

ANÁLISE DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ, RONDÔNIA

ANALYSIS OF EXTREME RAINFALL EVENTS IN THE CITY OF JI-PARANÁ, RONDÔNIA

Vinicius Alexandre Sikora de Souza
vass1000@hotmail.com
Universidade Federal de Rondônia – UNIR

Rhayanna Kalline do Nascimento
rhayannakalline@hotmail.com
Universidade Federal de Rondônia – UNIR

Ronei da Silva Furtado
wayneronei@hotmail.com
Universidade Federal de Rondônia – UNIR

Ana Lúcia Denardin da Rosa
atecivil2006_02@yahoo.com.br
Universidade Federal de Rondônia – UNIR

RESUMO: Chuvas intensas são fenômenos meteorológicos que provocam cheias nos sistemas de drenagem tais que as vazões de pico atingem valores próximos da capacidade máxima de tais sistemas. Atualmente a melhor solução para a caracterização e estimativa desta variável é a utilização de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), as quais consistem em modelos matemáticos semi-empíricos que prevêem a intensidade precipitada por meio da duração e distribuição temporal. Este trabalho tem por objetivo estimar a Equação de Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas para o município de Ji-Paraná – RO, situado na Amazônia Ocidental, constituindo dessa forma curvas IDF para tal localidade. Utilizou-se uma série de dados entre os anos de 1975 e 1997, a qual foi analisada pela distribuição de Gumbel, sendo a mesma posteriormente relacionada, por meio da desagregação de chuva diária, para períodos de retorno compreendendo 2 a 100 anos e durações pluviométricas de 5 minutos a 24 horas. Constatou-se que a equação confeccionada por este estudo apresenta uma vasta aplicabilidade em obras e atividades hidrológicas, devido à grande amplitude dos intervalos utilizados. Além disso, verificou-se que tal expressão mostra-se viável de uso, pelas análises e testes estatísticos, a qual foi submetida, onde foi observada uma relação perfeitamente positiva entre a intensidade precipitada em relação a duração e período de retorno. Além de ser possível afirmar com 99,995% de confiança que tal equação é significativa para os dados utilizado.

Palavras-chave: Amazônia Ocidental. Curva de Intensidade-Duração-Frequência. Testes estatísticos. Chuvas Intensas.

ABSTRACT. Heavy rains are meteorological phenomena that provoke floodings in the drainage systems that lead the flows to achieve peak values near the maximum capacity of such systems. Currently the best solution for the characterization and estimation of this variable is the use of intensity-duration-frequency curves (IDF), which consist in the semi-empirical mathematical models that predict the intensity precipitated by the duration and temporal distribution. This paper aims to estimate the IDF Equation of heavy rains for the city of Ji-Paraná, Rondônia, located in the Western Amazon, forming IDF curves for the cited location. It was used series of data between 1975 and 1997, which was analysed through the Gumbell distribution, the same being subsequently linked – through the disaggregation of daily rainfall – to return periods comprising 2 to 100 years and rainfall durations of 5 to 24 hours. It was found that the equation provided by this study presents a wide applicability in hydrological works and activities, due to the large width of the ranges used. Furthermore, it shows that this expression is feasible to use for statistical analysis and testing, to which it has been subjected, where a perfectly positive relation was observed between the intensity precipitated with respect to duration and time of return. Besides, it is possible to affirm with 99,995% of confidence that this equation is significant for the data used.

Keywords: Western Amazon. Intensity-Duration-Frequency Curve. Statistical Testing. Intense Rains.

1. INTRODUÇÃO

As chuvas constituem-se na principal entrada de água em uma bacia hidrográfica. Sua quantificação, bem como o conhecimento da forma como se distribui temporal e espacialmente são essenciais em estudos relacionados à necessidade de irrigação, disponibilidade de água para abastecimento doméstico e industrial, erosão do solo, controle de inundações, entre outros (DAMÉ, TEIXEIRA e TERRA; 2008).

Chuvas intensas, segundo Righetto (1998), são fenômenos meteorológicos que provocam cheias nos sistemas de drenagem tais que as vazões de pico atingem valores próximos da capacidade máxima de tais sistemas. Ou como confirma Silva *et al.* (2003), chuvas intensas, também denominadas chuvas extremas ou máximas, são aquelas que apresentam grande lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo.

Segundo Cardoso *et al.* (1998), o conhecimento das características das precipitações intensas é fundamental para o planejamento de práticas de conservação do solo e da água, de manejo de bacias hidrográficas e para o dimensionamento de estruturas hidráulicas em geral. Geralmente tais precipitações são capazes de gerar grande quantidade de escoamento superficial. Cecilio *et al.* (2009) afirma que as precipitações intensas podem causar grandes prejuízos em áreas agrícolas, como a inundação de terras cultivadas, a erosão do solo, a perda de nutrientes, o assoreamento e a poluição de corpos d'água.

Atualmente a melhor solução para a caracterização e estimativa desta variável é a utilização de curvas Intensidade-Duração-Frequência, as quais consistem em modelos matemáticos semi-empíricos que prevêem a intensidade precipitada por meio da duração e distribuição temporal. Eltz *et al.* (1992) afirmam que a análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo das chuvas, devido a grande variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, as quais não podem ser previstas em bases puramente determinísticas.

Para Tucci *et al.* (2004), esses modelos constituem as principais características da chuva. Portanto as mesmas são estimativas que visam atender as características específicas da precipitação na localidade para qual o modelo é confeccionado, por meio de análises estatísticas, devido as chuvas intensas ajusta-se à distribuição de Gumbel.

No entanto, segundo Cardoso, Ullmann e Bertol (1998) o conhecimento das características das chuvas é bastante escasso na maior parte do Brasil e, mesmo em regiões que apresentam satisfatória densidade de postos pluviométricos, os dados disponíveis são

inadequados para uma utilização imediata, devido a tais dados apresentarem apenas intensidades em espaços de tempo maiores ou iguais a um dia. Para Pereira, Silveira e Silvino (2007), uma provável causa para essa escassez é o fato do país apresentar uma área muito grande, o que dificulta o registro de tais dados. Na elaboração de projetos na área de recursos hídricos em locais distantes dos grandes centros, torna-se difícil devido a falta de estudos relacionados a esses registros.

A dificuldade da geração dos modelos que descrevem a relação IDF, se resume na disponibilidade de dados pluviográficos e na baixa densidade desses registros no território brasileiro; além disso, a metodologia para sua obtenção exige um exaustivo trabalho de tabulação, análise e interpretação de grande quantidade de pluviogramas (CECÍLIO E PRUSKI, 2003).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com propostas de métodos mais eficientes para o ajuste estatístico de dados de precipitação máxima. Entretanto, existe uma defasagem entre a teoria e a prática, que dificulta a aplicação de novas técnicas (DAUD *et al.*, 2002).

Porém, algumas metodologias foram desenvolvidas no Brasil para a obtenção de chuvas de menor duração a partir de dados pluviométricos, tais metodologias empregam coeficientes para transformar chuvas de um dia em chuvas de menor duração, sanando desta forma os problemas apontados por Silva *et al.* (1999), Martinez Júnior (1999) e Costa e Brito (1999), quanto ao pequeno período de observações disponível no que refere-se na estimativa dos parâmetros da equação de intensidade-duração e frequência da precipitação. Dentre essas metodologias destaca-se a da desagregação da chuva, sendo o uso desta bastante eficiente, pois tem sido aplicado em diversos estudos dentre os quais destacam-se Matos Neto e Fraga (1983); Cardoso, Ullmann e Bertol (1998); Oliveira *et al.* (2000); e Pereira, Silveira e Silvino (2007).

Devido à grande carência de informações relativas às equações de chuvas intensas, para todas as localidades do Estado de Rondônia, a alternativa para a realização de projetos de obras hidráulicas tem sido utilizar informações de localidades que sejam mais próximas e apresentam características similares ao da região na qual o projeto é realizado. Este procedimento, entretanto, pode levar a estimativas pouco confiáveis.

Tendo em vista a importância que representa a definição das equações de chuva para dimensionamento de pequenas obras hidráulicas no Estado de Rondônia observou-se a necessidade de estimar a função IDF para o município de Ji-Paraná, o qual, segundo IBGE (2010), possui 116.610 habitantes e uma área de 6.897 km², sendo o segundo município mais

populoso do Estado de Rondônia. Além disso, este município tem como uma das bases de sua economia a agricultura, sendo esta ocupação diretamente influenciada pelas chuvas intensas. Portanto, tal informação posteriormente pode ser empregada na otimização dos processos dessa atividade e ser aplicada no dimensionamento das obras hidráulicas de tal localidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Ji-Paraná encontra-se no Estado de Rondônia, o qual localiza-se na Amazônia Ocidental, entre os paralelos de 7° 58' e 13° 43' de Latitude Sul e meridianos de 59° 50' e 66° 48' de Longitude Oeste. Na classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como CWa (tropical-quente e úmido), com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18 °C (megatérmico) e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre no Estado um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês. (SEDAM, 2009). Segundo Aguiar et al. (2006), a temperatura média anual oscila de 24°C na estação chuvosa a 25°C na seca. A precipitação pluviométrica anual é em média acima de 2.000 mm, com umidade relativa do ar média de 82% (WEBLER; AGUIAR; AGUIAR, 2007).

Esta região, segundo SEDAM (2009), não sofre grandes influências da continentalidade, ou seja, maior ou menor distância em relação ao mar.

A estação pluviométrica, Figura 1, da qual se obteve os dados para a realização deste estudo, está localizada na latitude 10° 50' 58'' S e longitude 62° 55' 50'' O.

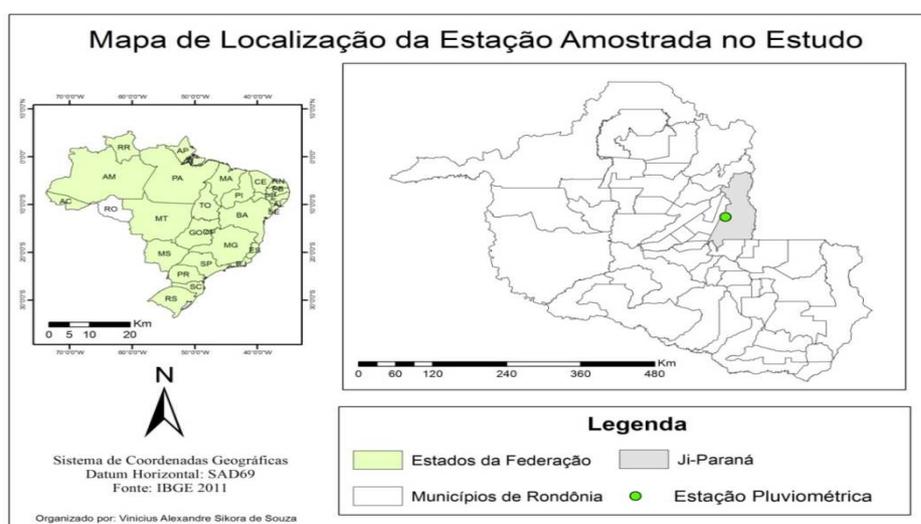


Figura 1. Localização da estação pluviométrica, no município de Ji-Paraná.

2.2. Análise dos dados

No trabalho foi utilizada a maior série histórica de chuva máxima de “um dia” do município de Ji-Paraná, Figura 2, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Essa série possui o período de dados compreendido entre os anos de 1975 e 1997. Foram excluídos destes dados os intervalos que apresentaram falhas de medição, ficando portando com 262 meses efetivos que foram utilizados nas análises estatísticas.

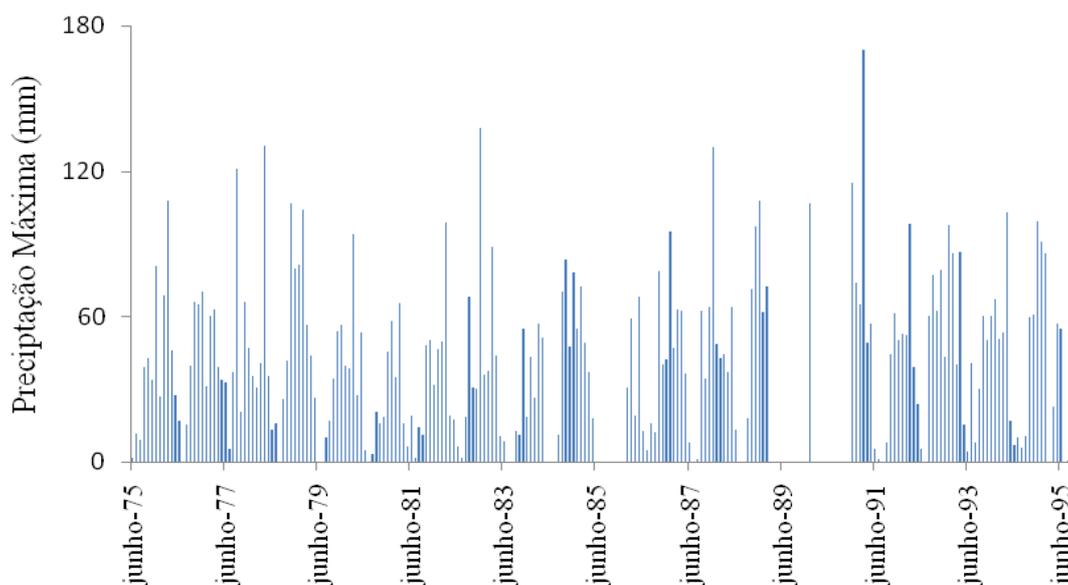


Figura 2. Série histórica da precipitação máxima de “um dia” por mês, para o município de Ji-Paraná.

Posteriormente obteve-se desta série histórica a altura máxima de chuva de “um dia” para cada ano, constituindo, dessa forma, a série de chuvas máximas anuais. Após isto, os dados foram organizados em ordem decrescente, sendo calculados a média aritmética e o desvio-padrão da amostra. Para que dessa maneira fosse possível analisar estatisticamente a probabilidade e o período de retorno das chuvas intensas, foi utilizada a distribuição de Gumbel, a qual se mostra mais eficiente em descrever o fenômeno das chuvas intensas, como Hershfield e Kohler (1960) comprovaram, ao analisar os dados de milhares de estações pluviométricas nos Estados Unidos.

A variável reduzida de Gumbel (y) foi obtida pela Equação 1, como preconizado por Gumbel (2004).

$$y = \frac{s_y}{s_x} \left[x_i - \left(x_m - s_x \frac{y_m}{s_y} \right) \right] \quad (1)$$

Onde:

s_x – desvio-padrão da série;

x_i – valor de um elemento da amostra;

x_m – média da amostra da série anual finita de n valores;

s_y – desvio-padrão, valor tabelado;

y_m – média da variável reduzida (y), a qual é tabelada em função do número de dados da amostra.

O período de retorno (Tr), definido como o intervalo médio, em anos, em que um valor qualquer de chuva é igualado ou superado, pelo menos uma vez é estimado pela Equação 2. Sendo tal expressão função da base dos logaritmos neperianos (e).

$$Tr = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (2)$$

Os dados posteriormente foram plotados em um gráfico (Figura 3), que apresentasse as mesmas características do papel log-probabilístico, conhecido também como papel de Gumbel, ou seja, os pontos correspondentes às alturas máximas de chuva (p) ficaram na ordenada, em escala aritmética, e o período de retorno, em anos, correspondente na abscissa, em escala logarítmica-probabilística.

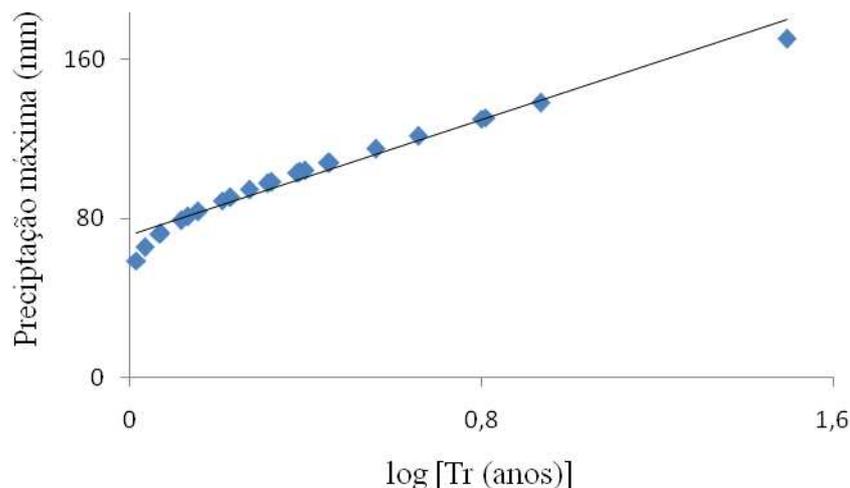


Figura 3. Retas de ajuste dos dados de precipitação máxima em relação ao período de retorno, para o município de Ji-Paraná.

Após esta ação ajustou-se uma reta, Equação 3, que compreendeu a amplitude dos dados analisados, pois a mesma apresentou um coeficiente de ajuste de 96%. Assim tornou-se possível estimar para diversos períodos de retorno as precipitações máximas com duração de “um dia”, podendo até mesmo extrapolar informações para períodos de retorno maiores do que os contidos no intervalo desses dados.

$$p = (72,398)\log(Tr) + 71,379 \quad (3)$$

Depois de obtidas as alturas das chuvas para os períodos de 2 a 100 anos, estimou-se as prováveis intensidades máximas médias para todas as durações de chuva de 5 minutos a 24 horas, por meio da desagregação de chuva diária, sendo para tal procedimento utilizado os quocientes das relações médias a nível nacional obtidos por CETESB (1979), explicitado em Tucci *et al.* (2004).

Ao obter as informações de alturas máximas para os períodos e durações pretendidos, gerou-se a equação IDF, para este município de Rondônia, por meio do estabelecimento das constantes - K, a, b e c - pelo método dos mínimos quadrados, para a equação IDF geral, Equação 4, que segundo Villela e Mattos (1975) é o modelo matemático mais utilizado para expressar a relação IDF da precipitação.

$$i_m = \frac{K \cdot Tr^a}{(t+b)^c} \quad (4)$$

Onde:

i_m – intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

K, a, b, c – parâmetros relativos à localidade.

2.3. Validação da Curva IDF

Na verificação da eficiência da equação IDF proposta por este estudo, utilizou-se o coeficiente de regressão (r^2) de ajuste da função aos pontos e realizou-se o teste de hipótese t-pareado - com nível de significância (α) de 0,005 - para comprovar se os dados medidos diferem estatisticamente dos dados estimados pela função, sendo estabelecida como hipótese nula (H_0) que tais dados sejam iguais e como hipótese alternativa (H_1), que os mesmos diferem entre si. O critério de decisão foi baseado no valor-p, pois a hipótese de nulidade seria

rejeitada para valor-p menor do que α . Ressalta-se que em tais análises, houve a necessidade de transformar os dados para que os mesmos apresentassem distribuição normal com nível de significância igual ao especificado acima, a fim de atender os critérios para a validade de tais processos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se ao analisar os dados de precipitação máxima de “um dia” entre os anos de 1975 a 1997 do município de Ji-Paraná (Figura 4), que os períodos que apresentaram maior magnitude de chuvas intensas foram 1991 e 1982, ambos com uma altura precipitada de 170 mm e 138 mm respectivamente, sendo a frequência de retorno destes fenômenos estimada em aproximadamente 31 e 8 anos, pela distribuição de Gumbel. No entanto Franca et al. (2011), encontrou ao analisar uma região próxima a área estudada que a variabilidade interanual da precipitação pluvial que os anos de 1992 (2186,1 mm), 1995 (2136,2 mm), 2001 (2064,9 mm) e 1993 (2053,8 mm) foram, nessa ordem, os mais chuvosos do período.

A aleatoriedade de tais eventos pode estar associada a fenômenos meteorológicos como, por exemplo, o *El Niño*, o qual é caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial (porção centro - oeste) e pelo enfraquecimento dos ventos alísios de leste, provocando alterações climáticas e prejuízos financeiros em várias partes do Globo (AMORIN et al, 2002).

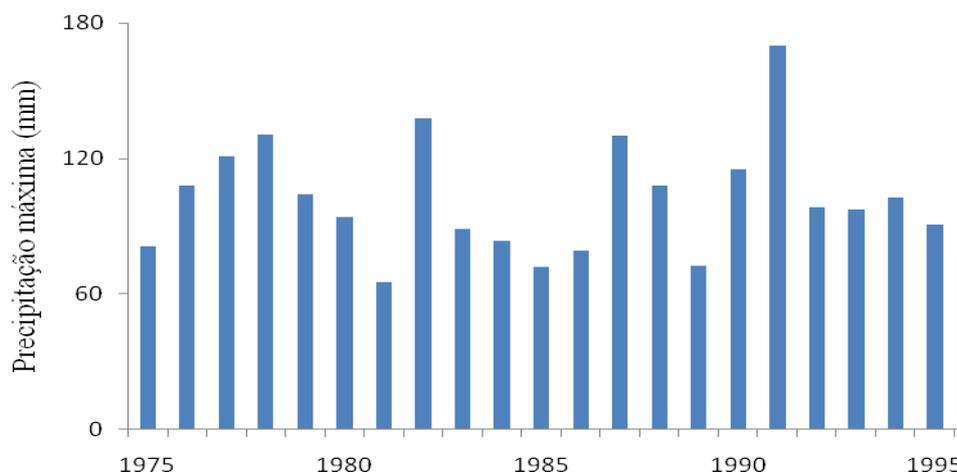


Figura 4. Série histórica da precipitação máxima de “um dia” por ano, para o município de Ji-Paraná.

No entanto o ano de 1996 apresentou a menor precipitação extrema da série histórica, sendo a mesma de 58,7 mm. Concordando desta forma com o estudo de Franca et al. (2011), o qual ao analisar as precipitação de um município próximo a Ji-Paraná, apontou tal ano como um dos períodos de menor precipitação observada para o período entre 1983 a 2010. Portanto denota-se a presença de algum fenômeno climático que interferiu de forma expressiva na chuva deste ano, como o *La Niña*, que, segundo Cunha et al. (2001) provocou um período de estiagens prolongado na região sul do Brasil.

A altura precipitada no ano de 1990 representou pouco mais da metade da média para o período estudado, que foi de 100,56 mm, justificando dessa maneira o alto valor encontrado para o desvio padrão da série, 25,91. Esta alta dispersão dos dados de precipitação, indicada pelo desvio padrão, também foi mostrada por Mehl et al. (2001), que ao caracterizar os padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria – RS, observou desvios padrões acima de 30 em precipitações com duração de 10 min.

Destaca-se ainda que o alto índice de precipitação observado nessa série histórica, exibida na Figura 4, é característico dos aspectos climáticas da região, pois segundo SEDAM (2009), a média anual da precipitação pluvial no Estado de Rondônia varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano.

A equação confeccionada por este estudo, Equação 5, para estimar a intensidade das precipitações máximas utilizou-se como base durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 480, 600, 720 e 1.440 min; e períodos de retorno do fenômeno de 2, 5, 10, 20, 100 anos. Logo a mesma apresentou uma grande faixa de aplicação, devido à amplitude dos intervalos, assim tal estimativa pode ser utilizada em várias obras hidráulicas.

$$I_m = \frac{(951,5419)T_r^{0,1985}}{(t+13,8681)^{0,7157}} \quad (5)$$

Na Figura 5 torna-se possível observar que a equação proposta apresenta o comportamento típico para as curvas IDF, ou seja, a intensidade é indiretamente proporcional a duração, como constata Pereira et al. (2007), para os estudiosos da área isso é uma conclusão normal observar que quanto menor for a duração da precipitação, maior é a intensidade média.

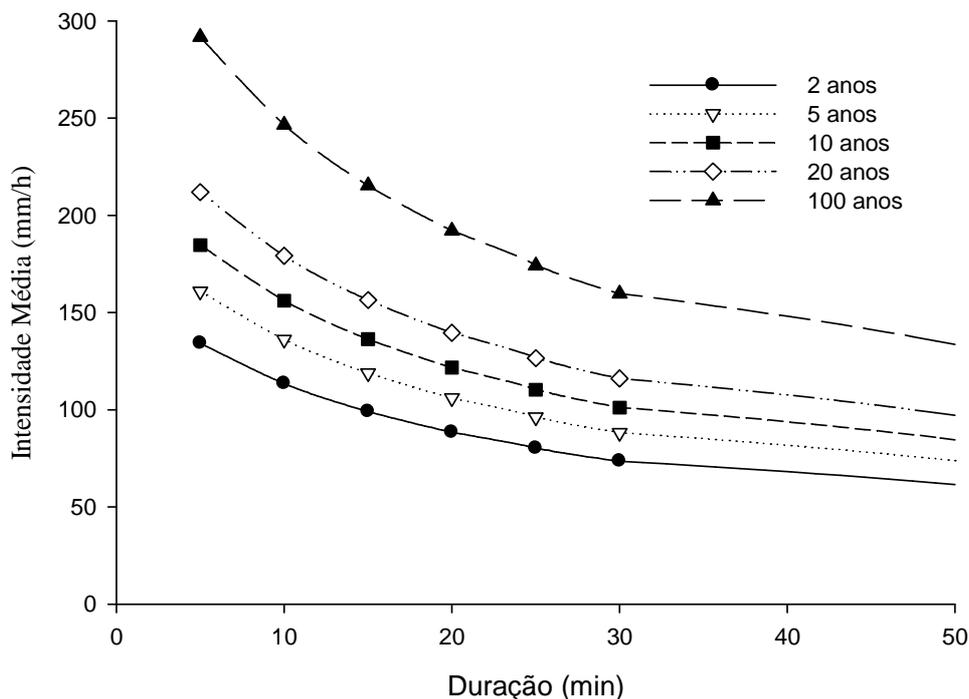


Figura 5. Curvas IDF do o município de Ji-Paraná.

Ressalta-se, na Figura 5, que precipitações com durações de 5 min e períodos de retorno de 100 anos podem gerar intensidades de aproximadamente 291,7 mm/h e quando comparado a chuvas de mesma duração e T_r menores, como por exemplo 2 anos que possui uma intensidade de 134,18 mm/h, verifica-se uma relação diretamente proporcional entre a intensidade e o período de retorno, evidenciando dessa forma a diferença no uso do T_r para o dimensionamento de obras hidráulicas, que conforme o seu grau de complexidade, estas têm a magnitude do período de retorno aumentada, pois conforme Beijo *et al.* (2005) projetos hidráulicos geralmente são concebidos considerando o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requerendo a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, tais como máximas vazões ou precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade.

Vale salientar que a Equação 5 apresentou um coeficiente de regressão de aproximadamente 0,993, indicando dessa forma que 99% da variação dos dados da intensidade são explicados pela variação da duração e período de retorno. Assim, o coeficiente de correlação (r) desta estimativa encontra-se na faixa de aproximadamente 1, demonstrando, segundo Levin (1977) citado por Elias *et al.* (2009), que a relação de i_m é perfeitamente correlacionada de forma positiva com as outras duas variáveis.

Ao que confere o teste de hipótese foi possível demonstrar que não existem evidências estatísticas que comprovem que os dados estimados pela equação difiram dos dados medidos, pois obteve-se um valor-p de 0,624, sendo este maior que o nível de significância estipulado para o teste, portanto rejeitou-se a hipótese alternativa. Logo se observa que a extrapolação de dados para o período de 100 anos não causou distorções de grande magnitude que pudessem comprometer a estimativa desta equação, mesmo os dados disponíveis conterem Tr máximo de 31 anos. Assim sendo, pode-se afirmar com 99,995% de confiança que a Equação 5 é significativa para os dados utilizados, o que confirma a viabilidade do uso desta equação para os processos que a mesma se destina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado confirma que a equação proposta para se estimar a intensidade das precipitações máximas é de grande aplicabilidade para o município, apresentando alto grau de correlação com as variáveis relacionadas, ou seja, com a duração e o período de retorno do fenômeno.

Essa constatação foi realizada a partir de análises estatísticas e de comparações com dados da literatura, sendo possível verificar também o alto grau de confiabilidade da curva IDF proposta para Ji-Paraná, o que demonstra sua grande utilidade como subsídio no dimensionamento de obras hidráulicas.

5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. G.; VON RANDOW, C.; PRIANTE FILHO, N.; MANZI, A. O.; AGUIAR, L. J. G.; CARDOSO, F. L. Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 248-257, 2006.

AMORIM, R.C.F.; RICIERI, R.P.; VIRGENS FILHO, J.S.; SILVA JÚNIOR, R.S.; GNOATTO, E. Determinação do período de retorno da precipitação pluviométrica por meio da distribuição de Gumbel para a região de Cascavel/PR. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais ...**, Foz de Iguaçu-PR, 2002, pp. 72-76.

BEIJO, L.A.; MUNIZ, J.A.; CASTRO NETO, P. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 3, pp. 657-667, 2005.

CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da Desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.22, n.1, pp.131-140, 1998.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.501-504, 2003.

CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PRUSKI, F.F.; HOLLANDA, M.P.; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 3, pp. 82-92, 2009.

COSTA, A. R.; V. F. BRITO. Equações de chuva intensa para Goiás e sul de Tocantins. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13. **Anais ...**, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. [CD-Rom].

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. Influência do fenômeno ENSO sobre a cultura de trigo no Brasil. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E II REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais ...**, Fortaleza, 2001.

DAMÉ, R. de C. F.; TEIXEIRA, F. A.; TERRA, V. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-freqüência para Pelotas – RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Jaboticabal, v.28, n.2, p.245-255, abr./jun. 2008.

DAUD, Z. M., KASSIM, A.H.M., DESA, M.N.M., NGUYEN, V., Statistical analysis of at-site extreme rainfall processes in Peninsular Malaysia. In: **LANEN H A J V, DEMUTH S (eds.)**. FRIEND 2002 – Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice. United Kingdom: IAHS Publications, n.274, 2002. 518p.

ELIAS, Z.S.; LUIZ ALBERTON, L., VICENTE, E.F.R.; REBELLO, M.; BONIFÁCIO, R.C. Rateio dos custos indiretos: aplicação da análise de correlação e de regressão. **Rev. de Con. do Mês. em Ci. Com. da UERJ (online)**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, pp. 50-66, 2009.

ELTZ, F.L.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.265-269, 1992.

FRANCA, R.R.; RIBEIRO, A.F.A.; ZUFFO, C.E.; GOVEIA, G.R.T. Climatologia e variabilidade interanual da precipitação pluvial em Rolim de Moura (RO) – período 1983-2010. I Simpósio Hídrico da Zona da Mata. **Anais...**, Rolim de Moura, FARO, 1, pp. 78-82, 2011.

GUMBEL, E.J. **Statistics of extremes**. Dover Publications, New York, 416 p., 2004.

HERSFIELD, D. M.; KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure. **J. Geophys. Res.**, v. 65, n. 6, pp. 1737-1746, 1960.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades por Unidades Federativas**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

MARTINEZ JÚNIOR, F. 1999. Análise das precipitações intensas no Estado de São Paulo. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13. **Anais ...**, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, [CD-Rom].

MATOS NETO, C. E. A.; FRAGA, N. S. Equação de chuvas intensas para a cidade de Fortaleza. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, **Anais...**, Blumenau, 5, pp. 641-650, 1983.

MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÉ, I.A. (2001). Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, pp. 475-483, 2001.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; BARBOSA, F. O. A.; ROMÃO, P. A.; CARVALHO, D. F. Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades no estado de Goiás pelo método da desagregação de chuvas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, pp. 23-27, 2000.

PEREIRA, C.E. SILVEIRA A.; SILVINO, A.N.O. Estudo de chuvas intensas e estimativa da equação IDF para a cidade de Barra do bugres – MT. I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, **Anais ...**, Cuiabá, 2007.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos, Universidade de São Paulo, 840 p., 1998.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Boletim Climatológico de Rondônia – 2008**. SEDAM, Porto Velho, 36 p., 2009.

SILVA, D.D.; PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; GOMES FILHO, R.R.; LANASE, A.M.Q.; BAENA, L.G.N. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.11, n.1-4, pp.7-14., 2003

TUCCI, C.E.M. et al. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, UFRGS/ABRH, 943 p., 2004.

VILLELA S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p, 1975.

WEBLER, A. D. ; AGUIAR, R. G. ; AGUIAR, L. J. G. Características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem no Estado de Rondônia. **Revista Ciência e Natura**, v. Esp., p. 55-58, 2007.