

## **CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES LOCAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS-ES**

***Camila Aparecida da Silva Martins<sup>1</sup>, Eduardo Morgan Uliana<sup>1</sup>, José Geraldo Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Guilherme Resende Camara<sup>3</sup>, Edvaldo Fialho dos Reis<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo/Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Alto Universitário s/nº, Alegre-ES, CEP.: 29.500-000, Caixa Postal 16, camila.cca@hotmail.com; morganuliana@gmail.com;

<sup>2</sup>Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/Meteorologia e Recursos Hídricos, Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, CEP.: 29.052-010, jgeraldo@incaper.es.gov.br

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário s/nº, Alegre-ES, CEP.: 29.500-000, Caixa Postal 16, g.resende@yahoo.com.br; edreis@cca.ufes.br

**Resumo-** As vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  locais são utilizadas para o planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, para avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para a alocação de cargas poluidoras e para a concessão de outorgas de captação e de lançamento. Por isso, este trabalho teve o objetivo de determinar a curva de permanência das vazões e as vazões mínimas  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  locais da bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES. Para determinação das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram utilizadas todas as séries históricas dos dados, compreendendo todas as medições diárias, cujos dados foram ordenados de forma decrescente e associados a uma probabilidade de que haja uma vazão superior a ela. Conclui-se que as vazões de permanência  $Q_{90}$  variaram de  $0,45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  a  $16,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e as vazões  $Q_{95}$  oscilaram de  $0,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  a  $11,70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  para as condições das cinco localidades da bacia hidrográfica em estudo.

**Palavras-chave:** Disponibilidade hídrica, fluviometria,  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$ .

**Área do Conhecimento:** Engenharias

### **Introdução**

As vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  locais são utilizadas para o planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, para avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para a alocação de cargas poluidoras e para a concessão de outorgas de captação e de lançamento (VON SPERLING, 2007). Neste sentido, as vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  podem ser extraídas da chamada curva de permanência das vazões locais, que são construídas com base nas vazões médias diárias de estações fluviométricas de três rios distintos.

A bacia hidrográfica do Rio São Mateus tem ampla variabilidade espacial das características físicas, que associada à escassez de informações da rede hidrométrica para os estudos de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, evidencia a importância de estudos hidrológicos, que utilizam as informações fluviométricas existentes, extrapolando-as por semelhanças das dinâmicas ambientais para os locais que possuem dados insuficientes ou inexistentes.

Nesse contexto, o conceito das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  têm sido utilizados por alguns órgãos ambientais em estudos de avaliação de impacto ambiental e atendimento à legislação (RIBEIRO; MARQUES; SILVA, 2005). Dentre os estudos recentes sobre essas vazões destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (2006) na região do Alto Rio Grande em Minas Gerais; Pereira et al. (2007) na bacia do Rio Dourados; e Reis et al. (2008) na bacia hidrográfica do Rio Itabapoana.

Portanto, este trabalho teve por objetivo determinar as vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  locais da bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

### **Metodologia**

A bacia hidrográfica do Rio São Mateus tem 188 km que vai desde sua nascente, a 1000m de altitude, em São Félix de Minas-MG, até a foz no Município de Conceição da Barra-ES, a 3 m de altitude abrangendo, total ou parcialmente, 25 municípios que ocupam uma área de  $10.355 \text{ km}^2$ .

Segundo o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA (2011), ao longo do trajeto, desde a nascente até a foz, o rio São Mateus apresenta basicamente, dois tipos climáticos: o tropical úmido (chuvoso), nas proximidades do litoral, e o tropical sub-úmido, com estação seca no inverno, nas cabeceiras. Dessa forma, o índice pluviométrico anual médio varia de 1300 mm, na faixa litorânea, a 800 mm, perto das nascentes. A largura máxima aproximada do rio São Mateus é de 310 metros. A classificação no sistema de Ottobacias é número 7598-ES.

Foram utilizados dados de cinco localidades da bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES, para a determinação das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ . Das quais o Local 1 corresponde a Fazenda São Mateus situada em Ecoporanga com o código 55800005, com série histórica de 24 anos; Local 2 equivale a São João da Cachoeira Grande localizado em São Mateus sob o código 55850000, com série histórica de 33 anos; Local 3 corresponde a Barra de São Francisco, na Barra de São Francisco-ES sob o código 55900000, com série histórica de 30 anos; Local 4 representa o Córrego da Boa Esperança situado em Nova Venécia, sob o código 55920000, com série histórica de 29 anos; e o Local 5 que corresponde a Boca da Vala em São Mateus com o código 55960000, com série histórica de 25 anos.

As séries históricas foram obtidas por meio de downloads no site de informações hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas - ANA.

Na Tabela 1 apresentam-se informações das estações fluviométricas e a área de drenagem (A) da bacia hidrográfica do Rio São Mateus em estudo.

Tabela 1 - Informações das estações fluviométricas e área de drenagem (A) da bacia hidrográfica do Rio São Mateus em estudo

Local	Latitude	Longitude	Altitude (m)	A (km <sup>2</sup> )
1*	-18°07'23"	-40°52'59"	190	4266
2	-18°33'50"	-40°20'10"	38	6732
3	-18°45'11"	-40°53'33"	192	344
4	-18°42'02"	-40°26'31"	62	4186
5	-18°39'04"	-40°05'20"	12,5	11973

\*1= Rio São Mateus/Braço Norte (Ecoporanga); 2= Rio São Mateus/Braço Norte (São Mateus); 3= Rio São Francisco (Barra de São Francisco); 4= Rio São Mateus/Braço Sul (Nova Venécia); 5= Rio São Mateus (São Mateus).

Para determinação das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram utilizadas todas as séries históricas dos dados, compreendendo todas as medições diárias (total de dados = N), de acordo com a metodologia descrita por Von Sperling (2007).

Os dados foram ordenados de forma decrescente, em planilhas eletrônicas, e atribuídos um número de ordem para cada um, na seguinte sequência decrescente:  $m=1$  para o maior,  $m=2$  para o segundo maior, ...,  $m=N$  para o menor. Em seguida, para cada par ( $m, Q_m$ ), foi associada uma probabilidade de que haja uma vazão superior a ela. Esta probabilidade foi dada por  $P=m/N$ . Assim, para a maior vazão da série ( $m=1$ ), a probabilidade de ocorrência de uma vazão superior foi  $1/N$ , para a segunda maior vazão foi  $2/N$ , e assim por diante, até se ter a menor vazão, que tem associada a ela a probabilidade de excedência de  $N/N=1$  (100%).

Posteriormente, identifica-se o valor da probabilidade mais próximo de 0,90 (90%) e de 0,95 (95%), pois as vazões associadas a elas são as vazões  $Q_{90}$  (90% das vazões são iguais ou superiores e 10% são inferiores) e  $Q_{95}$  (95% das vazões são iguais ou superiores e 5% são inferiores).

Pelo fato de as medições serem diárias, pode-se dizer que, em 90% e 95% do tempo têm-se vazões iguais ou superiores à vazão  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ .

As curvas de permanência das vazões locais foram elaboradas considerando as vazões médias diárias de estações fluviométricas de cinco localidades distintas da bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES, conforme recomendado por Von Sperling (2007).

## Resultados

As curvas de permanência das vazões dos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES estão apresentadas nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

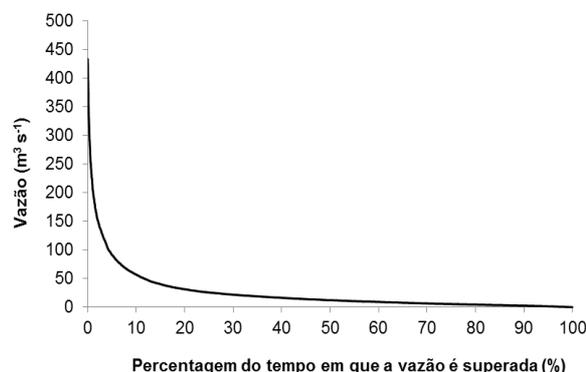


Figura 1 - Curva de permanência das vazões para o Local 1 (Rio São Mateus/Braço Norte), pertencente a bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

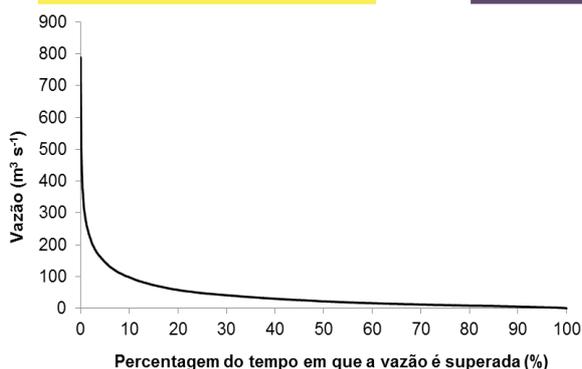


Figura 2 - Curva de permanência das vazões para o Local 2 (Rio São Mateus/Braço Norte), pertencente a bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

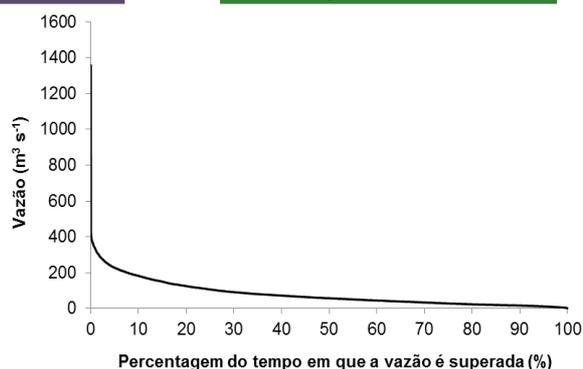


Figura 5 - Curva de permanência das vazões para o Local 5 (Rio São Mateus), pertencente a bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

**Discussão**

Analisando a Figura 1 observa-se que os valores das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para o Local 1 em estudo foram de  $2,80 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e de  $1,66 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados correspondem a uma vazão específica de  $0,66$  e  $0,39 \text{ L s}^{-1}/\text{km}^2$ , respectivamente.

Na Figura 2 verifica-se que os valores das vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para o Local 2 em estudo foram de  $5,88 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $3,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esses valores equivalem a uma vazão específica de  $0,87$  e  $0,56 \text{ L s}^{-1}/\text{km}^2$ , respectivamente.

Observando a Figura 3 nota-se que os valores das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para o Local 3 foram de  $0,45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $0,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados correspondem a uma vazão específica de  $1,3$  e  $1,1 \text{ L s}^{-1}/\text{km}^2$ , respectivamente.

Pelos resultados apresentados na Figura 4 é possível observar que os valores das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para o Local 4 em estudo foram de  $6,30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $4,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esses valores equivalem a uma vazão específica de  $1,5$  e  $1,19 \text{ L s}^{-1}/\text{km}^2$ , respectivamente.

Na Figura 5 verifica-se que para o Local 5 os valores das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  locais foram de  $16,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $11,70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados correspondem a uma vazão específica de  $1,4$  e  $1,0 \text{ L s}^{-1}/\text{km}^2$ , respectivamente.

Analisando as Figuras 1, 2, 3 e 4 verifica-se que a partir de 20% os valores alcançam um patamar onde as vazões permanecem constantes ao longo do tempo para os locais 1, 2, 3 e 4 em estudo. Não sendo possível verificar o mesmo comportamento na Figura 5, onde as vazões não se regularizam a partir de uma determinada porcentagem do tempo em que a vazão é superada. Isto ocorre devido às características da bacia hidrográfica em estudo e o correspondente regime hidrológico.

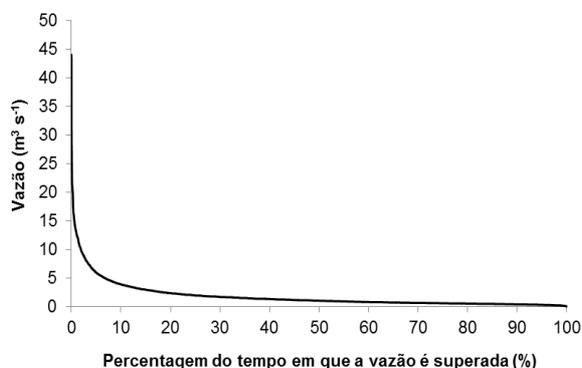


Figura 3 - Curva de permanência das vazões para o Local 3 (Rio São Francisco), pertencente a bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

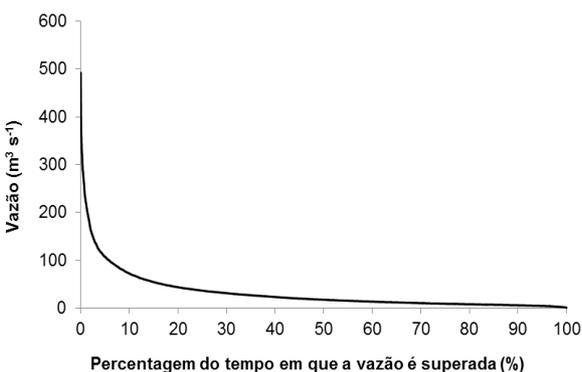


Figura 4 - Curva de permanência das vazões para o Local 4 (Rio São Mateus/Braço Sul), pertencente a bacia hidrográfica do Rio São Mateus-ES.

Devido à escassez de dados relacionados com a curva de permanência das vazões locais das bacias hidrográficas. Torna-se necessário a realização de outros estudos para ampliar o conhecimento da percentagem do tempo em que as vazões mínimas das bacias hidrográficas do Brasil são superadas.

### Conclusão

As vazões de permanência  $Q_{90}$  variaram de  $0,45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  a  $16,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e as vazões  $Q_{95}$  oscilaram de  $0,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  a  $11,70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  para as condições das cinco localidades da bacia hidrográfica em estudo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado ao primeiro autor e de mestrado ao segundo autor, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo pelo apoio técnico e científico e a Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização dos dados.

### Referências

- HIDROWEB. Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 28 de Julho de 2010.
- INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Região hidrográfica dos afluentes dos rios São Mateus Braço Norte e Braço Sul no Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 28 de Julho de 2011.
- PEREIRA, S. B.; ALVES SOBRINHO, T.; FEDATTO, E.; PEIXOTO, P. P. P.; BONACINA, R. Variação temporal do comportamento hidrológico na bacia do Rio Dourados no período de 1973 a 2002, Jaboticabal, SP, **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.560-568, 2007.
- REIS, J. A. T. dos.; GUIMARÃES, M. A.; BARRETO NETO, A. A.; BRINGHENTI, J. Indicadores regionais aplicáveis à avaliação do regime de vazão dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, São Paulo, SP, **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 509-516, 2008.
- RIBEIRO, C. B. de M.; MARQUES, F. de A.; SILVA, D. D. da. Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do Rio

Doce, **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.2, p. 103-117, 2005.

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

- VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 7. Ed. Belo Horizonte, MG: Ed. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588p.