

**ANÁLISE DA VAZÃO ECOLÓGICA ATRAVÉS DA  $Q_{7,10}$  DO RIO ITAPEMIRIM, ES**

MARCELO CORRÊA PEREIRA<sup>1</sup>, PEDRO LUIZ TERRA LIMA<sup>2</sup>; CARLOS ROGÉRIO DE MELLO<sup>3</sup>, MATEUS MARQUES BUENO<sup>4</sup>, MATHEUS DE FIGUEIREDO BRAGA COLARES<sup>5</sup>,  
MICHAEL SILVEIRA THEBALDI<sup>6</sup>

**RESUMO**

Os órgãos públicos, responsáveis pela preservação dos recursos naturais, buscam atender a demanda de água sem comprometer as necessidades das gerações futuras. A vazão ecológica é uma destas ferramentas usadas e, dentre outros, pode ser calculada pelo método da vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos ( $Q_{7,10}$ ). Desta forma, a partir de dados obtidos pela Agência Nacional das Águas (ANA) para o rio Itapemirim (Espírito Santo), foram aplicadas cinco distribuições de probabilidade: Gumbel para Mínimos, Weibull, GEV, Log-Normal (2P) e Log-Normal (3P). Foram aplicados os testes de aderência Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado para verificação da adequação ou não da distribuição de probabilidades. Todas as distribuições se ajustaram aos dados observados, de modo que a distribuição GEV foi a mais precisa de acordo com o teste de Qui-Quadrado.

**Palavras-chaves:** Rio Itapemirim, distribuição de probabilidade, sustentabilidade ambiental.

**INTRODUÇÃO**

A bacia do rio Itapemirim, que abrange os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, possui uma área de drenagem de aproximadamente 6.014 km<sup>2</sup>. O rio Itapemirim tem como principais afluentes os rios Castelo, Muqui do Norte, Braço Norte Direito e Braço Norte Esquerdo, sendo que as nascentes dos mesmos se localizam no Parque do Caparaó (MG) (Pertel et al., 2007).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9433 de janeiro de 1997, foi criada a fim de garantir e promover a preservação de cursos de águas naturais. Neste seguimento, a vazão ecológica é conceituada como a demanda necessária de água a manter num rio de forma a garantir a manutenção e conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, aspectos da paisagem e outros de interesse científico ou cultural (Benetti et al., 2003).

De acordo com Lanna & Benetti (2002), um dos principais métodos de determinação de vazão ecológica é a vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos ( $Q_{7,10}$ ). Pertel et al. (2007), dentre diversos métodos para determinar a vazão ecológica, concluiu que os menores valores de vazão ecológica sugeridos para o rio Itapemirim foram obtidos a partir da avaliação probabilística da vazão  $Q_{7,10}$ . Para a estação Rive, Pertel et al. (2007) encontrou valor de  $Q_{7,10}$ , estimado pela distribuição Gumbel, igual a 6,54 m<sup>3</sup>/s, utilizando dados de vazão de uma série histórica com 67 anos de observação.

Este estudo objetivou determinar a melhor distribuição de probabilidade de  $Q_{7,10}$  para o rio Itapemirim, no estado do Espírito Santo, de modo a promover a preservação do equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.

**MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir de registros da estação fluviométrica código 57450000, registrada com o nome de Rive, operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e sob a responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA). Esta estação está

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, DEG/ UFLA, marcelougufla@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, DEG/UFLA, pedroterralima@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Professor Titular, DEG/UFLA, crmello @deg.ufla.br

<sup>4</sup> Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, DEG/ UFLA, mateusjuruiaia@hotmail.com

<sup>5</sup> Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, DEG/ UFLA, matheus-colares@hotmail.com

<sup>6</sup> Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, DEG/ UFLA, micksilveira@gmail.com

localizada no rio Itapemirim, ES, latitude 20°44'49"S e longitude 41°27'58"W, próximo aos municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro. Os dados de vazão coletados são referentes ao período compreendido entre 1968 a 2007. Com altitude de 128 metros, a área de drenagem da sub-bacia é de aproximadamente 2.217 km<sup>2</sup>. O clima na região é mesotérmico e úmido, pela classificação de Koppen, do tipo Cwa, tropical de altitude, com chuvas concentradas nos meses de verão.

Foram estudadas séries históricas com 40 anos de observação (1968 a 2007). A partir das vazões diárias foram produzidas séries históricas para vazões médias mínimas de sete dias consecutivos ( $Q_{7,10}$ ). A vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos ( $Q_{7,10}$ ) foi obtida seguindo a metodologia proposta por Benetti et al. (2003). Calculou-se as médias móveis das vazões médias diárias com janelas de sete dias ao longo de um ano hidrológico, de modo que a mínima dessas médias móveis foi considerada para representar o ano em questão. O processo foi repetido para cada ano hidrológico de maneira que pode-se obter uma série de valores mínimos de vazões médias em sete dias consecutivos, para cada ano. Posteriormente, as vazões foram ordenadas em ordem crescente de magnitude, estimando-se assim suas respectivas probabilidades cumulativas de ocorrência e períodos de retorno. A partir destes dados retirou-se um valor referente de vazão mínima de sete dias com tempo de retorno de dez anos.

As distribuições Gumbel para Mínimos, Weibull, GEV, Log-Normal (2P) e Log-Normal (3P), amplamente descritas nos livros e artigos de hidrologia (Haan, 1979; Tucci, 1998; Silva et al., 2006), foram aplicadas aos dados observados.

Para a verificação da adequação ou não da distribuição de probabilidades, foi realizado o teste de Qui-Quadrado ( $\lambda^2$ ) que permite uma ordenação das melhores distribuições de probabilidade ajustadas, ao nível de 5% de significância, considerando-se como graus de liberdade o número de classes, e o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) que também permite tal ordenação de distribuições de probabilidades ajustadas, ao nível de 5% de significância, em função do tamanho da amostra. A distribuição que apresentou o menor valor de  $\lambda^2$  foi considerada mais precisa, de acordo com Walpole & Myers (1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicação dos testes de Qui-Quadrado o número de graus de liberdade para todos os modelos de distribuições foi igual a dois, de modo que foi considerado um nível de significância de 5% e conseqüentemente valores  $\lambda^2$  tabelado de 5,99 para todas distribuições (Ferreira, 2005). No teste Kolmogorov-Smirnov, o  $\Delta F$  tabelado, para um nível de significância de 5%, foi de 0,210.

Tabela 01. Testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov aplicados para avaliar o ajuste dos dados de vazão mínima média de 7 dias e de vazão mínima diária anual aos modelos de probabilidade para o rio Itapemirim, ES.

Distribuição	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	$\lambda^2$	$ \Delta F _{\text{tabelado}}$	Resultados
<i>Weibull</i>	8,66	0,145	0,126	<i>Adequado</i>
<i>Log-Normal 2 P</i>	9,25	0,061	0,094	<i>Adequado</i>
<i>Log-Normal 3 P</i>	9,23	0,060	0,084	<i>Adequado</i>
<i>Gumbel</i>	8,74	0,232	0,173	<i>Adequado</i>
<i>GEV</i>	9,25	0,056	0,083	<i>Adequado</i>

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 01 e na Figura 01, pode-se observar que ocorreu aderência dos dados a todos os modelos por ambos os testes. Com base no menor valor do Qui-Quadrado, a melhor distribuição ajustada foi a GEV, que apresentou valor de  $Q_{7,10}$  igual a 9,25 m<sup>3</sup>/s. Das distribuições apresentadas, Weibull foi considerada a mais restritiva, resultando em uma vazão de  $Q_{7,10}$  igual a 8,66 m<sup>3</sup>/s. A Figura 1 mostra as diferentes distribuições representadas junto aos dados observados.

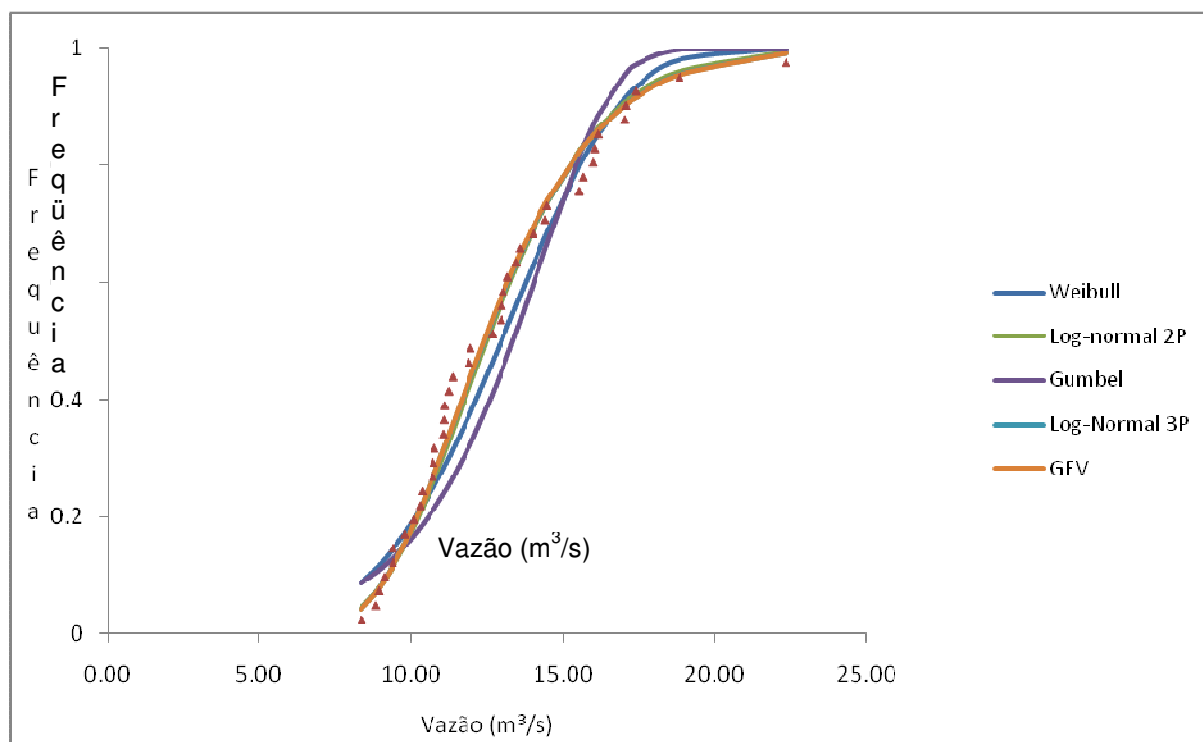


Figura 01. Representação de vazão versus frequência para as distribuições Weibull, Log-normal 2P, Gumbel, Log-normal 3P e GEV.

## CONCLUSÕES

A série de dados de vazão foi estatisticamente analisada de forma que a melhor distribuição foi a GEV com valor de  $Q_{7,10}$  igual a  $9,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Além disso, a distribuição considerada mais restritiva foi Weibull, com vazão de  $Q_{7,10}$  igual a  $8,66 \text{ m}^3/\text{s}$ . Todos os valores encontrados foram superiores ao valor encontrado por Pertel et al. (2007), este resultado pode ter ocorrido em razão da diferença dos tamanhos das amostras analisadas nos trabalhos.

## REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E. L.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, 2003. p. 149-160.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 664p.

HAAN, C. T. **Statistical methods in hydrology**. 2. ed. Ames: Iowa State University, 1979. 377 p.

LANNA, A. E. L.; BENETTI, A. D. **Estabelecimento de Critérios para Definição da Vazão Ecológica no Rio Grande do Sul: Relatório Final**. Fundação Estadual de Proteção Ambiental FEPAM: Porto Alegre, RS. 2002.

PERTEL, M.; SANTOS, L. C. C.; SOPRANI, M. A.; REIS, J. A. T. Utilização de métodos hidrológicos para avaliação de vazões residuais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.374-380, 2006.

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

---

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: UFRGS, ABRH, 1998. 669p.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H. **Probability and statistics for engineers and scientists**. New York: Macmillan, 1978. 580 p.