos quatro postos localizados na área do município. Preliminarmente, foram obtidas as séries de máximas alturas médias para chuva de 1 dia (h_{diamax}). Posteriormente, foram verificados os ajustes de distribuições teóricas de probabilidade aplicando os métodos de Foster e Gumbel e obtidas as chuvas h_{diamax} para diferentes períodos de recorrência (2, 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos).

O Método das Relações das Durações foi utilizado para desagregação da chuva de 1 dia. A equação de chuva intensa foi obtida por meio do ajuste empregando a regressão não linear dos dados por meio do algoritmo de Marquardt. Finalmente, os resultados foram comparados com a IDF de Piracicaba. Os resultados indicam que a equação pode ser utilizada na quantificação de chuvas intensas em projetos de engenharia no município de Rio Claro.

Fechine Sobrinho (2014) em seu estudo procurou fazer a validação da metodologia de desagregação de chuvas das isozonas e sua utilização no desenvolvimento de equações IDF (Intensidade-Duração-Frequência) para três municípios da Região Metropolitana do Cariri, Ceará, desprovidos de pluviógrafos. As precipitações máximas diárias anuais foram ajustadas e testadas pelas distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal II-P, Log-Normal III-P, Gama II-P e Gama III-P. As precipitações máximas diárias anuais utilizadas na aplicação do método das isozonas se ajustaram, respectivamente, às distribuições Gama III, Log-Normal II e Gama II; entretanto, verificou-se que outras funções podem ser utilizadas sem perda significativa na precisão das estimativas; esses resultados indicam a viabilidade da utilização do método das isozonas como alternativa na elaboração das equações IDF em regiões não monitoradas.

Já Pereira (2014) teve por objetivo no seu trabalho estimar as equações de precipitação máxima para o Estado de Mato Grosso do Sul por meio do ajuste da metodologia de desagregação de chuvas de 24 horas, em função dos dados obtidos das estações pluviográficas de Dourados e de Campo Grande. Para tanto, foram utilizados dados consistidos em 105 estações pluviométricas, disponíveis no banco de dados da ANA. Com base nos resultados, foi possível concluir: as equações de chuvas intensas obtidas pela análise de pluviogramas apresentaram coeficiente de determinação acima de 99%; e o desempenho do ajuste da metodologia de desagregação de chuvas de 24 horas foi classificado como ótimo, com base no erro médio relativo ao índice de concordância de WILMOTT (1982).

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos no cálculo de EPE neste trabalho, foi possível verificar que os dois métodos comparados neste estudo são adequados para as durações de até 30 minutos para a cidade de Pelotas.

O método de Gumbel é um dos mais utilizado e mencionado na literatura, porém com os resultados desta pesquisa foi possível concluir que esta metodologia apresenta os maiores valores de intensidade de precipitação em relação a equação desenvolvida por Jau (1992).

Os gráficos de IDF gerados poderão servir de subsídio para obras e estruturas hidráulicas, bastando analisar a duração desejada não sendo inferior a 30 minutos e o tempo de retorno para obtenção da intensidade de precipitação em mm.h^{-1} .

REFERÊNCIAS

BEIJO, Luiz Alberto **Distribuição de Gumbel: estudo de métodos de estimação dos parâmetros e ajuste aos dados de precipitação máxima de Lavras, MG**. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Universidade Federal de Lavras, 2002.

BALBINOT, Rafaelo; et.al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**, v.4, n.1, p.131-149, 2008.

BERTONI, Juan Carlo; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli 1993. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. Cap. 5, p. 177-241.

DAMÉ, Rita de Cássia Fraga et al. Comparação entre curvas intensidade-duração-frequência de ocorrência de precipitação obtidas a partir de dados pluviográficos com àquelas estimadas por técnicas de desagregação de chuva diária. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 12, p.505-509, out. 2006.

DAMÉ, Rita de Cássia Fraga; TEIXEIRA, Cláudia Fernanda Almeida; TERRA, Viviane Santos Silva. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas - RS. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p.245-255, abr. 2008.

EAP- ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS, Convênio Embrapa/UFPEL. Disponível em: <<http://agromet.cpact.embrapa.br>> acesso em: 02/03/2015.

FECHINE SOBRINHO, Vicente. et al. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p.727-734, 2014.

FREIRE, Fabrícia Rezende; BEIJO, Luiz Alberto; Análise dos métodos de estimação para os parâmetros da distribuição Gumbel na precipitação de chuvas máximas para a cidade de Piracicaba-SP. **XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**, 2010.

HEIDEN, Gustavo et.al. Comercialização de carqueja por ervateiros da zona central de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 2, jul. 2006. Semestral.

HERNANDEZ, Valter. Regionalização dos parâmetros de escala em chuvas intensas. **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 13 n. 1, p. 91-98, 2008.

KÖPPEN, William. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica. 1931.

MESQUITA Wilson Oliveira; GRIEBELER, Nori Paulo; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2009.

MORUZZI, Rodrigo Braga; OLIVEIRA, Samuel Conceição. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, v. 13, n. 0, p.59-68, maio 2009.

OLIVEIRA, Alisson Souza. et al. Aplicabilidade da distribuição GEV ao estudo da precipitação máxima diária anual na região sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 6, n. 1, p.31-44, abr. 2014. Trimestral.

PELOTAS, **Prefeitura Municipal de Pelotas**. 2013. Clima. Secretaria de Desenvolvimento Turismo. Disponível em < <http://www.pelotas-turismo.com.br/atencao-ao-turista/clima/> >. Acesso em: 14 maio 2015.

PELOTAS, **Prefeitura Municipal de Pelotas**. 2014. Prefeitura de Pelotas. Disponível em <www.pelotas.com.br>. Acesso em 7 abr.2015.

PEREIRA, Silvio. Bueno. et al. Method adjustment and equation set of maximum rainfall intensity, duration and frequency in the Mato Grosso do Sul State. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p.716-726, jul. 2014.

ROBAINA, Adroaldo Dias; PEITER, Márcia Xavier. Modelo de desagregação e de geração de chuvas intensas no RS.In: **Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola**, 21.; **Simpósio De Engenharia Agrícola Do Cone Sul**, 1., 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p.746-53.

SILVA, Rafael Cruz da. Análise das áreas suscetíveis à erosão na bacia do Arroio Pelotas (RS), com auxílio do geoprocessamento. **Dissertação** (mestrado em geografia) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS, 2009.

SANSIGOLO, Clóvis Angeli. Distribuição de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SOUZA, Vinícius Alexandre Sikora de; et al. Análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias de Jaru e Machadinho d'Oeste– RO, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 1, p.80-85, jan-mar 2013. Bimestral.

TAMMETS, Tiina; JAAGUS, Jaak. Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. **Theoretical and Applied Climatology**.v.111, n.3-4 p.623-639. 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS,2001. 943 p.