

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDO SOBRE ERROS DO MÉTODO DA VAZÃO ESPECÍFICA NA ESTIMATIVA DE VAZÃO EM LOCAIS SEM DADOS: UMA PRIMEIRA ANÁLISE

*Mino Viana Sorribas*¹; *Walter Collischonn*²; *Rodrigo Cauduro Dias de Paiva*³ & *Larissa de Castro Ribeiro*⁴ & *Cléber Henrique de Araújo Gama*⁵

RESUMO — A estimativa de vazões de referência, seja a vazão média ou Q95, em locais sem dados são necessárias para gestão de recursos hídricos. O presente trabalho apresenta uma avaliação de erros resultantes da aplicação do método de transferência da vazão específica, uma técnica simples e amplamente difundida, mas para os quais não existem relatos sobre os erros associados, exceto em aplicações isoladas. Para tanto, os dados de postos fluviométricos abrangendo boa parte do território nacional (~2000) foram utilizados para simular o processo de estimativa de vazão em locais sem dados, replicando a aplicação do método de transferência de vazões específicos, a partir de postos vizinhos. Este trabalho apresenta uma visão abrangente da magnitude dos erros esperados para aplicação da técnica, fornecendo também um procedimento de referência para comunicação de incertezas das estimativas de vazão média e Q95, com base na relação de áreas entre os posto fluviométrico e o local de interesse.

Palavras-Chave – monitoramento, regionalização, ungauged

INTRODUÇÃO

As vazões de referência são muito utilizadas em projetos de engenharia e na tomada de decisão relacionada a gestão de recursos hídricos. Uma vazão de referência pode ser definida como um valor de vazão que permite resumir uma grande quantidade de dados da série, seja para um período específico ou de longo termo, em um determinado local. As vazões de referência podem ser utilizadas para caracterizar aspectos da disponibilidade hídrica em situações normais (ou médias) ou mais extremas. Assim, uma vazão de referência típica é a vazão média, mas valores relativamente baixos, tais como de situações de estiagem, são considerados mais adequados para caracterizar a disponibilidade hídrica. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) adota a vazão que é superada em 95% do tempo, denominada Q95, como critério para avaliar o balanço entre a demanda e a disponibilidade de água. Ou seja, considera-se que a probabilidade de não atendimento de 5% é um valor tolerável, na média de diversos setores usuários (ANA, 2013). Este critério também é utilizado pelo setor elétrico para estimativa de energia garantida em usinas hidroelétricas que não possuem reservatório de regularização.

1) Afiliação: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mino.sorribas@gmail.com

2) Afiliação: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, collischonn@iph.ufrgs.br

3) Afiliação: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rodrigodpaiva@iph.ufrgs.br

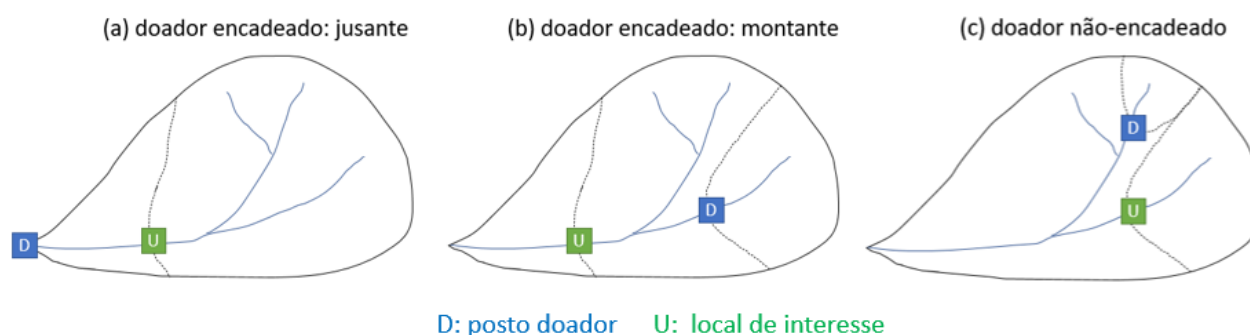
4) Afiliação: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, larissa.ribeirocr@iph.ufrgs.br

5) Afiliação: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cleber.hag@gmail.com

O presente trabalho enquadra-se no subprojeto de “Regionalização de Vazões” dentro do projeto “Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional” desenvolvido entre o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH-UFRGS) e a ANA. Dentre outros objetivos, busca-se elaborar e comparar bases de dados de vazões de referência em escala nacional usando diferentes metodologias como as baseadas em observações de postos fluviométricos e modelagem hidrológica continental.

Existem diferentes métodos para realizar a estimativa de vazões em locais sem dados, por exemplo, a transferência de vazões, a regionalização com técnicas de regressão, modelagem hidrológica e estimativas por séries curtas. O método de estimativa de vazões pela transferência da vazão específica é a forma mais intuitiva e expedita para obter valores de vazão num determinado local. Basicamente, considera-se que a vazão específica ($m^3/s.km^2$ ou $L/s.km^2$) obtida pelos registros históricos de um posto fluviométrico “doador” é a mesma do local sem dados. A estimativa é realizada utilizando a área de drenagem no local de interesse multiplicada pela vazão específica. A Figura 1 ilustra alguns casos possíveis, em termos de localização entre postos, na aplicação do método.

Figura 1 – Exemplos de posicionamento entre posto doador e local de interesse



Esta metodologia é uma forma muito simplificada de regionalização, que tem a vantagem de ser extremamente fácil de aplicar. Entretanto, a qualidade da estimativa depende do grau de homogeneidade das características do clima e da bacia hidrográfica. Os resultados do método tendem a ser bons quando os locais com e sem dados estão mais próximos (distância $\rightarrow 0$), especialmente quando são embutidas (encadeados) e com relações de área similares ($\text{Área Doador}/\text{Área Posto} \rightarrow 1$). Por outro lado, à medida que aumenta a distância entre a bacia sem dados e a bacia com dados, ou à medida que aumenta a diferença entre as áreas de drenagem, o erro do método tende a aumentar. Este aspecto muitas vezes não é levado em consideração, e, em alguns casos, os dados de vazão específica são tomados em grandes bacias e transferidos para bacias de pequeno e médio porte.

Há estudos que mostram que a relação entre vazão e área de drenagem não é linear quando há significativas diferenças de escala, principalmente em bacias de área menor que $50 km^2$ (Tucci, 2002; Clarke e Tucci, 2003). Da mesma forma, o método tende a ter resultados ruins em regiões com grande variabilidade espacial das características climáticas, especialmente em zonas de transição no regime de chuvas (ANA, 2013). De acordo com um estudo realizado por Ries e Friez (2000), o método da vazão específica é igual ou melhor do que métodos mais complexos de regressão quando a área de drenagem do local sem dados está entre 0,3 e 1,5 vezes a área de drenagem do local com dados. Em estudo realizado por Reis *et al.* (2008) encontrou erros de -6% a +34% na estimativa da vazão média, com a técnica de transferência da vazão específica.

Em teoria, a escolha do posto doador, a disponibilidade e qualidade dos dados, e a similaridade hidrológica de uma determinada região definem a acurácia da estimativa. Na prática, a escolha do posto doador para método da transferência por vazão específica tende a ser mais subjetiva. Independente da escolha, existem erros associados, mas há poucos relatos quantitativos sobre o assunto, especificamente. Em geral, podemos colocar duas perguntas simples e não respondidas: 1)

“Qual é o erro em utilizar a transferência da vazão específica para estimar vazões médias e vazões Q95?”; 2) “Como o erro varia em função da proximidade ou distância entre o local sem dados, em que se pretende estimar a vazão, e o local com dados, utilizado como apoio?”

METODOLOGIA

No método da vazão específica, assume-se homogeneidade hidrológica na região dos dois postos, e a vazão específica, definida como a razão entre a vazão e a área de drenagem, de um local sem dados é considerada igual à vazão específica de um local com dados. Dessa forma, a vazão no local sem dados é estimada a partir da vazão no local com dados multiplicada pela relação entre áreas de drenagem, conforme a equação 1.

$$Q_u = Q_g \cdot \frac{A_u}{A_g} \quad (1)$$

onde Q_g é a vazão no local com dados (posto fluviométrico); A_g é a área de drenagem no local com dados; A_u é a área de drenagem no local sem dados; e Q_u é a vazão no local sem dados.

Para estudar essa questão, utilizamos uma base de dados de séries diárias de vazão e o cadastro de postos fluviométricos nacional selecionados (~2000 postos) e aplicamos o modelo de transferência por vazão específica para diferentes combinações de pares de postos (doador-receptor). A partir da vazão específica obtido de um posto fluviométrico realiza-se a estimativa em outro local que também possui um posto fluviométrico e calcula-se o erro. Entende-se que o erro calculado dessa maneira pode fornecer uma aproximação do erro real em utilizar tal método em um local não-monitorado. No caso, o método de transferência foi aplicado para a estimativa da vazão média e para a vazão Q95, a partir dos valores respectivos em vazão específica.

Em outras palavras, para cada posto em análise foi utilizada a vazão específica de posto de apoio “doador” para realizar a estimativa de vazões no mesmo local do posto em análise. O processo foi repetido para cada posto com dados disponíveis, aplicando a varredura em postos de apoio encadeados (conectados topologicamente na rede montante/jusante) e não-encadeados. A estatística das vazões de referência foi calculada sobre o período comum da série de dados para cada par de postos. A análise não precisa ser limitada a dados de séries longas, pois busca-se quantificar os erros e incertezas associados ao método de transferência e não em obter o valor mais preciso. Considerou-se todos os postos doadores encadeados e, no caso de postos de apoio não-encadeados, definiu-se um raio de busca máximo (entre centroides) de 300 km de forma a permitir uma busca abrangente para a análise em escala nacional.

Por fim, a análise foi realizada de maneira integrada, considerando o conjunto de erros obtidos das simulações (e.g. aplicação da técnica para diferentes pares de postos fluviométricos), enfatizando o comportamento do erro com as relações de área entre os dois postos.

No contexto da estimativa de vazões, visando a avaliação de disponibilidade hídrica considera-se importante que a métrica de desempenho seja capaz de indicar a proporcionalidade de excesso/déficit hídrico da estimativa. Nesse sentido, a métrica denominada de Razão entre Vazões, descrita a seguir, é proposta e utilizada para avaliar o desempenho entre valores observados e estimados das vazões de referência.

No caso da vazão de referência Q95, a razão de vazões é dada por:

$$RQ95 = \text{Sinal}(Q95_{est} - Q95_{obs}) \cdot \text{Máximo}\left(\frac{Q95_{est}}{Q95_{obs}}; \frac{Q95_{obs}}{Q95_{est}}\right) \quad (2)$$

onde: $RQ95$ é a métrica de razão de vazões Q95; $Q95_{est}$ é a Q95 estimada por um modelo; $Q95_{obs}$ é a Q95 observada, obtida dos dados do posto fluviométrico em análise.

De maneira similar, para vazão média, a métrica é calculada por:

$$RQM = \text{Sinal}(QM_{est} - QM_{obs}) \cdot \text{Máximo} \left(\frac{QM_{est}}{QM_{obs}}, \frac{QM_{obs}}{QM_{est}} \right) \quad (3)$$

onde: RQM é a métrica de razão de vazões QM; QM_{est} é a QM estimada por um modelo; QM_{obs} é a QM observada, obtida dos dados do posto fluviométrico em análise.

Essa métrica indica a proporção em que o modelo estima as vazões em relação às vazões observadas, de tal maneira que um valor RQM=+2 indica que a vazão média estimada é o dobro da observada e, um valor RQM=-2 indica que a vazão média estimada é a metade da observada. Um ajuste perfeito fornece um valor de 1. Ao considerar que a magnitude dos erros de superestimativa e subestimativa (em proporção) são igualmente importantes, a métrica pode ser utilizada ignorando o sinal, critério esse adotado para as análises no presente estudo.

RESULTADOS

A aplicação do método de transferência resultou em cerca de 300 mil simulações, contendo informações da análise em cada par de postos, por exemplo, o código, áreas de drenagem, distâncias entre postos, encadeamento (ou não), tamanho da série pareada (em dias), vazões observadas e estimadas, e as métricas de erro. Visando obter comparação mais justa entre diferentes locais, aplicou-se um filtro de postos doadores, mantendo no máximo 5 postos encadeados e 5 postos não encadeados, priorizando os mais próximos, para cada local. Os resultados a seguir resumem os erros obtidos para essa base final (cerca de 17 mil pares), removendo casos espúrios, por exemplo, quando a vazão Q95 observada é nula.

Os resultados decorrem de comparações em escala nacional, com estimativas de vazão em séries pareadas, sendo que cerca de 60% dos casos foram realizados com pelo menos 10 anos de dados (diários). Em geral, as simulações contemplaram pares com pelo menos 2 anos de dados pareados, e 75% dos casos tiveram pelo menos 5 anos de dados, enquanto 20% foram comparados com séries com mais de 30 anos pareados. Devido à disponibilidade espacial dos postos fluviométricos, 32% dos casos em análise se localizam na região hidrográfica do Paraná e Paraguai, 17% em bacias do Atlântico Leste e Sudeste, 15% na bacia Amazônica, 9% no Atlântico Sul, 9% no São Francisco, 6% no Uruguai, 6% no Tocantins-Araguaia, e 6% no Atlântico Nordeste e Parnaíba.

A figura 2 apresenta um gráfico com a mediana (do conjunto) dos valores absolutos de RQ95 (eixo y) em comparação com a relação de área de drenagem do posto doador e posto receptor (eixo x), considerando os dois tipos de postos doadores: encadeados (vermelho) e não-encadeados (verde). É possível observar uma tendência de diminuição do erro à medida que a relação de área se aproxima de 1, ou seja, quando os postos estão mais próximos. O resultado sugere que à medida que o posto doador se localiza mais a montante (para esquerda no gráfico) ou a jusante (para direita no gráfico), os erros aumentam. Para o caso de postos doadores não-encadeados não é possível observar um comportamento muito evidente, por outro lado, os erros para os postos encadeados tendem a ser, aparentemente, inferiores ao de postos não-encadeados. De maneira similar, a figura 4 apresenta a mediana (do conjunto) dos valores absolutos de RQM. Em geral, o mesmo comportamento do erro com a relação de área foi observado, embora os valores de RQM sejam relativamente menores do que aqueles para RQ95.

Em casos encadeados, a mediana dos valores absolutos de RQ95, para relações de área entre postos de 0,5 a 2, indica que ao utilizar a vazão Q95 específica de postos doadores com a metade ou o dobro da área de drenagem de um local não-monitorado, a proporção entre vazão estimada e observada ficou entre 1,14 e 1,25 (ou 1/1,14 e 1/1,25). No caso de superestimativas, isso indicaria 14% ou 25% a mais; e, no caso de subestimativas, 13% e 20% a menos. Para os casos não-encadeados, os valores de RQ95 nessa mesma faixa de relação de áreas variou de 1,49 a 1,52.

Em casos encadeados, a mediana dos valores absolutos de RQM, para relações de área entre postos de 0,5 a 2, indica que ao utilizar a vazão Q95 específica de postos doadores com a metade ou o dobro da área de drenagem de um local não-monitorado, a proporção entre vazão estimada e observada ficou entre 1,08 e 1,12 (ou 1/1,12 e 1/1,08). No caso de superestimativas, isso indicaria 8% ou 12% a mais; e, no caso de subestimativas, 8% e 11% a menos. Para os casos não-encadeados, os valores de RQ95 nessa mesma faixa de relação de áreas variou de 1,21 a 1,23.

Figura 2 – Mediana dos valores absolutos de RQ95 em categorias de relação de área entre posto doador e receptor

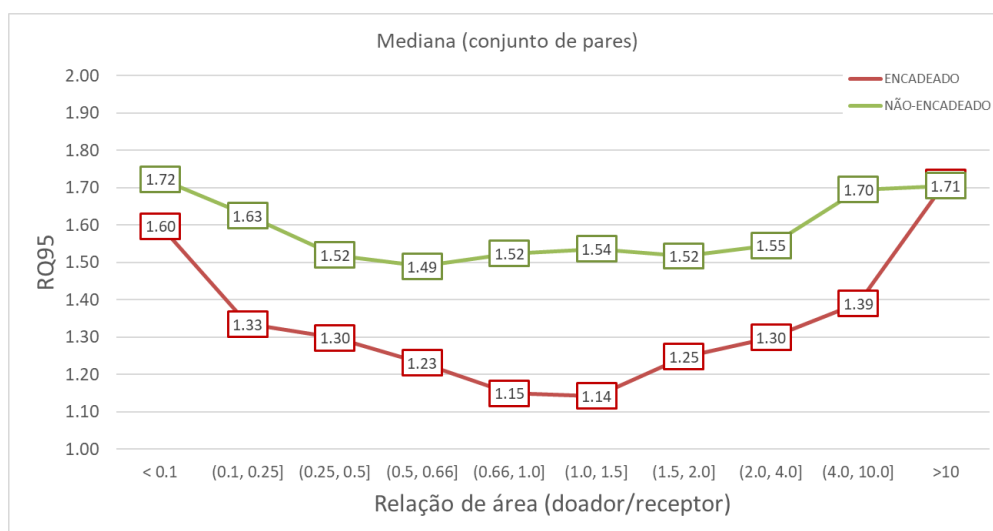
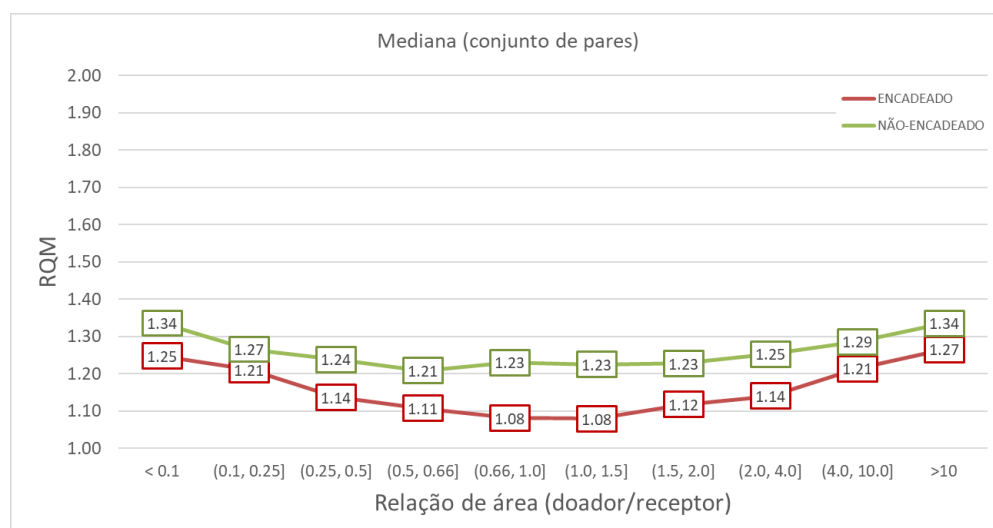


Figura 3 – Mediana dos valores absolutos de RQM em categorias de relação de área entre posto doador e receptor



A mediana apresenta um indicador de tendência central das estimativas fornecendo uma visão geral dos erros nas estimativas decorrentes do uso da transferência de vazão específica. De forma complementar, podemos quantificar parte da incerteza associada considerando também outros percentis abaixo e acima da mediana.

A figura 4 apresenta o mesmo tipo de gráfico já descrito anteriormente, mas considerado os percentis de 25 e 75% para os valores absolutos de RQ95. Assim, para a faixa de relação de área entre 0,5 e 2, os valores de percentil 25% na métrica da Q95 estiveram entre 1,07 e 1,09 para os casos

encadeados, e entre 1,21 e 1,22 para os casos não-encadeados. Esses valores podem representar situações em que se há maior confiança em relação à similaridade hidrológica entre o posto doador e o local de interesse. Por outro lado, o percentil de 75% na métrica da Q95, para a relação de áreas entre 0,5 e 2, teve valores entre 1,30 e 1,64 para postos encadeados. No caso, de postos não-encadeados os valores estiveram entre 2,0 e 2,36. Ou seja, um posto não-encadeado pode fornecer estimativas de Q95 que resultam em valores superiores ao dobro da vazão no local, ou inferiores a metade. Dessa forma, é importante destacar que a transferência da vazão Q95 específica pode gerar erros dessa magnitude, a depender do posto fluviométrico adotado para estimativa de vazões em locais sem dados.

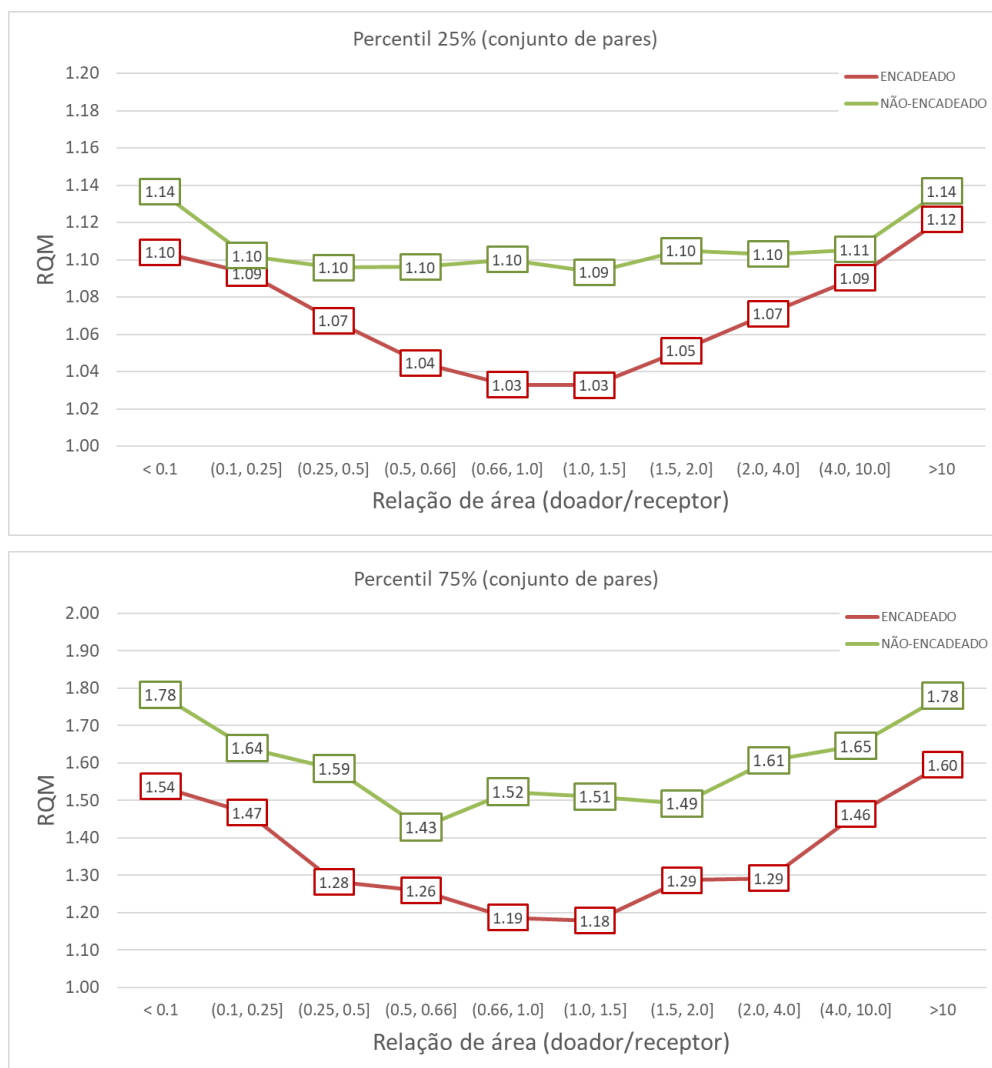
Figura 4 – Percentil 25% (acima) e 75% (abaixo) dos valores absolutos de RQ95 em categorias de relação de área entre posto doador e receptor



A figura 5 apresenta o mesmo tipo de gráfico já descrito anteriormente, mas considerado os percentis de 25 e 75% para os valores absolutos de RQM. Assim, para a faixa de relação de área entre 0,5 e 2, os valores de percentil 25% na métrica da QM estiveram entre 1,03 e 1,05 para os casos encadeados, e entre 1,09 e 1,10 para os casos não-encadeados. Esses valores sugerem erros inferiores a 5% e 10%, encadeado e não-encadeado, em situações em que há maior confiança em relação à similaridade hidrológica entre o posto doador e o local de interesse. Ou seja, existem situações em que a aplicação do método da vazão específica para a QM pode fornecer estimativas com erros bastante baixos, mesmo com postos não-encadeados. Para o percentil de 75% na métrica da QM, para

a relação de áreas entre 0,5 e 2, foram obtidos valores entre 1,18 e 1,29 para postos encadeados e, entre 1,43 e 1,52 para postos não-encadeados. Dessa forma, podemos interpretar que erros da ordem de 30% (encadeados) e até 50% (não-encadeados) não seriam raros na aplicação desse método, podendo ser adotados para casos em que há menor confiança no posto adotado para estimativa no local sem dados.

Figura 5 – Percentil 25% (acima) e 75% (abaixo) dos valores absolutos de RQM em categorias de relação de área entre posto doador e receptor



Estes resultados permitem que uma hidróloga obtenha uma estimativa da incerteza da sua estimativa de vazão em local sem dados, quando utilizar o método da vazão específica da equação 1. Considere o caso de uma hidróloga que está estimando a vazão Q95 em um local sem dados U, cuja área de drenagem é $A_u = 200 \text{ km}^2$, com postos encadeados, utilizando dados observados em um posto fluviométrico D, localizado a jusante de U, e onde a área de drenagem é $A_g = 1000 \text{ km}^2$. Neste caso, a relação entre áreas de drenagem doador/receptor é igual a $A_g/A_u = 1000/200 = 5$. Este valor está situado no intervalo entre 4 e 10 no eixo horizontal nos gráficos das figuras 2 a 4. Na figura 2, que apresenta os valores das medianas da métrica de erro RQ95 (em valores absolutos), a hidróloga observa que o valor de RQ95 correspondente ao intervalo entre 4 e 10 no eixo horizontal é RQ95 = 1,39. Isto significa que, em 50% dos casos analisados nesta faixa de relação de áreas entre posto doador e local receptor, o valor de RQ95 é inferior a 1,39, e que em 50% dos casos RQ95 é superior a 1,39. O valor absoluto RQ95 = 1,39 pode ocorrer tanto quando a vazão Q95 estimada no local sem

dados é 39% superior à vazão Q95 real ($Q95_{est}/Q95_{obs}=1,39$), como quando a vazão Q95 real é 39% superior à vazão Q95 estimada ($Q95_{obs}/Q95_{est}=1,39$). Neste último caso, a vazão estimada corresponde a 1/1,39 da vazão real, ou seja, é 28% inferior à vazão real. Em outras palavras, o valor $RQ95=1,39$ encontrado pela hidróloga na figura 2 significa que em 50% dos casos a Q95 real no local sem dados está no intervalo entre -28% e +39% da vazão estimada.

Utilizando a figura 4, a hidróloga vai obter ainda os valores de RQ95 para os percentis de 25% e 75%, que são, respectivamente, 1,16 e 1,92. O valor $RQ95=1,16$ significa que o erro da estimativa está entre -14% e +16% em relação ao valor real. O valor $RQ95=1,92$ significa que o erro da estimativa está entre -48% e +92%.

Assim, supondo que o valor da Q95 estimado pela hidróloga tenha sido $1\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, a hidróloga poderá considerar que a Q95 real no local sem dados tem 25% de probabilidade de estar na faixa entre 0,86 e $1,16\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; 50% de probabilidade de estar na faixa entre 0,72 e $1,39\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; e 75% de probabilidade de estar na faixa entre 0,52 e $1,92\text{m}^3.\text{s}^{-1}$.

De forma a facilitar a utilização das estimativas de incertezas sobre os valores estimados das vazões Q95 e QM, construímos dois gráficos de referência para os casos encadeados (Figuras 6 e 7). Os gráficos apresentam a os erros relativos (transformados a partir das métricas de proporção de vazão), em função da área de drenagem, com as curvas que orientam a estimativa de incertezas para as faixas de 50% e 75% de probabilidade. Dessa maneira, o procedimento adotado pela hidróloga pode ser simplificado por uma consulta aos gráficos. Para o mesmo problema anterior, após calcular a relação de áreas ($=5$), as faixas de erro podem ser obtidas diretamente de -48% a +92% (banda larga) e -28% a 39% (banda estreita). Se em outro exemplo, a relação de área fosse de 0,6, o mesmo procedimento pode ser adotado, identificando as faixas de -19% a 23% (banda estreita) e -38% a 60% (banda larga). Por fim, o gráfico da Figura 7 pode ser utilizado exatamente da mesma forma, no caso de estimativas para a vazão média, em postos encadeados.

Para postos não-encadeados, a relação entre áreas não é tão evidente, assim recomenda-se interpretar que os valores de RQ95 são de pelo menos 1,49 e 2,03 em 50% e 75% dos casos, respectivamente. Da mesma forma, para a vazão média, os valores de RQM são de pelo menos 1,23 e 1,43 em 50% e 75% dos casos, respectivamente. Portanto, em pares de postos não-encadeados, o valor da Q95 deve estar na faixa de -32% a +44% (banda estreita) ou -50% a +103% (banda larga) do valor estimado; e a vazão média deve estar na faixa de -18% a +23% (banda estreita) ou -30% a +43% do valor estimado; pelo menos.

Figura 6 – Gráfico de erros na aplicação do método da vazão específica para a Q95 em postos encadeados

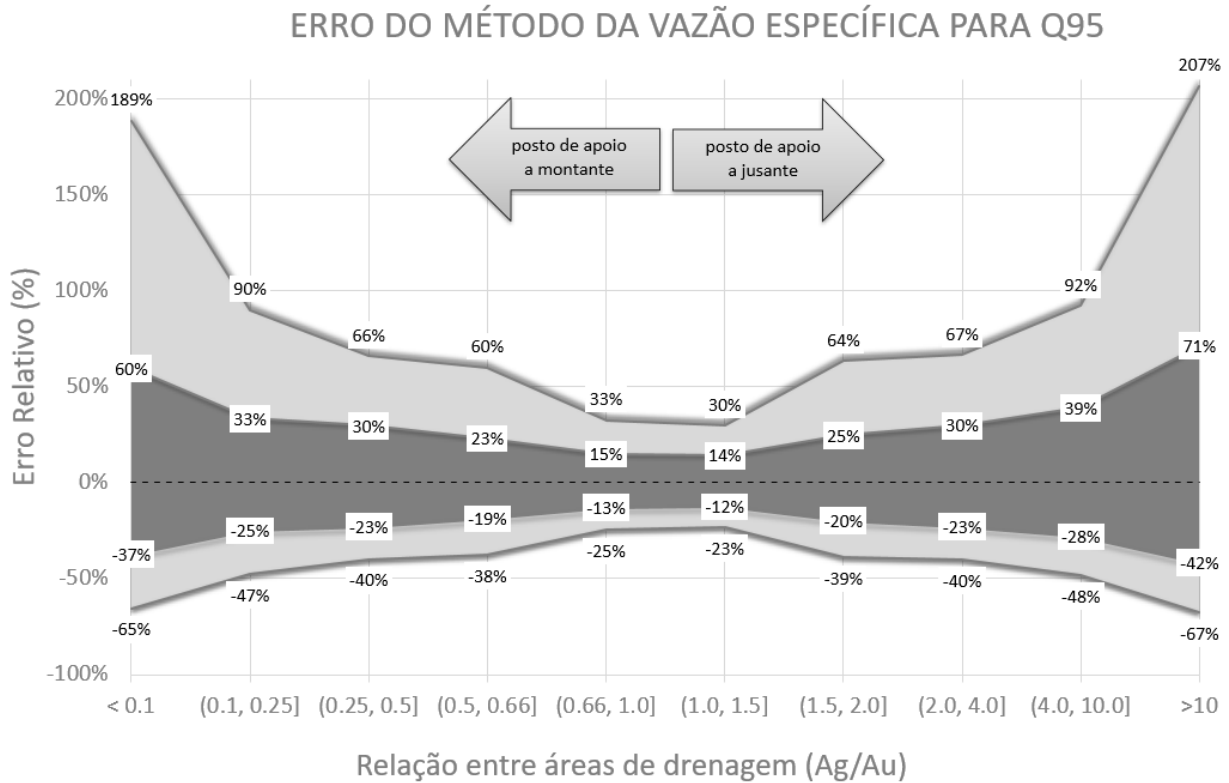
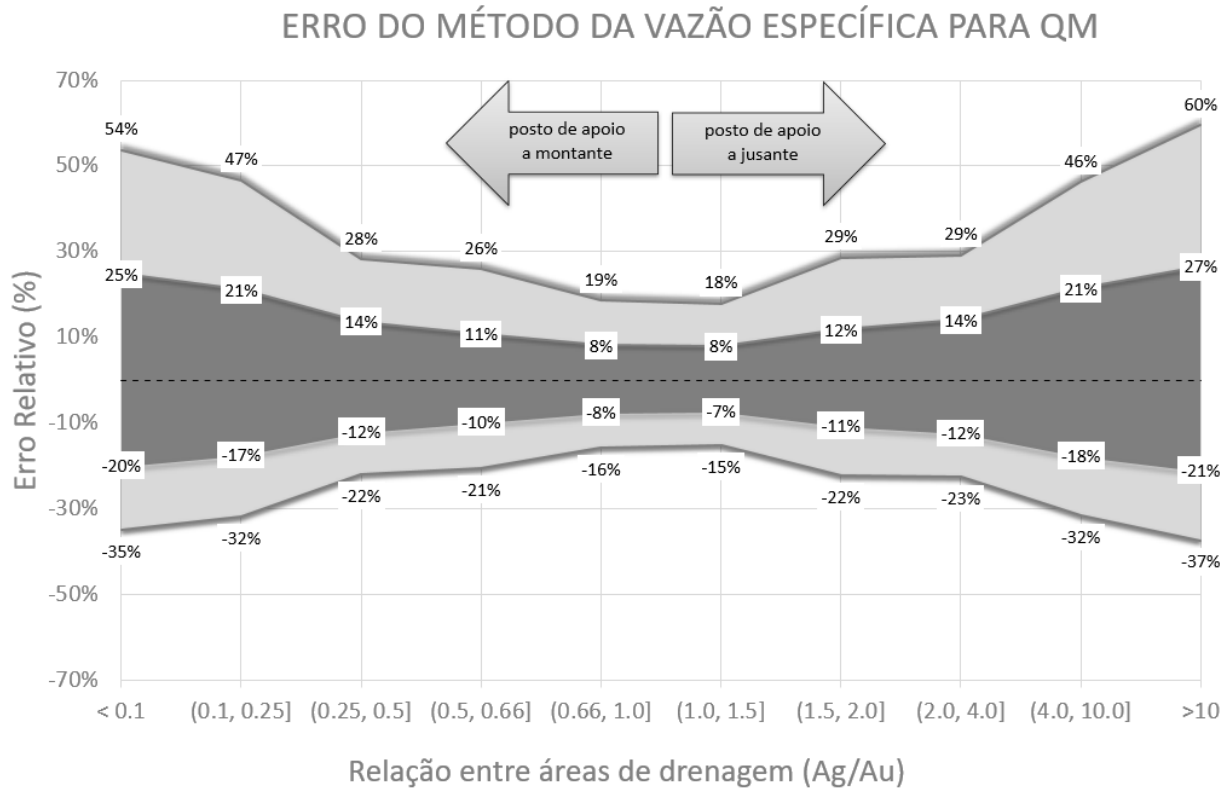


Figura 7 – Gráfico de erros na aplicação do método da vazão específica para a Qm, em postos encadeados



CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma análise dos erros em estimativas de vazões médias e Q95 utilizando o método da vazão específica. Os resultados foram obtidos por meio da simulação de múltiplos cenários e, considerando, dados de postos fluviométricos disponíveis em escala nacional. Foi possível estabelecer no momento, que postos doadores encadeados tendem a fornecer estimativas mais confiáveis de vazões de referência (mesmo período) do que postos não-encadeados.

Os resultados mostram que o método de estimativa de vazão média e Q95 em locais sem dados baseado na vazão específica de um único posto de referência tem erros menores quando os dois locais (com dados e sem dados) estão encadeados, isto é, uma bacia está embutida dentro da outra. Neste caso, os erros diminuem à medida que a razão entre áreas de drenagem se aproxima de 1.

Os resultados podem ser utilizados para estimar a incerteza da estimativa da vazão de referência em um local sem dados. Para isto são apresentados os valores dos erros correspondentes aos percentis de 25%, 50% e 75% dos casos analisados em diferentes faixas de razão entre a área de drenagem.

Por fim, apresentamos um exemplo de como considerar a incerteza na estimativa de vazão, ao aplicar o método.

REFERÊNCIAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2013). Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. 2013. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/manual-de-outorga.pdf>.
- CLARKE, R.T. & TUCCI, C.E.M. Regionalização Hidrológica (2003) in: PAIVA, J.B.D. de & PAIVA, E.M.C.D. DE (Orgs.), Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 169-222, 2003.
- REIS, J. A. T.; GUIMARÃES, M. A.; BARRETO NETO, A. A.; BRINGHENTI, J. (2008) “Indicadores Regionais Aplicáveis à Avaliação do Regime de Vazão dos Cursos D’Água da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana”. 2008. Geociências, São Paulo, v. 27, n. 4, pp-509-516.
- RIES, K.G., FRIEZ, P.J. (2000) Methods for estimating lowflow statistics for Massachusetts streams: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 00-4135, 81 p.
- TUCCI, C. E. M. (2002) Regionalização de vazões. Editora da Universidade. UFRGS. 1a edição. Porto Alegre.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem à ANA pelo financiamento através do projeto “Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional”