

ROTINAS COMPUTACIONAIS PARA A ESTIMATIVA DAS VAZÕES AO LONGO DA REDE HIDROGRÁFICA DE UMA BACIA

MICHEL C. MOREIRA¹, FERNANDO F. PRUSKI², ANDRE L. da SILVA³

¹B. S. Ciência da Computação, Mestrando Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, (31) 3899.1925, e-mail: mmoreira@gprh.ufv.br.

²Engº Agrícola, Prof. Titular, DEA/UFV, Viçosa – MG.

³B. S. Ciência da Computação, DEA/UFV, Viçosa – MG.

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: No presente trabalho foram desenvolvidas rotinas computacionais para a estimativa das vazões mínimas e média, por diferentes métodos de regionalização de vazões, para qualquer seção ao longo da hidrografia de uma bacia. Foram implementados utilizando a ferramenta de programação Borland Delphi 7.0 os métodos de regionalização de vazões tradicional, baseado na proporcionalidade de vazões específicas e baseado na conservação de massas/continuidade de vazões. As rotinas desenvolvidas foram incorporadas ao Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERH). O fato de terem sido implementados três métodos de regionalização de vazões permite ao analista a utilização do SINGERH como uma ferramenta de simulação, fornecendo subsídios aos órgãos gestores para a avaliação do método mais adequado para utilização nas condições específicas do estudo realizado. Na aplicação das rotinas desenvolvidas foram verificadas diferenças expressivas nos valores estimados pelos diferentes métodos de regionalização de vazões estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Regionalização de vazões, disponibilidade hídrica, SINGERH

FUNCTIONS TO ESTIMATE FLOWS ALONG ALL THE RIVERS OF THE BASIN

ABSTRACT: In the present work were developed functions to estimate the minimum and medium flows, for different discharge regionalization methods, for any section along all the rivers of the basin. The traditional regionalization method, based on the proportionality of specific flows and based on the conservation of mass/continuity of flow were implemented using the software Borland Delphi 7.0. The developed functions were incorporated to the Integrated System to the Water Resources Management (SINGERH). Three discharge regionalization methods have been implemented allowing the use of SINGERH as a simulation tool, supplying subsidies to the managers organs to evaluate the most appropriate method to be used in the specific conditions of the accomplished study. Expressive differences were found setting the developed routines in the minimum flow values to different discharge regionalization methods studied.

KEYWORDS: Discharge regionalization, available water, SINGERH

INTRODUÇÃO: O conhecimento da disponibilidade de água é a informação básica para a tomada de decisão no processo de outorga, sendo que a necessidade de se conhecer, ao longo da rede hidrográfica, a vazão e as limitadas séries de dados fluviométricos disponíveis dificultam ou, muitas vezes, impedem a realização de uma adequada gestão de recursos hídricos (Moreira, 2006). Para superar a dificuldade encontrada para cobrir todos os locais de interesse necessários ao adequado gerenciamento dos recursos hídricos de uma região utiliza-se a técnica de regionalização de vazões para transferir espacialmente as informações, a partir dos dados disponíveis em determinadas localidades. Diversas metodologias para essa finalidade encontram-se disponíveis, como as descritas em Eletrobras (1985a), Eletrobras (1985b) e Chaves *et al.* (2002). Além dessas metodologias, outras têm sido propostas, como a de Novaes (2005), que desenvolveu um procedimento de ajuste das vazões mínimas e média ao longo da hidrografia da bacia do rio Paracatu, visando otimizar o processo de gestão de recursos hídricos nesta bacia. A aplicação dos modelos de regionalização constitui, entretanto, em uma dificuldade para a quantificação da disponibilidade de água, uma vez que a sua aplicação, para alguns métodos, é morosa e demorada. Este fato dificulta a obtenção da disponibilidade hídrica por diferentes métodos de regionalização, impedindo a análise de qual método é o mais adequado para aplicação. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver rotinas computacionais que permitam a estimativa das vazões mínimas e média, por diferentes métodos de regionalização de vazões, para qualquer seção ao longo da hidrografia de uma bacia.

MATERIAL E MÉTODOS: Para permitir a estimativa das vazões mínimas e média ao longo da rede hidrográfica da bacia foram implementados, utilizando a ferramenta de programação Borland Delphi 7.0, os seguintes procedimentos de regionalização de vazões: método tradicional (Eletrobras, 1985a), método baseado na proporcionalidade de vazões específicas (Eletrobras, 1985b) e método baseado na conservação de massas/continuidade de vazões (Novaes, 2005). Para garantir a funcionalidade dos métodos foi desenvolvido um mapa que permite a identificação de uma seção de interesse sobre a hidrografia da bacia e uma rotina que obtém automaticamente as informações básicas necessárias para a aplicação dos métodos. Estas informações foram armazenadas em um banco de dados e em arquivos georreferenciados no formato *raster* e *shape* e constam de informações das estações fluviométricas da bacia e das equações de regionalização dos métodos implementados. As equações implementadas para o método tradicional corresponderam aos modelos linear, potencial, exponencial, logarítmico e recíproco, sendo necessário para a sua aplicação a informação da área de drenagem, região hidrologicamente homogênea, modelo a ser utilizado e coeficientes correspondentes a este modelo. Para a aplicação do método baseado na proporcionalidade de vazões específicas todo o procedimento de regionalização foi inserido nas rotinas desenvolvidas, sendo necessário o usuário identificar a seção de interesse e, dependendo de sua posição em relação às seções fluviométricas mais próximas, procede-se a análise e o enquadramento em um dos quatro casos afetos a este método. Para o método baseado na conservação de massas/continuidade de vazões foi implementada uma rotina que realiza uma pesquisa no banco de dados a fim de verificar a existência ou não de uma equação ajustada para o rio onde se encontra a seção de interesse. Caso exista a equação é feita automaticamente a obtenção da área de drenagem e o cálculo da vazão. Para o caso de não existir uma equação ajustada percorre-se a hidrografia a jusante do ponto de interesse até encontrar um rio para o qual existe uma equação ajustada. Encontrado o rio com a equação ajustada é procedida a determinação das vazões nas seções imediatamente a montante e a jusante da confluência com o rio de interesse (Figura 1). A diferença entre estas vazões corresponde à vazão do rio de interesse. De posse dessa vazão é procedido o ajuste de uma equação linear em função da área de drenagem, sendo esse ajuste realizado de tal forma que a equação resultante produza uma vazão nula quando a área de drenagem é zero e uma vazão igual à estimada na foz do rio quando a área de drenagem é aquela correspondente à área de drenagem do rio. As rotinas desenvolvidas foram incorporadas ao Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERH), o qual constitui em um programa computacional que permite quantificar o impacto da concessão de uma nova outorga na disponibilidade hídrica.

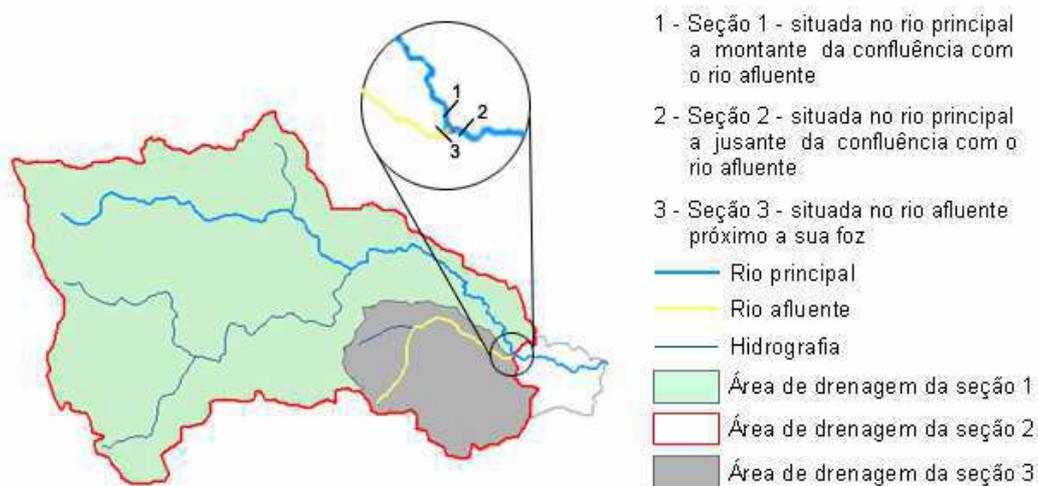


Figura 1 – Procedimento para a determinação das vazões a montante e a jusante da confluência do rio com equação ajustada e um afluente direto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 2 apresenta-se a tela Vazão do SINGERH, na qual são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das rotinas desenvolvidas. Constatam nesta tela, para a seção de interesse, a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), as vazões mínimas associadas à permanência de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) e a vazão média (Q_{mld}) obtidas pelos três métodos de regionalização de vazões contemplados, sendo estes: método tradicional, método baseado na proporcionalidade de vazões específicas e método baseado na conservação de massas/continuidade de vazões.

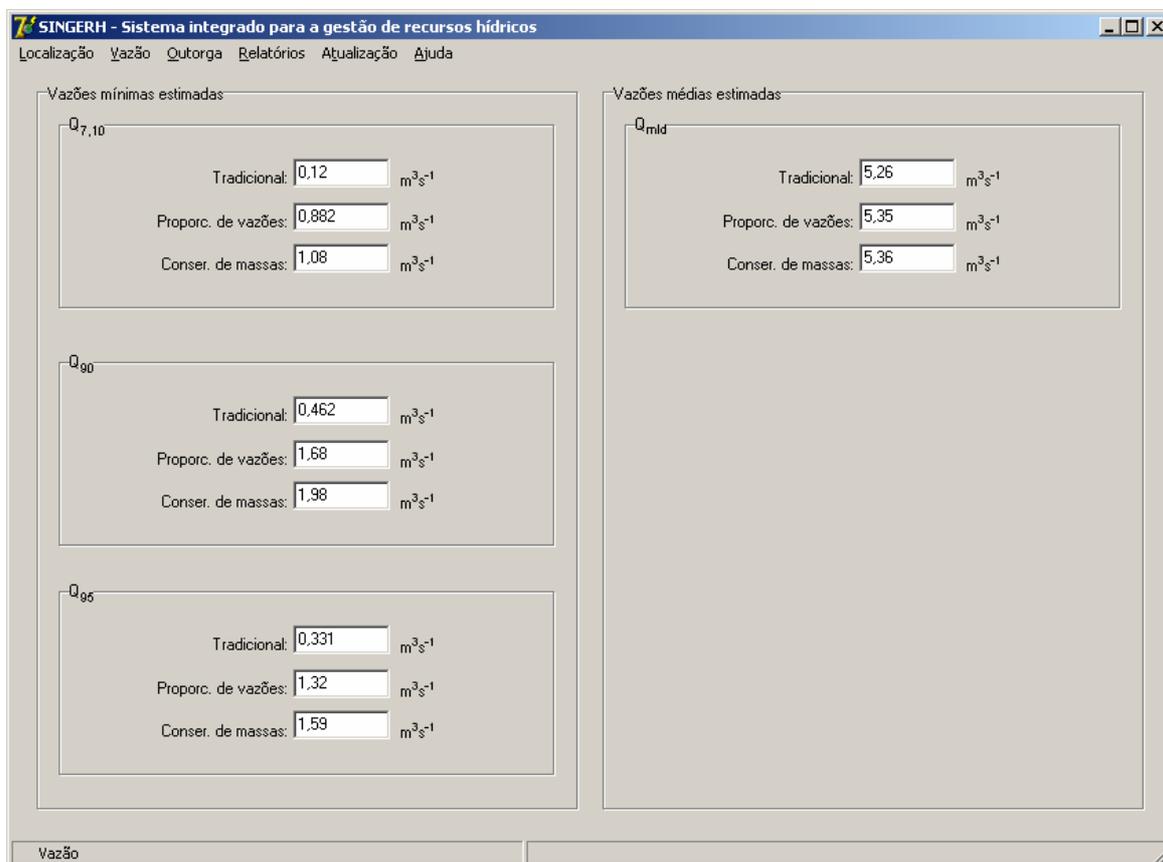


Figura 2 – Tela Vazão do SINGERH.

Pela análise dos valores estimados, verifica-se a tendência do método tradicional em subestimar os valores de vazões em relação aos demais métodos, sendo que para a estimativa da $Q_{7,10}$ houve uma diferença entre este método e o baseado na conservação de massas/continuidade de vazões da ordem de nove vezes. Diferenças tão expressivas indicam a necessidade de um maior cuidado na escolha do método de regionalização de vazões para o cálculo da vazão de referência, já que a sua estimativa é a informação básica no processo de concessão de outorga. Valores na mesma ordem de grandeza entre os métodos só foram observados na estimativa da Q_{mld} , na qual este comportamento era esperado por se tratar de médias. As rotinas desenvolvidas estimam tanto a $Q_{7,10}$ como a Q_{90} e a Q_{95} , que constituem as principais formas de quantificação da vazão mínima utilizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos para a concessão da outorga. O fato de terem sido implementados três métodos de regionalização de vazões permite ao analista a utilização do SINGERH como uma ferramenta de simulação, fornecendo subsídios aos órgãos gestores para a avaliação do método mais adequado para utilização nas condições específicas do estudo realizado. As rotinas desenvolvidas consideram, por simplificação, para o cálculo das vazões mínimas e média, apenas a área de drenagem como variável independente. A incorporação de outras características físicas e climáticas da bacia poderia conduzir a uma melhoria na estimativa das vazões como foi observada, para o método tradicional, por Baena (2002) ao proceder a regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda e Azevedo (2004) ao avaliar metodologias de regionalização de vazões mínimas para a bacia do rio Paranã. Vale ressaltar que os métodos de regionalização possuem restrições quanto a seu uso, principalmente para bacias de menor porte onde os efeitos da resposta das variáveis climáticas e físicas apresentam maior desvio padrão (Silva Júnior *et al.*, 2002), sendo, portanto necessária certa cautela no uso das rotinas desenvolvidas para rios de menor tamanho, pois, geralmente, não possuem nenhum monitoramento, além disso, suas áreas de drenagem não estão dentro da faixa de valores utilizados no estudo de regionalização.

CONCLUSÕES: As rotinas computacionais desenvolvidas permitiram a estimativa das vazões mínimas e média, por diferentes métodos de regionalização de vazões, para qualquer seção ao longo da hidrografia da bacia. Foram verificadas, ainda, diferenças expressivas nos valores estimados pelos diferentes métodos de regionalização de vazões estudados.

REFERÊNCIAS:

- AZEVEDO, A. A. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do rio Paranã.** 2004. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.** 2002. 135 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CHAVES, H. M. L., ROSA, J. W. C., VADAS, R. G., OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de Vazões Mínimas em Bacias Através de Interpolação em Sistemas de Informações Geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n. 3, 2002. p. 43-51.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões.** Rio de Janeiro. v. 1, 1985a.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Manual de minicentrals hidrelétricas.** Rio de Janeiro, 1985b.
- MOREIRA, M. C. **Sistema integrado para a gestão dos recursos hídricos.** 2006. 97p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- NOVAES, L. F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu.** 2005. 104p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SILVA JÚNIOR, O. B. da., BUENO, E. de O., TUCCI, C. E. M., CASTRO, N. M. R. Extrapolação espacial na regionalização da vazão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 21-37, 2003.