

IX-020 - SELEÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PARA CHUVAS EXTREMAS NO ESTADO DA PARAÍBA

Caio Vinícius Paiva Pereira⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Camila Marques Generoso⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras.

Jéssica Soares Freitas⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras.

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira⁽⁴⁾

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Doutor Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Bolsista em Produtividade pelo CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1679 - e-mail: caiovpp@engambiental.ufla.br

Endereço⁽²⁾: Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1679 - e-mail: cmg@engambiental.ufla.br

Endereço⁽³⁾: Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1679 - e-mail: jessica_soares_freit@engambiental.ufla.br

Endereço⁽⁴⁾: Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1679 - e-mail: coutinho@deg.ufla.br

RESUMO

Com o intuito de avaliar as distribuições de probabilidades Gumbel (DG), generalizada de valores extremos (GEV), Log-normal dois parâmetros (LN2) e três parâmetros (LN3), Gama dois parâmetros (GM2) e três parâmetros (GM3), Weibull (DW) e exponencial (DE) na estimativa da chuva diária máxima de estações pluviométricas, da rede da ANA localizada no estado da Paraíba, foram selecionadas 13 estações pluviométricas com no mínimo 15 anos de observações diárias e sem falhas. Para cada estação pluviométrica, foram extraídas as séries parciais anuais dos valores para as quais foram ajustados os parâmetros para cada distribuição de probabilidade utilizada neste estudo. A verificação dos ajustes dos parâmetros foi realizada pelas análises das frequências observadas e teóricas pelo coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS). Com exceção da distribuição exponencial, que não obteve resultado satisfatório para a maioria das estações estudadas, as demais distribuições de probabilidades apresentaram boas estimativas. Com isso, foi calculado o percentual de vezes em que as distribuições de probabilidade utilizadas neste estudo, apresentaram o maior CNS dentro de cada classe. O resultado obtido em ordem decrescente de acordo com cada CNS foi: GEV > LN2 > GM2 > LN3 > DG > GM3 > DW > DE.

PALAVRAS-CHAVE: GEV, Distribuições de Probabilidades, Chuvas intensas.

INTRODUÇÃO

A chuva é um fenômeno natural de extrema importância para a sobrevivência humana. Entretanto, quando ocorrem chuvas intensas, que são aquelas que registram um grande volume de água precipitado, em um curto espaço de tempo, seus efeitos, geralmente, passam a ser danosos (Beijo et al., 2009). A precipitação intensa, ou máxima, é entendida como chuva extrema, com duração, distribuição espacial e temporal crítica para uma área ou bacia hidrográfica. O melhor conhecimento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação pluvial é uma importante etapa na redução da vulnerabilidade humana frente a fenômenos como enchentes ou inundações, erosão do solo e condiciona projetos de obras hidráulicas, notavelmente de sistemas de drenagem, dentre muitas outras aplicações (Blain & Moraes, 2011, Silva & Clarke, 2004).

Segundo Wilks (2006), uma motivação importante para estudo e modelagem da estatística de valores extremos é a estimação das probabilidades de ocorrência de eventos raros e potencialmente prejudiciais à sociedade, tais como os valores máximos de precipitação pluvial diária. Raynal (1997) comenta que um problema que surge na

prática, é o da escolha da distribuição de probabilidade modelo da estatística para a análise de valores extremos. Segundo Quadros et al. (2011), vários modelos de distribuição de probabilidade e métodos de estimação de seus parâmetros foram propostos por meio da literatura científica,

principalmente nas últimas cinco décadas. Apesar do esforço despendido, muito dos procedimentos existentes são caracterizados pelo baixo grau de precisão dos eventos extremos estimadas, principalmente, quando há necessidade de extrapolação dos dados amostrais para grandes períodos de retornos. solos, a deformação da paisagem e danos em construções e instalações. De forma geral, a previsão probabilística da ocorrência de eventos extremos é de vital importância para o planejamento das atividades sujeitas a seus efeitos adversos, e uma forma de modelar esses eventos, é utilizar a teoria dos valores extremos proposta por Fisher e Tippett. Segundo esta teoria, existem três tipos de distribuições assintóticas de valores extremos, a tipo I de Gumbel, a tipo II de Fréchet e a tipo III de Weibull, casos especiais da Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV). Além das distribuições de valores extremos, também são bastante utilizadas para descrever eventos raros as distribuições Log-normal e Pearson 3 (Sansigolo, 2008). Segundo vários autores a distribuição generalizada de valores extremos (GEV) tem tido grande aceitação para descrição dos eventos máximos naturais. Estudos sobre o assunto mostram que a distribuição GEV ajusta valores mais próximos à realidade quando há necessidade de extrapolação dos dados amostrais para grandes períodos de retornos e com o intuito de contribuir para o planejamento de atividades que são influenciadas pela intensidade de água precipitada foi ajustado um modelo de distribuição de probabilidade de chuva intensa por meio da GEV (Blain, 2011, Beijo et al., 2009, Queiroz & Chaudhry, 2006).

Em vista do exposto, este estudo teve como o objetivo de avaliar as distribuições de probabilidade generalizada de valores extremos, Gumbel, Gama 2 parâmetros e 3 parâmetros, Log-normal 2 parâmetros e 3 parâmetros, Weibull e exponencial na estimativa da chuva máxima diária para 13 estações pluviométricas da rede da ANA localizadas no no estado do Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas 13 séries históricas de dados diários de pluviômetros coletados das estações pluviométricas disponíveis no sistema de informação hidrológica Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA), para o estado do Paraíba. Das estações pluviométricas castradas na rede da ANA, foram selecionadas as estações com séries históricas com no mínimo 15 anos de observações diárias e sem falhas. Para cada estação pluviométrica, foram extraídas as séries parciais dos valores extremos para cada ano que compõem a série histórica.

Com base nas séries parciais dos valores extremos, ajustou-se os parâmetros das distribuições de probabilidade generalizada de valores extremos (GEV), Gumbel (DG), Gama 2 parâmetros (GM2) e 3 parâmetros (GM3), Log-Normal 2 parâmetros (LN2) e 3 parâmetros (LN3), Weibull (DW) e exponencial (DE) pelo método dos momentos (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuições de probabilidade empregadas neste estudo

| Distribuição | Equação |
|--------------|--|
| Gumbel | $f(y) = \frac{1}{\alpha_G} \exp \left[-\frac{y - \beta_G}{\alpha_G} - \exp \left(-\frac{y - \beta_G}{\alpha_G} \right) \right]$ |
| Log 2P | $f(x) = \frac{1}{\sigma \sigma_{\ln(x)} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \right]^2 \right\}$ |
| Log 3P | $f(x) = \frac{1}{\alpha_{L3} \Gamma(\beta_{L3})} \left[\frac{\ln(x) - \gamma_{L3}}{\alpha_{L3}} \right]^{\beta_{L3}-1} \exp \left[-\frac{\ln(x) - \gamma}{\alpha_{L3}} \right]$ |
| Gama 2P | $f(x) = \frac{((x/\theta_{G2})^{\eta-1} \exp(-x/\theta_{G2}))}{\theta \Gamma(\eta)}$ |
| Gama 3P | $f(x) = \frac{1}{\alpha_{G3} \Gamma(\beta_{G3})} \left(\frac{x - \gamma}{\alpha_{G3}} \right)^{\beta_{G3}-1} \exp \left(-\frac{x - \gamma}{\alpha_{G3}} \right)$ |
| GEV | $f(y) = \frac{1}{\alpha_{GEV}} \left[1 - k \left(\frac{y - \beta_{GEV}}{\alpha_{GEV}} \right) \right]^{1/(k-1)} \exp \left\{ -\left[1 - k \left(\frac{y - \beta_{GEV}}{\alpha_{GEV}} \right) \right]^{1/k} \right\}$ |
| Weibull | $f(z) = \frac{\alpha_W}{\beta_W} \left(\frac{z}{\beta_W} \right)^{\alpha_W-1} \exp \left[-\left(\frac{z}{\beta_W} \right)^{\alpha_W} \right]$ |
| Exponencial | $f(x) = \frac{1}{\theta_E} \exp \left(-\frac{x}{\theta_E} \right) \text{ ou } f_x(x) = \lambda \exp(-\lambda x)$ |

α_g e β_g = parâmetros da distribuição de Gumbel (parâmetros de escala e padrão, respectivamente);
 $\mu_{\ln(x)}$, $\sigma_{\ln(x)}$ = parâmetros de Log 2P, quando n for suficientemente grande para permitir a convergência;
 α_{L3} , β_{L3} e γ_{L3} = parâmetros da distribuição de Log 3P (parâmetros de escala, forma e posição, respectivamente);
 θ_{G2} e η_{L3} = parâmetros da distribuição de Gama 2P (parâmetros de escala e forma, respectivamente);
 $\theta \Gamma(\eta)$ = fator de normalização da distribuição de Gama 2P;
 α_{G3} , β_{G3} e γ_{G3} = parâmetros da distribuição de Gama 3P (parâmetros de escala, forma e posição, respectivamente);
 κ , α_{GEV} e β_{GEV} = parâmetros da distribuição de GEV (parâmetros de forma, escala e posição, respectivamente);
 α_W e β_W = parâmetros da distribuição de Weibull (parâmetros de forma e escala, respectivamente);
 θ_E = parâmetro da distribuição de Exponencial.

A verificação dos ajustes dos parâmetros foi realizada pelas análises das frequências observadas e teóricas pelo coeficiente C_{NS} de Nash-Sutcliffe (Eq. 1). Para as 13 séries estações pluviométricas avaliadas, para o estado da Paraíba, procuraram-se classificar em ordem decrescente do coeficiente C_{NS} as distribuições de probabilidade que melhor se ajustaram aos valores observados.

$$C_{NS} = 1 - \frac{\sum (o_i - e_i)^2}{\sum (e_i - o_m)^2} \quad (1)$$

em que: C_{NS} = coeficiente de Nash-Sutcliffe; o_i e e_i = valores extremos observados e estimados, respectivamente; o_m = média dos valores extremos observados. O desempenho das distribuições de probabilidade é considerado adequado e bom pelo coeficiente de Nash-Sutcliffe se o valor de C_{NS} supera 0,75, e é considerado aceitável se o valor de C_{NS} fica entre 0,36 e 0,75 (Collischonn & Tucci, 2001).

RESULTADOS

Com exceção da distribuição exponencial que não apresentou resultado satisfatório para a maioria das 13 estações estudadas no estado da Paraíba, as demais permitiram uma estimativa das frequências teórica para os eventos extremos observados, avaliadas pelo coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS). A Figura 1 apresenta o percentual do número de vezes em que as distribuições de probabilidade utilizadas neste trabalho apresentaram o maior CNS dentro de cada classe. Portanto, as distribuições de probabilidade foram, assim classificadas pelo CNS em ordem decrescente na estimativa das frequências teórica para as 13 estações estudadas: $GEV > LN2 > GM2 > LN3 > DG > GM3 > DW > DE$.

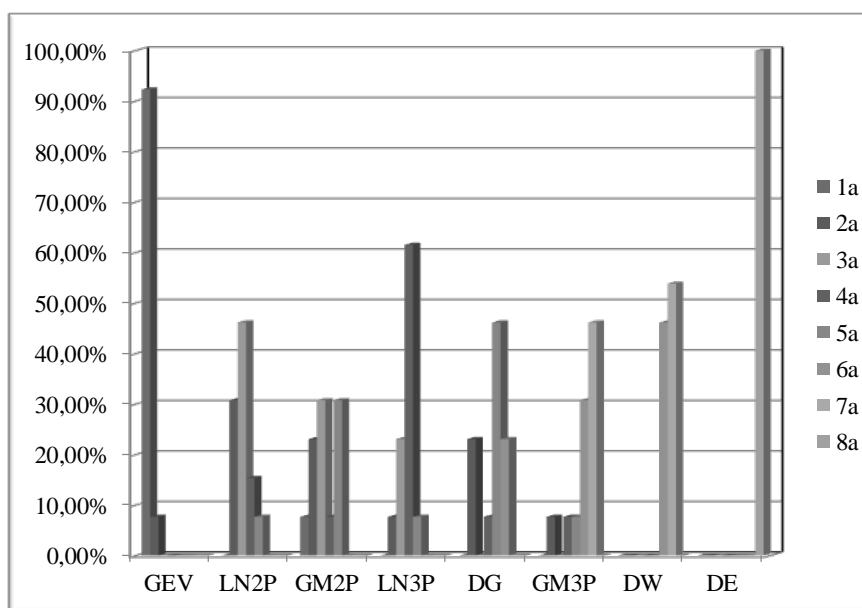


Figura 1. Porcentual do número de vezes em que as distribuições de probabilidade apresentaram o maior CNS dentro de cada classe.

Figura 2 apresenta as curvas de distribuição das frequências observada e teórica ajustadas pelas distribuições de probabilidade empregadas neste estudo para a estação pluviométrica de João Pessoa, PB. Observa-se, com exceção à DE, as demais distribuições de probabilidade apresentaram uma boa aproximação da frequência observada, com valores de CNS para esta estação de 0,9642; 0,9570; 0,9524; 0,9486; 0,9459; 0,9177; 0,9133 e 0,4801 para as distribuições GEV; DG; LN2; LN3; GM2; GM3; DW e DE, respectivamente.

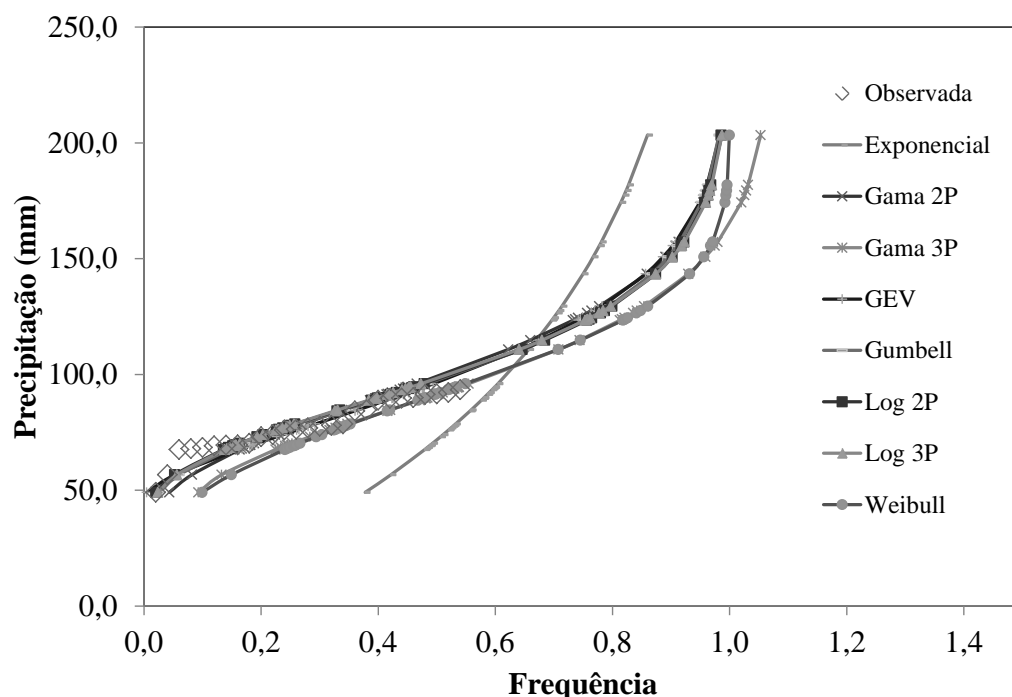


Figura 2. Distribuição das frequências observada e teórica dos eventos extremos estimadas pelas diferentes distribuições de probabilidade para a estação pluviométrica de João Pessoa, PB.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que para as 13 estações pluviométricas empregadas neste estudo, com exceção à distribuição de probabilidades exponencial, as demais apresentaram boas estimativas das frequências teóricas dos eventos extremos, sendo assim classificadas em ordem decrescente, em função do coeficiente CNS: $GEV > LN2 > GM2 > LN3 > DG > GM3 > DW > DE$.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo aporte financeiro para a apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAUTISTA, E.A.L.; ZOCCHI, S.S.; ANGELOCCI, L.R. A distribuição generalizada de valores extremos aplicada ao ajuste dos dados de velocidade máxima do vento em Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Revista de Matemática e Estatística*, v.22, n.1, p.95-111, 2004.
2. BEIJO, L.A.; VIVANCO, M.J.F.; MUNIZ, J.A. Análise bayesiana no estudo do tempo de retorno das precipitações pluviais máximas em Jaboticabal (SP), *Ciência Agrotecnologia*, v.33, n.1, p.261-270, 2009.
3. BLAIN, G.C. Cento e vinte anos de totais extremos de precipitação pluvial máxima diária em Campinas, Estado de São Paulo: análises estatísticas. *Bragantia*, v.70, n.3, p.722-728, 2011.
4. BLAIN, G.C.; MORAES, S.O. Caracterização estatística de oito séries de precipitação pluvial máxima diária da secretaria de agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.2, p.225-234, 2011.
5. COLLISCHONN, W; TUCCI, C.E.M. Simulação hidrológica em grandes bacias. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n.1, p.95-118, 2001.
6. QUADROS, L.E.; QUEIROZ, M.M.F.; BOAS, M.A.V. Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.3, p.401-410, 2011.
7. QUEIROZ, M.M.F.; CHAUDHRY, F.H. Análise de eventos hidrológicos extremos, usando-se a distribuição GEV e momentos LH. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.381-389, 2006.
8. RAYNAL, J.A., Sobre el uso del dominio de atracción para la identificación de valores extremos para máximos. *Ingeniería Hidráulica en México*, v.12, p.57-62, 1997.
9. SANSIGOLO, C.A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.3, 341-346, 2008.
10. SILVA, B.C.; CLARKE, R.T. análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.3, p.265-272, 2004
11. WILKS, D.S. Theoretical probability distributions. In: *Statistical methods in the atmospheric sciences*. San Diego: Academic Press, 2006. p.102-104.