

EQUAÇÃO DE INTENSIDADE-DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE OURO PRETO DO OESTE, RONDÔNIA.

Vinicius Alexandre Sikora de Souza^{1*}; *Bruno Iglesias Dinato*²; *Marcos Leandro Alves Nunes*³;
*Otto Corrêa Rotunno Filho*⁴.

Resumo - Este estudo objetiva a geração da equação IDF do município de Ouro Preto do Oeste -RO e sua correspondente avaliação de eficiência por meio da comparação dos dados por ela estimados com os modelados estatisticamente. Utilizou-se a estação 1061003 do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), que conta com a maior série histórica disponível de chuva máxima de um dia para o município de Ouro Preto do Oeste (1987-2009). Foram excluídos, desses dados, os intervalos que apresentaram falhas de medição, ficando, portanto, com 443 meses efetivos que foram utilizados nas análises estatísticas. Ao se analisar os dados de precipitação máxima de um dia entre os anos de 1987 a 2009, constatou-se que os períodos que apresentaram maior magnitude de chuvas intensas foram 1991 e 2005, com uma altura precipitada de 123,6 mm/dia e 140,8 mm/dia respectivamente, sendo a frequência de retorno desses fenômenos estimada, pela distribuição de Gumbel, de aproximadamente 13 anos.

Palavras-Chave – Amazônia Ocidental; Curvas IDF; Testes Estatísticos.

INTENSITY-DURATION-FREQUENCY EQUATION OF RAINFALL FOR THE CITY OF OURO PRETO DO OESTE, RONDÔNIA.

Abstract – This study aims at generating the IDF equation for the city of Ouro Preto do Oeste - RO and its corresponding efficiency evaluation by comparing the estimated data with those statistically modeled. We used the station 1061003 from the database of the National Water Agency (ANA), which has the largest available historical record of the maximum rain of one day duration for the city of Ouro Preto do Oeste (1987-2009). From these data, the intervals that showed measurement errors were excluded, which then resulted in 443 months period for effective statistical analyzes. When analyzing the data of maximum precipitation of one day along the years 1987-2009, it was found that periods with higher magnitude of heavy rainfall were 1991 and 2005, with a precipitation height of 123.6 mm/day and 140.8 mm/day respectively, highlighting that the return period of these phenomena was approximately 13 years as estimated by the Gumbel distribution.

Keywords – Western Amazon; IDF curves; Statistical tests.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de eventos hidrológicos extremos é um requisito em projetos de drenagem, em estudos de impermeabilização e em outras obras de engenharia, seja em áreas urbanas ou rurais, na medida em que permite que o projetista considere os riscos existentes com a execução da obra e associe a melhor alternativa, do ponto de vista econômico, sem se desvencilhar das questões técnicas de desempenho e segurança. Todavia tais dados são incipientes e restritos a algumas localidades. Segundo Pinheiro e Naghettini (1998), a insuficiência de dados necessários para a

¹ Mestrando em Engenharia Civil pela UFRJ, Pós Graduando em Engenharia e Segurança do trabalho pela FASA e Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR, vass1000@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

³ Mestrando em Engenharia Civil pela UFRJ e Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

⁴ Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, UFRJ.

estimativa pontual das curvas de frequência de precipitações exige a adoção de técnicas de análise regional para que se obtenha melhor estimativa dos quantis extremos das distribuições.

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). No entanto, essa metodologia de coleta de dados ocasiona um entrave na geração das curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) devido à indisponibilidade de chuvas com durações menores, as quais são fundamentais no processo de modelagem dessas curvas.

Em virtude dessa limitação, o método de desagregação da chuva de 24 horas, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (1979) apud TUCCI (2009) apresenta-se como uma solução, pois gera séries sintéticas, com duração em intervalos menores, por meio de coeficientes que transformam a chuva de 24h em outras de menor duração.

Nesse sentido, uma forma amplamente empregada para a caracterização das chuvas extremas em uma determina localidade é a utilização de curvas IDF. Essas relações consistem em modelos matemáticos semiempíricos que prevêm a intensidade precipitada por meio da duração e distribuição temporal. Destaca-se que a inferência da pluviosidade extrema é possível devido a tais eventos serem potencialmente aderentes a distribuições probabilísticas, propiciando que sejam modeladas estatisticamente. Dessa forma, este estudo objetiva a geração da equação IDF do município de Ouro Preto do Oeste e avaliação da eficiência dessa equação comparando os dados por ela estimados com os dados modelados estatisticamente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Ouro Preto do Oeste encontra-se no estado de Rondônia, o qual se localiza na Amazônia Ocidental, entre os paralelos de 10°05' e 10°55' de latitude sul e meridianos de 61°50' e 62°32' de longitude oeste.

A estação pluviométrica, a partir da qual se obtiveram os dados, no sítio da Agência Nacional de Águas, estação Ouro Preto do Oeste (código 01062000), está localizada na latitude 10°25'51'' S e longitude 62°29'34'' O (Figura 1).

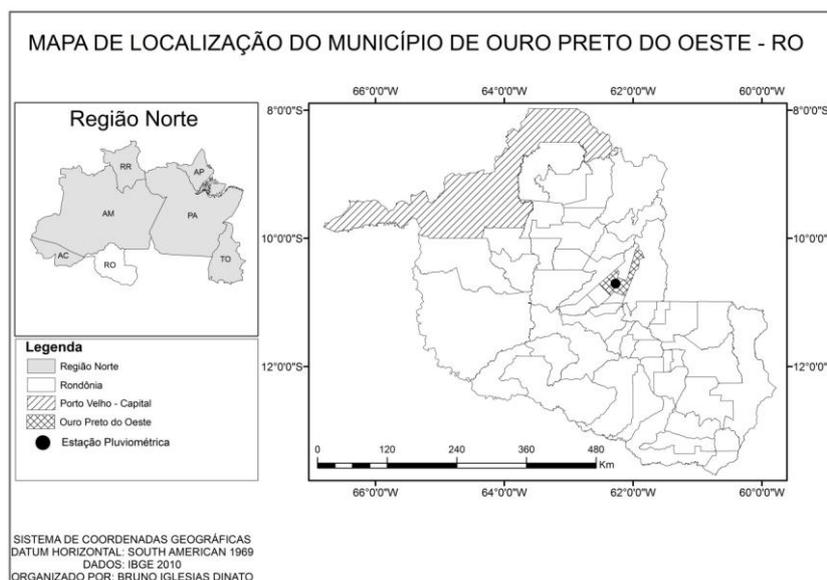


Figura 1 - Localização da estação pluviométrica amostrada no município de Ouro Preto do Oeste.

2.2 Análise dos dados

No trabalho, foi utilizada a maior série histórica de chuva máxima de um dia do município de Ouro Preto do Oeste, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Essa série possui o período de dados compreendido entre os anos de 1983 e 2010. Foram excluídos, desses dados, os intervalos que apresentaram falhas de medição, restando, efetivamente, 443 meses para conduzir as análises estatísticas.

Posteriormente, obteve-se, dessa série histórica, a altura máxima de chuva de um dia para cada ano, construindo-se, mediante esse procedimento, a série de chuvas máximas anuais. Após essa etapa, os dados foram organizados em ordem decrescente, sendo calculados a média aritmética e o desvio-padrão da amostra, para que fosse possível, então, estimar a probabilidade e o período de retorno das chuvas intensas por meio da distribuição de Gumbel. A variável reduzida de Gumbel (y) foi obtida pela Equação 1, como preconizado por Gumbel (2004), na forma

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

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

O período de retorno (Tr) foi estimado pela Equação 2:

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

Os dados, posteriormente, foram dispostos em um gráfico que apresentasse as mesmas características do papel log-probabilístico, também conhecido como papel de Gumbel. Posteriormente a essa operação, ajustou-se uma reta que abrangeu a amplitude dos dados analisados.

Depois de obtidas as alturas das chuvas para os períodos de 2 a 100 anos, estimaram-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 utilizado, para tal procedimento, os quocientes das relações médias a nível nacional obtidos por CETESB (1979), explicitado em Tucci *et al.* (2004).

Ao se obter as informações de alturas máximas para os períodos e durações pretendidos, gerou-se a equação IDF para o município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, por meio do estabelecimento das constantes - K , a , b e c - via método dos mínimos quadrados, para a relação geral IDF, conforme Equação 3, que é o modelo matemático mais utilizado, na literatura, para expressar a relação IDF da precipitação como

$$i_m = \frac{K \cdot Tr^a}{(t + b)^c} \quad (3)$$

onde: i_m – intensidade máxima média de precipitação, em mm/h; e K , a , b , c – parâmetros relativos à localidade.

Na verificação da eficiência da equação IDF proposta por este estudo, utilizou-se o coeficiente de determinação (r^2) de ajuste da função aos pontos e realizou-se o teste de hipótese de Wilcoxon-Mann-Whitney, disponível no MINITAB® Statistical Software, 16.0 demo (MINITAB,

2011), para confirmar se os dados medidos e modelados, segundo a distribuição de Gumbel, diferem estatisticamente dos dados estimados pela função IDF, sendo estabelecida, como hipótese nula (H_0), que tais dados sejam equivalentes, ou seja, que a média das diferenças entre os dados modelados e os dados estimados é igual à magnitude zero, e, como hipótese alternativa (H_1), que os mesmos diferem entre si, ou seja que a média dessa diferença não é igual a zero.

O critério de decisão foi baseado no intervalo construído para essas diferenças com um nível de confiança de 99,5 %. Dessa forma, se o valor zero estiver contido em tal intervalo, aceita-se a hipótese de nulidade, pois a média é estatisticamente igual a zero; caso contrário, a hipótese alternativa seria aceita, pois a assertiva anterior torna-se inverídica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se, ao analisar os dados de precipitação máxima de um dia entre os anos de 1987 a 2009 do município de Ouro Preto do Oeste (Figura 2), que os períodos que apresentaram maior magnitude de chuvas intensas foram 1990 e 2004, com uma altura precipitada de 123,6 mm/dia e 140,8 mm/dia, respectivamente, com frequência de retorno desses fenômenos estimada em aproximadamente 13 anos pela distribuição de Gumbel, confirmando as constatações de Souza (2012). O mencionado autor, ao analisar a mesma região, encontrou, para os anos de 1992 (2186,1 mm), 1995 (2136,2 mm), 2001 (2064,9 mm) e 1993 (2053,8 mm), nessa ordem, os maiores valores anuais precipitados. Por outro lado, os anos de 1989 e 2002 apresentaram a menor precipitação extrema da série histórica, ambos com valor de 65 mm/dia.

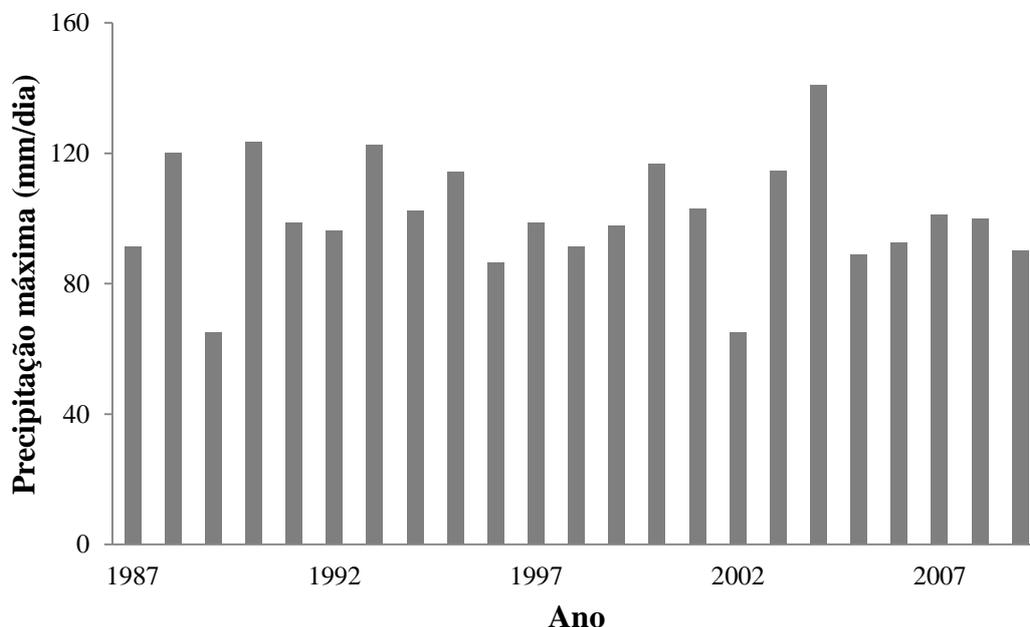


Figura 2 - Série histórica da precipitação máxima de um dia por ano para o município de Ouro Preto do Oeste.

A equação desenvolvida com o presente estudo (Equação 4) para estimar a intensidade das precipitações máximas, explicitada pela Figura 2, teve, como base, durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 480, 600, 720 e 1.440 minutos, conjuntamente com períodos de retorno do fenômeno de 2, 5, 10, 20, 100 anos. Logo, a Equação 4 apresenta uma ampla faixa de aplicação devido à amplitude dos intervalos.

$$i_m = \frac{895,658 \cdot T_r^{0,2042}}{(t+13,8681)^{0,7137}} \quad (4)$$

De forma geral, torna-se possível observar que a equação proposta apresenta o comportamento típico das curvas IDF, ou seja, a intensidade é inversamente proporcional à duração, como constatou Pereira *et al.* (2007). Além disso, verifica-se uma relação diretamente proporcional entre a intensidade e o período de retorno, evidenciando, assim, a diferença no uso do tempo de retorno (T_r) para o dimensionamento de obras hidráulicas, que, conforme o grau de complexidade, têm a magnitude do período de retorno aumentado. De acordo com 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 significativa magnitude, tais como máximas vazões ou precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade.

Vale salientar que a Equação 4 apresentou um coeficiente de determinação de 0,994, indicando que 99,4% da variação dos dados da intensidade são explicados pela variação da duração e do período de retorno. Assim, o coeficiente de correlação (r) dessa estimativa encontra-se na faixa de aproximadamente 1, revelando que a relação de i_m é perfeitamente correlacionada de forma positiva com as outras duas variáveis.

No que se refere ao teste de hipótese de Wilcoxon-Mann-Whitney, foi possível demonstrar que não existem evidências estatísticas significativas que comprovem que os dados estimados pela equação diferem dos medidos, pois foi obtido um intervalo de confiança de -2,600 a 1,370, sendo que, nessa faixa, encontra-se contido o valor zero para o nível de significância estipulado para o teste. Portanto, aceitou-se a hipótese nula. Logo, observa-se que a extrapolação de dados para o período de 100 anos não causou distorções de grande magnitude que pudessem vir a comprometer a estimativa dessa equação. Sendo assim, pode-se afirmar, com 99,5% de confiança, que a Equação 4 é significativa para os dados utilizados, confirmando a viabilidade do uso dessa equação para os processos e funcionalidades a que se destina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado confirma que a equação proposta para se estimar a intensidade das precipitações máximas é de grande aplicabilidade na otimização de processos na agricultura e no dimensionamento de obras hidráulicas para o município de Ouro Preto do Oeste/RO, apresentando alto grau de correlação com as variáveis relacionadas, ou seja, com a duração e o período de retorno do fenômeno.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilidade dos dados, à Universidade Federal de Rondônia, ao CNPq e à FAPERJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, p. 657-667, 2005.

CUTRIM, E. M. C.; MOLION, L. B.; NECHET, D. Chuvas na Amazônia Durante o Século XX. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., Rio de Janeiro, 2000. Anais. Rio de Janeiro, 2000.

GUMBEL, E.J. Statistics of extremes. New York: Dover Publications, 2004.

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

MINITAB. Minitab Statistical Tab. Pennsylvânia: [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.minitab.com>>. Acesso em: 28 de Nov. de 2011.

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. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 1., 2007, Cuiabá. Anais. Cuiabá, 2007.

PINHEIRO, M. M.G., NAGUETTINI, M.; Análise regional da frequência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 3, n.4, Out/Dez, 1998.

SOUZA, V. A. S. (2012). Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia – Brasil. Monografia, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, RO, Brasil.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia. Ciências e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 2009.