

ADEQUABILIDADE DE DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE APLICADAS A UMA SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES MÍNIMAS PARA O RIO GRANDE, NA REGIÃO DE BARREIRAS (BA).

EULER CIPRIANI VICTORINO¹, GABRIEL CARVIM MATIAS¹, THALINE BIGHI SILVEIRA DA SILVA¹, RAFAELLA CHRISTINA PARREIRA ALVES¹, LUIZ GONSAGA DE CARVALHO¹

¹ Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras, MG. Fone: (35) 3829-1481

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do ajuste de distribuições de probabilidade aplicadas a uma série histórica de mínimas anuais das vazões médias de 7 dias consecutivos de uma estação situada no Rio Grande, Estado da Bahia, e calcular o índice $Q_{7,10}$. As distribuições testadas foram Gumbel, Fréchet, Log 2p, Log 3p, Gama 2p, Gama 3p e Weibull. Os dados utilizados foram consultados no site da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Hidroweb. A série histórica compreende os anos entre 1965 e 2012, que ao excluir as falhas resultam em 45 anos de dados. Os parâmetros das distribuições foram estimados pelo método dos momentos. A avaliação da qualidade dos ajustes foi feita a partir de três testes de aderência: Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson-Darling (AD) e Qui-Quadrado, sendo este último adotado como indicador de precisão dos ajustes. Segundo o teste KS, todas as distribuições são adequadas à série histórica, porém apenas Log 2p, Log 3p e Gama 2p foram consideradas adequadas perante todos os testes de aderência. Dentre essas a distribuição Log 2P foi a mais precisa, por apresentar menor valor de Qui Quadrado calculado.

PALAVRAS-CHAVE: distribuições de probabilidade, vazões mínimas, testes de aderência

ADEQUABILITY OF DIFFERENT PROBABILITY DISTRIBUTIONS APPLIED TO A HISTORICAL SERIES OF MINIMUM FLOW FOR THE RIO GRANDE, IN THE BARREIRAS REGION (BA)

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the performance of different probability distributions applied to a historical series of 7 days moving average minimum flow from a station located on the Rio Grande river, Bahia state, and calculate the $Q_{7,10}$ index. The distributions tested were Gumbel, Fréchet, Log 2P, Log 3P, Gama 2P, Gama 3P and Weibull. The data used were consulted in the Agência Nacional de Águas (ANA) website, through the Hidroweb. The historical series comprises the years between 1965 and 2012, which by excluding failures results in 45 years of data. The parameters of the distributions were estimated by the method of moments. Assessing the quality of the adjustments was taken from three tests of adherence: Kolmogorov - Smirnov (KS), Anderson - Darling (AD) and chi-square, the latter used as an indicator of accuracy of the adjustments being. According to the KS test, all distributions are appropriate to the historical series, but only Log 2p, 3p and Log Gamma 2p were considered adequate to all the tests of adherence. Among these the Log 2P distribution was more precise, as it presented lower value of Chi Square calculated.

KEYWORDS: probability distributions, minimum flows, adherence tests

INTRODUÇÃO: O gerenciamento responsável dos recursos hídricos vem sendo cada vez mais exigido no país, a fim de garantir que esse bem esteja disponível para todos em qualidade e quantidade adequadas, e assegurar a sua segurança ambiental.

Neste contexto, o estudo sobre o comportamento das variáveis hidrológicas é de grande importância, visto que seu conhecimento torna possível a determinação de valores adequados de vazões

de referência para a disponibilidade hídrica em uma certa região (MELLO; VIOLA; BESKOW, 2010). Segundo PINTO et al. (2010), um instrumento importante na avaliação da disponibilidade hídrica e de mudanças no regime hidrológicos de uma bacia hidrográfica, é a análise da série histórica de vazões, que fornece informações importantes para o processo de gestão de recursos hídricos.

Essa análise é feita através de ajustes de modelos probabilísticos à série histórica de vazões, a partir desse ajuste é possível inferir (a um certo nível de confiança) sobre valores extremos de vazão que sejam interessantes à gestão de recursos hídricos.

Uma informação importante extraída dessa análise é o índice $Q_{7,10}$ (mínima da vazão média de sete dias com tempo de retorno de dez anos) que indica a vazão mínima de referência para concessão de outorgas em Minas Gerais.

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho foi testar diferentes distribuições de probabilidade, indicar a mais adequada para o Rio Grande na região de Barreiras (BA) e calcular o índice $Q_{7,10}$.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados utilizados para a realização do trabalho foram, obtidos no website da Agência Nacional de Águas (ANA) através da plataforma Hidroweb. A série histórica corresponde aos dados de vazões do Rio Grande, de uma estação localizada na região de Barreiras (BA). Na análise, foi calculada a média móvel das vazões de 7 dias e então selecionados o menor valor de cada ano, resultando em 45 valores (de 1965 a 2012, excluindo as falhas).

As distribuições aplicadas foram Gumbel para mínimos, Fréchet, Log a 2p, Log 3p, Gama 2p, Gama 3p e Weibull, sendo que seus parâmetros foram estimados com base no Método dos Momentos (Tabela 1).

Na avaliação da adequabilidade das distribuições foram aplicados os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson-Darling (AD) e Qui-Quadrado (χ^2) com 5% de nível de significância.

Para a aplicação do teste KS, calcula-se as diferenças entre as frequências observadas e as frequências estimadas pela distribuição de probabilidade desejada, em seguida compara-se a o maior valor obtido com um valor tabelado em função do tamanho da amostra (n) e do nível de significância (α). A hipótese testada é de que a distribuição é adequada, e é aceita caso o valor calculado seja menor que o tabelado.

O teste de qui-quadrado consiste em agrupar os dados em classes de frequência e obter a soma do quadrado das diferenças entre as frequências observadas e teóricas (equação 1). Esse valor é comparado com χ^2 tabelado em função dos graus de liberdade e do nível de significância. Há duas maneiras de se determinar os graus de liberdade da distribuição, número de classes menos um ou número de classes menos o número de parâmetros menos um. Foi utilizado um valor intermediário de graus de liberdade. Segundo NAGHETTINI; PINTO (2007), o teste qui-quadrado é um ótimo indicador de precisão por refletir o quadrado médio do erro.

$$\chi^2_{calc} = \sum_{i=1}^n \frac{(f_{obs\ i} - f_{teórico\ i})^2}{f_{teórico\ i}} \quad (1)$$

O teste de Anderson-Darling busca ponderar melhor as caudas das distribuições, onde os testes KS e χ^2 perdem força (NAGHETTINI & PINTO, 2007). A estatística do teste segue a equação 2 abaixo:

$$AD^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i - 1) \{ \ln(F(x_i)) + \ln(1 - F(x_{N-1+1})) \}}{N} \quad (2)$$

O valor calculado de AD^2 é então comparado a um valor tabelado em função do nível de significância. Caso AD^2 seja maior que o valor tabelado, a distribuição não é adequada para a série de dados observados.

Para o cálculo do índice $Q_{7,10}$ foram utilizadas as distribuições consideradas adequadas previamente e aplicado o conceito de tempo de retorno como o inverso da probabilidade. Sendo o índice

$Q_{7,10}$ a vazão média de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos, foram calculados o valor de vazão correspondentes a 1/10 de probabilidade de não excedência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Dentre todas as distribuições testadas, Log 2P, Log 3P e Gama 2P foram consideradas adequadas à série de vazões mínimas anuais por todos os testes aplicados (Tabela 1). Esses resultados demonstram a importância em se escolher um teste de aderência adequado para analisar os ajustes, uma vez que o teste KS considerou todas as distribuições adequadas, em comparação aos outros dois testes que se mostraram mais rígidos. Analisando os gráficos (Figuras 1 e 2), é possível perceber visualmente a diferença na qualidade dos ajustes das distribuições consideradas adequadas em todos os testes daquelas adequadas apenas em um ou dois deles.

Sendo o teste Qui-Quadrado um bom indicador de precisão das distribuições (Naghetini & Pinto, 2007), dentre as distribuições que se adequaram, a distribuição Log 2P foi considerada a mais precisa por apresentar um menor valor de Qui-Quadrado calculado.

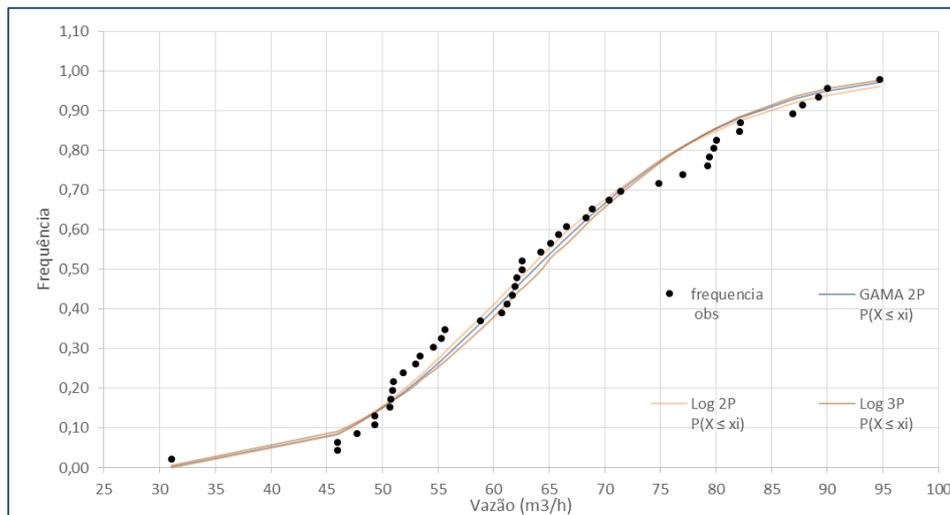


FIGURA 1. Gráfico das distribuições de probabilidade que tiveram ajuste aprovado em todos os testes de aderência aplicados.

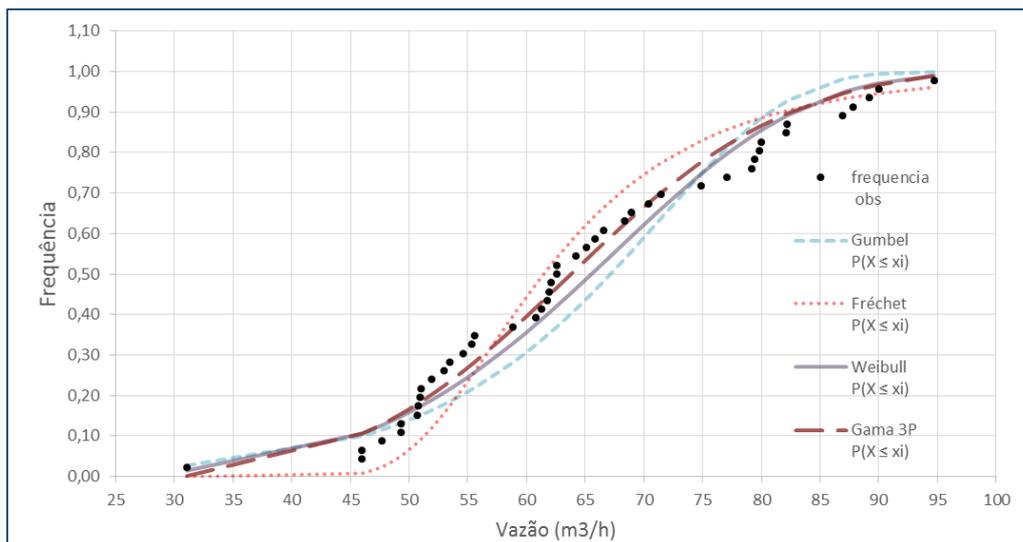


FIGURA 2. Gráfico das distribuições de probabilidade que tiveram ajuste reprovado em pelo menos um dos testes de aderência aplicados

TABELA 1. Resultado dos testes de aderência aplicados a sete distribuições de probabilidade ajustadas a série de vazões mínimas anuais para o Rio Grande, Barreiras (BA)

Distribuições	Kolmogorov-Smirnov (KS)		Anderson-Darling (AD)		Qui-Quadrado (χ^2)	
Gumbel	0,150	A	2,231	R	14,946	R
Fréchet	0,124	A	3,069	R	13,584	R
Weibull	0,100	A	0,786	R	8,171	A
Log2P	0,078	A	0,487	A	5,184	A
Log3P	0,083	A	0,494	A	6,310	A
Gama 2p	0,083	A	0,427	A	5,535	A
Gama 3p	0,094	A	0,589	A	9,278	R

R: rejeitado a nível de significância de 5%; A: adequado a nível de significância de 5%.

Com relação ao cálculo da $Q_{7,10}$ os valores obtidos para as três distribuições adequadas são mostrados na Tabela 2. Os valores foram muito próximos, sendo que a distribuição mais precisa (Log 2p) apresentou índice $Q_{7,10}$ de 46,91 m³/h.

TABELA 2. Valores de $Q_{7,10}$ calculados para o Rio Grande, na região de Barreiras (BA)

Distribuições	$Q_{7,10}$ (m ³ /h)
Log 2p	46,91
Log 3p	46,50
Gama 2p	47,02

CONCLUSÕES: As distribuições Log 2P, Log 3P e Gama 2P foram consideradas estatisticamente adequadas a série de vazões mínimas anuais do Rio Grande na região de Barreiras (BA) sendo que Log 2P apresentou um ajuste mais preciso que as demais. O índice $Q_{7,10}$ para a o Rio Grande na região de estudo é de 46,91 m³/h.

REFERÊNCIAS

MELLO, C. R. D.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S. Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região alto Rio Grande, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 494-502, 2010.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. *Hidrologia Estatística*. 2007.

PINTO, L. C. et al. Análise de Distribuições de Probabilidades e Estimativa da $Q_{7, 10}$ para a Região do Rio Itabapoana, Espírito Santo/Rio De Janeiro. XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 2010. p.27.