

## INCERTEZAS NA DEFINIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PARA A OBTENÇÃO DA CHUVA DE PROJETO

VIVIANE RODRIGUES DORNELES<sup>1</sup>; CLAUDIA FERNANDA TEIXEIRA GRANDA<sup>2</sup>;  
GUSTAVO BUBOLZ KLUMB<sup>2</sup>; LETÍCIA BURKERT MÉLLO<sup>2</sup>; PATRICK MORAIS  
VEBER<sup>2</sup>; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPel – [vivianerdorneles@gmail.com](mailto:vivianerdorneles@gmail.com);

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPel – [cfeixei@ig.com.br](mailto:cfeixei@ig.com.br); [gustavo19klumb@hotmail.com](mailto:gustavo19klumb@hotmail.com);  
[leticia-burkert@hotmail.com](mailto:leticia-burkert@hotmail.com); [patrick.veber@hotmail.com](mailto:patrick.veber@hotmail.com).

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [ritah2o@hotmail.com](mailto:ritah2o@hotmail.com).

### 1. INTRODUÇÃO

Devido a menor disponibilidade de dados de vazão em relação aos de precipitação em pequenas bacias, o estudo de chuvas intensas de uma dada região, associado aos modelos hidrológicos que fazem a transformação chuva-vazão, é possível conhecer a vazão máxima de projeto necessária em projetos de obras hidráulicas, retratando a segurança da obra, bem como, a boa aplicação dos recursos públicos (GARCIA et al., 2011).

Nesse contexto os estudos hidrológicos, que antecedem o dimensionamento hidráulico exigem o conhecimento das chuvas máximas observadas nas séries históricas e a previsão da frequência de ocorrência das chuvas em determinada localidade (ARAÚJO et al., 2008), assim, com base em modelos matemáticos, é possível estimar eventos hidrológicos relacionados a diversas probabilidades de excedência e tempos de retorno.

Segundo SANTOS et al. (2001), neste processo, existem várias incertezas associadas, em que as principais são: (a) a variabilidade da distribuição temporal e espacial da precipitação máxima; (b) os parâmetros do modelo selecionado e (c) a estrutura do modelo hidrológico que simplifica os processos reais, introduzindo erros na representação do escoamento.

Em vista disso, o objetivo do presente trabalho é comparar os valores de precipitação máxima diária, obtidos pela distribuição selecionada que melhor se ajustou à série histórica de precipitação máxima diária anual para o município de Pelotas/RS e a distribuição Log Pearson III considerando marcas históricas.

### 2. METODOLOGIA

O conjunto de dados de precipitação máxima diária anual utilizados, de Pelotas, RS, foi obtido na Estação Agroclimatológica mantida pelo convênio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), INMET, num período de 1982 a 2015.

Para a série de dados foi ajustados os parâmetros das distribuições de Gumbel, Gama, Exponencial, Generalizada de Valores Extremos (GEV) e log Pearson III, cujas funções de probabilidade são apresentadas por HAAN (1979), empregando-se para a estimativa dos parâmetros os métodos dos momentos (MM), máxima verossimilhança (MMV) e momentos L (MML) com o auxílio do software ALEA (EHR-UFMG, 2012).

Do mesmo modo, a série foi ajustada à distribuição de probabilidade log-Pearson III considerando marcas históricas descrito por TUCCI (2001), com finalidade de verificar a distinção existente nos valores de precipitação máxima estimados sobre essa distribuição aos observados. As marcas históricas devem ser as maiores de um período, procurando utilizar todas as marcas históricas, mas ter o cuidado de selecionar corretamente os eventos históricos, sendo preferível desprezar alguns

valores baixos quando a informação não é muito consistente (TUCCI, 2001). Para tanto, considerou-se como marcas históricas os anos de el niño (Climate Diagnostics Bulletin, 2016), que obtiveram valores acima de 100mm de precipitação diária.

As distribuições foram selecionadas pelos testes de aderência Kolmogorov-Smirnov (KS) e qui-quadrado ( $\lambda^2$ ), avaliando a distância máxima entre os resultados históricos e os ajustados às distribuições teóricas. A hipótese de nulidade testada é que os dados provêm da população da distribuição ajustada e é aceita quando a estatística KS e/ou  $\lambda^2$  calculada for inferior à crítica, para um valor de  $\alpha = 5\%$  (MELLO; SILVA, 2013).

A partir da distribuição selecionada, bem como para a distribuição log-Pearson III considerando marcas históricas, obteve-se os valores de precipitação máxima diária anual, para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, desta forma foi realizada a comparação dos valores, aplicando a diferença percentual entre a distribuição que melhor se ajustou e a log-Pearson III por marcas históricas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as distribuições de probabilidade aplicadas ajustaram-se adequadamente aos dados da série de precipitação máxima diária anual, por MM, MMV e MML, uma vez que os valores de  $p$  foram maiores do que o nível de significância crítico, tanto para o teste KS como para o  $\lambda^2$ .

O teste KS mostrou-se mais robusto comparado com o  $\lambda^2$ , sendo mais restritivo na avaliação das distribuições aplicadas à série, em vista disso, as distribuições foram avaliadas pelo seus resultados. Assim, foi considerado que a distribuição de probabilidade que melhor se ajustou à série foi a log-Pearson III, por apresentar os maiores valores de  $p$ , por KS, mais distantes de  $\alpha = 0,05$ .

A pesquisa de BACK (2001), teve como objetivo selecionar uma distribuição de probabilidade para a estimativa da precipitação máxima anual de cem postos pluviométricos do Estado de Santa Catarina. Dentre as distribuições testadas, pelo teste KS, a log-Pearson III foi a que forneceu melhor ajuste na série aplicada, sendo sempre indicada na análise de séries de máximas anuais.

Similarmente, a seleção da distribuição a ser utilizada no estudo foi feita observando visualmente os gráficos das distribuições, comparando-se entre as distribuições os dados observados e dados ajustados. Na Figura 1 pode-se observar os valores ajustados pela distribuição log-Pearson III.

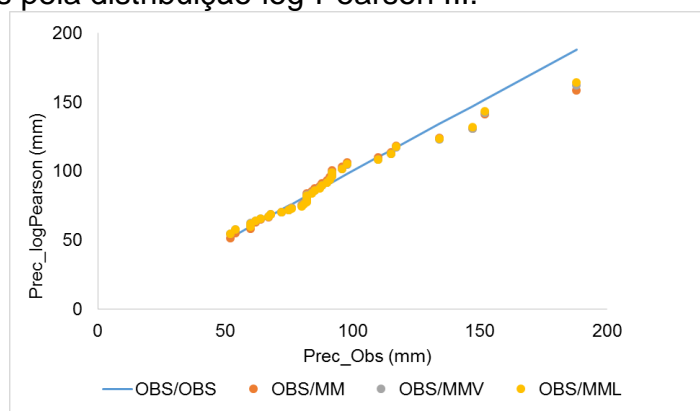


Figura 1 – Série de precipitação máxima diária anual ajustada a distribuição de probabilidade log-Pearson III.

Observa-se, pela Figura 1, o semelhante ajuste entre os diferentes métodos de obtenção dos parâmetros, mas uma pequena vantagem aos dados estimados pelo MML, nos valores extremos maiores.

Para a log-Pearson III considerando marcas históricas, foram consideradas sete marcas na série de dados, cuja análise dos testes de aderência mostrou que a distribuição não se adequa a série de dados, tanto do teste KS como  $\lambda^2$ . A Figura 2 apresenta o desajustamento dos dados quando ajustados a essa distribuição.

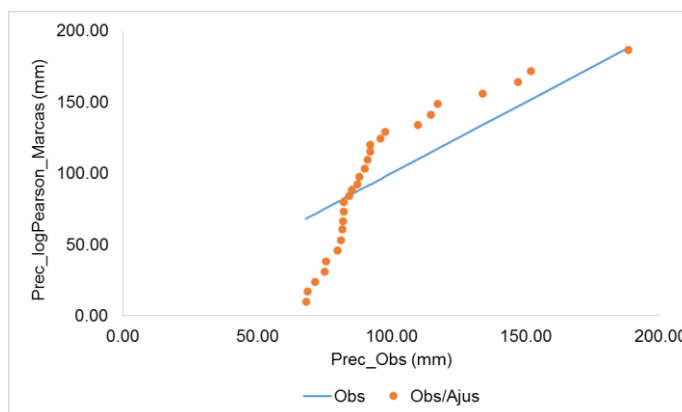
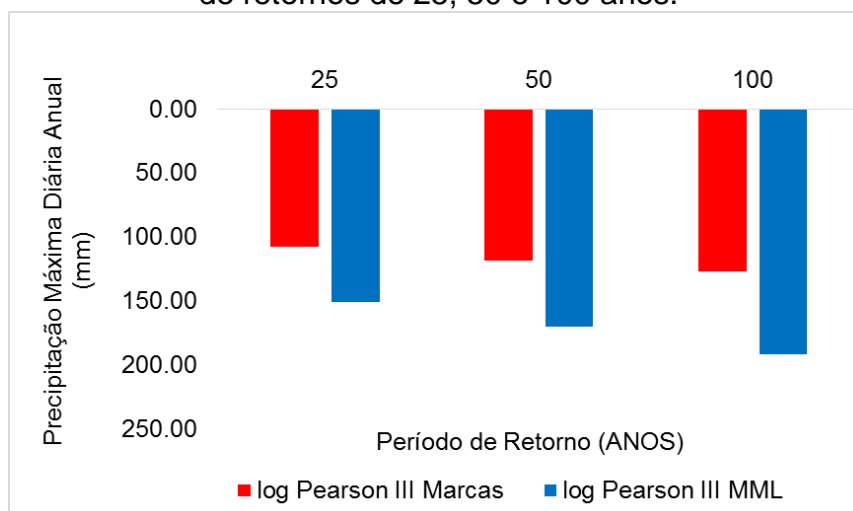


Figura 2 – série de precipitação máxima diária anual ajustada a distribuição de probabilidade log-Pearson III considerando marcas históricas.

Os valores de precipitação máxima diária anual, obtidos pelas distribuições, para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos foram comparados, com a finalidade de se verificar o erro percentual dos valores estimados pela distribuição log-Pearson III considerando marcas históricas e a considerada hipoteticamente verdadeira, que foi a log-Pearson III, e podem ser observados pela Figura 3.

Figura 3 – Valores de precipitação máxima diária anual para as distribuições log-Pearson III e log-Pearson III considerando marcas históricas, para os períodos de retornos de 25, 50 e 100 anos.



Observa-se pela Figura 3 que os valores das precipitações máximas de projeto estimados pela distribuição log-Pearson III considerando marcas história estão subestimados, nos tempos de retorno de 25, 50 e 100 anos, comparados com os valores considerados verdadeiros pela distribuição log-Pearson III, atingindo somente 71, 69 e 66% do valor real, respectivamente.

Como consequência da estimativa da precipitação máxima de projeto errônea em uma obra hidráulica, após transformação dos valores em dados de vazão, pode-

se superdimensionar a construção, aplicando recursos financeiros que poderiam ser disponibilizados para outros fins; ou pode-se, como nesse caso, ter obras subdimensionadas, que estarão suscetíveis a inundações decorrentes de chuvas, com tempos de retorno inferiores ao utilizado no dimensionamento, causando transtornos à população (ALLASIA, 2002).

#### 4. CONCLUSÕES

A distribuição de probabilidade que melhor se ajustou a série de precipitação máxima diária anual para o município de Pelotas/RS, pelos testes de aderência KS e  $\lambda^2$ , foi a log-Pearson III, sendo conceituada como verdadeira para a série. Os testes também mostraram que a log-Pearson III considerando marcas históricas não se adequa a série de dados.

A metodologia foi capaz de estimar os valores de precipitações máximas para as distribuições log-Pearson III e log-Pearson III considerando marcas históricas, em cada período de retorno estimado. Porém os valores de precipitações máximas para a distribuição log-Pearson III considerando marcas históricas subestimou em 29, 31 e 34% quando comparada com os valores obtidos pela distribuição log-Pearson III, para os períodos de retorno de 25, 50 e 100 anos, respectivamente.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLASIA, D.G. Impacto das incertezas no custo de uma rede de macrodrenagem. 2002. 152 p. Dissertação - Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre: UFRGS – 2002.
- ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S. RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MADEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.2, p.162-169, 2008.
- BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.16, p.211-222, 2001.
- EHR/UFMG. Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. ALEA – Análise de Frequência de Eventos Anuais. Versão 2012. Disponível em <http://www.ehr.ufmg.br/downloads/>.
- GARCIA, S. S.; AMORIM, R. S. S.; COUTO, E. G.; STOPA, W. H. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.575-581, 2011.
- HAAN, C.T. *Statistical methods in hydrology*. Ames, The Iowa State University Press. 2a ed. 1979. 377p.
- MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. *Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas*. Lavras: UFLA, 2013. 455p.
- SANTOS, R. S.; TUCCI, C.; SILVEIRA, A. L. L.; MENESES FILHO, A. S. Estimativa do hidrograma de projeto com base na incerteza dos parâmetros do modelo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.6, n.1, p.29-41, 2001.
- TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. ABRH Porto Alegre - RS 2.ed, 2001. p.164.
- U.S Department of Commerce. Climate Diagnostics Bulletin. Climate Prediction Center. National Oceanic and Atmospheric Administration. June 2016. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/>.