

## **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS**

*Luana dos Santos Goulart<sup>1</sup>; Frederico Keizo Odan<sup>2</sup> & Pedro Augusto dos Anjos Souza<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A gestão de recursos hídricos é realizada com base em vazões de referência dos corpos d'água e a sua determinação é fundamental para garantir a disponibilidade hídrica, sobretudo sob cenários de demandas crescentes e incertezas quanto a disponibilidade hídrica. Este estudo compara dois métodos de estimativa da vazão de referência  $Q_{7,10}$  na bacia do Alto Rio das Velhas (MG): a regionalização adotada pelo IGAM e o método baseado na distribuição de Gumbel, aplicado a séries históricas de estações fluviométricas. Utilizaram-se séries de vazões obtidas na plataforma HidroWeb, com preenchimento de falhas por regressão linear, análises estatísticas descritivas e vazões de permanência. Os resultados revelaram forte sazonalidade no regime hidrológico e significativa heterogeneidade espacial entre as estações. A distribuição de Gumbel tendeu a estimar valores mais elevados de  $Q_{7,10}$  em relação à regionalização. Embora algumas estações apresentem boa concordância, identificaram-se discrepâncias relevantes em outras, possivelmente associadas à representatividade espacial e a inconsistências de georreferenciamento. As vazões de permanência indicaram que a  $Q_{7,10}$  corresponde a permanências próximas a 95%, caracterizando condições críticas de disponibilidade hídrica. Conclui-se que a utilização complementar dos métodos pode contribuir para estimativas mais robustas, auxiliando na gestão dos recursos hídricos e nos processos de outorga.

**Palavras-Chave** – Vazão de referência  $Q_{7,10}$ ; Regionalização de Vazões, Outorga.

**ABSTRACT** – Water resources management is based on reference streamflows of water bodies, and their determination is fundamental to ensure water availability, especially under scenarios of growing demands and uncertainties regarding water availability. This study compares two methods for estimating the reference streamflow  $Q_{7,10}$  in the Upper Rio das Velhas basin (MG): the regionalization approach adopted by IGAM and the method based on the Gumbel distribution, applied to historical series from streamflow gauging stations. Streamflow series obtained from the HidroWeb platform were used, with gap filling by linear regression, descriptive statistical analyses, and flow duration curves. The results revealed strong seasonality in the hydrological regime and significant spatial heterogeneity among the stations. The Gumbel distribution tended to estimate higher  $Q_{7,10}$  values compared to regionalization. Although some stations showed good agreement, relevant discrepancies were identified in others, possibly associated with spatial representativeness and georeferencing inconsistencies. The flow duration curves indicated that  $Q_{7,10}$  corresponds to exceedance probabilities close to 95%, characterizing critical conditions of water availability. It is concluded that the complementary use of both methods can contribute to more robust estimates, supporting water resources management and water rights allocation processes.

**Key-words** – Reference streamflow  $Q_{7,10}$ ; Streamflow regionalization, Water use permit.

<sup>1</sup>) Discente do curso de Mestrado em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Email: [contatoluanagoulart@gmail.com](mailto:contatoluanagoulart@gmail.com)

<sup>2</sup>) Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Email: [frederico.ko@cefetmg.br](mailto:frederico.ko@cefetmg.br)

<sup>3</sup>) Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Email: [pedro.souza.eas@gmail.com](mailto:pedro.souza.eas@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos é fundamentada na premissa de que a água é um bem público limitado, cuja administração deve garantir usos múltiplos de forma sustentável. Nesse contexto, a outorga de direito de uso d'água se destaca como instrumento vital da Política Nacional de Recursos Hídricos, atuando como ato administrativo que faculta ao Poder Público o gerenciamento quantitativo e qualitativo das demandas, prevenindo conflitos entre usuários.

No cenário mineiro, esse marco regulatório é consolidado pelo Decreto nº 47.705/2019 e pela Portaria IGAM nº 48/2019, que estabelecem a  $Q_{7,10}$  — vazão mínima de 7 dias com período de retorno de 10 anos — como referência para a concessão de outorgas, definida pelo Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais [IGAM; UFV (2012)]. Essa vazão é amplamente utilizada para fins de outorga de direito de uso da água e representa um parâmetro fundamental na gestão dos recursos hídricos do estado. Outra forma de determinação da vazão de referência é por meio de distribuições estatísticas aplicadas a séries de vazões mínimas, sendo a distribuição de Gumbel uma das utilizadas para esse fim [Naghetini; Von Sperling (2014) *apud* Granemann, Mine (2015)]. Diante da diversidade de métodos disponíveis, torna-se relevante avaliar sua aplicabilidade em bacias hidrográficas de elevada relevância socioeconômica e ambiental.

A bacia do rio São Francisco, onde se insere a sub-bacia do Rio das Velhas, reforça essa relevância por sua importância socioeconômica, abrangendo cerca de 8% do território nacional e atendendo mais de 15 milhões de habitantes [Santos, et al. (2020); CBHSF (2025)]. O Alto Rio das Velhas, estratégico no abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte e sob intensa pressão antrópica, constitui área prioritária de análise.

Portanto, este estudo tem como objetivo comparar a vazão  $Q_{7,10}$  obtida pela regionalização adotada pelo IGAM com a estimada pela distribuição de Gumbel, no Alto Rio das Velhas, comparando-as ainda às curvas de permanência dos trechos estudados para avaliar a aderência dos critérios regulatórios vigentes.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada de forma a garantir a consistência dos dados hidrológicos, a robustez da análise estatística e a aplicabilidade espacial dos resultados. Desse modo, foram abordados os seguintes tópicos:

### 2.1 Obtenção de dados pluviométricos e preenchimento de falhas

Foram utilizados os dados das estações fluviométricas da sub-bacia Alto do Rio das Velhas, por sua relevância no abastecimento da região Metropolitana de Belo Horizonte. Esses dados foram obtidos na plataforma HidroWeb, mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA (2025)]. Para que o estudo fosse mais consistente, foram selecionadas as estações com mais dados disponíveis.

Devido a presença de dados faltantes na série histórica, utilizou-se o método de regressão linear simples, amplamente utilizado no preenchimento de falhas [Bellinaso, et al. (2024)]. Esse preenchimento foi realizado entre os pares de estações com a maior correlação, para garantir maior confiabilidade na estimativa dos valores faltantes.

## **2.2 Análise estatística**

Aplicou-se a análise estatística descritiva, pois segundo Chen et al. (2022), são amplamente empregados na hidrologia para o tratamento de séries históricas, análise de variabilidade e identificação de padrões hidrológicos. Sendo assim, para cada estação, foram calculadas a média, mediana, valor máximo, valor mínimo e desvio padrão. Esses parâmetros permitiram avaliar a variabilidade e a amplitude dos registros de vazão, bem como identificar padrões de comportamento hidrológico ao longo do tempo.

Além disso, foi determinada a média histórica e mensal das vazões para cada estação, com o intuito de identificar a distribuição sazonal do regime hidrológico. Essa análise possibilita a observação da variação da disponibilidade hídrica ao longo do ano e reconhece os períodos de maior e menor oferta de água. Por fim, foram calculadas as médias específicas para o período chuvoso e seco, que permitiram comparar o comportamento das vazões em diferentes condições sazonais e compreender de forma mais detalhada a influência das variações climáticas sobre o escoamento.

## **2.3 Cálculo das vazões de referência ( $Q_{7,10}$ )**

Após o preenchimento de falhas, seguiu-se para o cálculo das vazões de referência a partir dos métodos de Gumbel e o “Estudo de Regionalização de vazões” proposto pela UFV e utilizado pelo IGAM [IGAM, UFV (2012)].

A partir da metodologia de Gumbel [Naghetini, Pinto (2007)] e dos dados de vazão preenchidos, obteve-se a equação (1).

$$Q_{7,10} = x + s \times \{0,45 + 0,7797 \times \ln \left[ \ln \left( \frac{TR}{TR-1} \right) \right]\} \dots\dots\dots (1)$$

No qual,  $Q_{7,10}$  é a vazão mínima de 7 dias com período de retorno de 10 anos ( $m^3/s$ );  $x$  é a média da série de mínimos das médias móveis anuais;  $s$  é o desvio padrão da série de mínimos das médias móveis anuais e  $TR$  é o tempo de retorno (anos).

A vazão  $Q_{7,10}$  do Estudo de Regionalização foi obtida a partir do shapefile disponibilizado pelo IGAM por meio da plataforma IDE-SISEMA, contendo a representação espacial das vazões de referência por trecho hidrográfico. Nesse estudo, a regionalização utilizou as séries históricas das estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com base nas distribuições de densidade de probabilidade de Logpearson 3, Pearson 3, Normal e Lognormal 2.

## **2.4 Curvas de permanência**

As vazões de permanência foram obtidas a partir das séries históricas de vazões diárias, utilizando percentis para relacioná-las aos próprios níveis de permanência. A partir desses valores, foram construídas curvas de permanência para cada estação, possibilitando a análise comparativa do comportamento hidrológico e a relação com a  $Q_{7,10}$ .

Nesse contexto, a QMLT (vazão média de longo termo) foi utilizada como indicador representativo da disponibilidade média da bacia, correspondendo à média aritmética das vazões diárias ao longo da série histórica de cada estação. Para efeito de comparação, também foram calculadas as razões  $S$  calculado e  $S$  regionalizado, definidas pela divisão da  $Q_{7,10}$  — obtida pelo método de Gumbel e pela equação de regionalização do IGAM, respectivamente — pela vazão média de longo termo (QMLT) de cada estação.

## **3. Resultados e Discussões**

### **3.1 Caracterização da Bacia**

A bacia do Alto Rio das Velhas, sub-bacia do Rio São Francisco localizada em Minas Gerais, possui área de 2.739,74  $km^2$  (9,8% da bacia total) e elevada relevância socioeconômica, sendo responsável por cerca de 74% do abastecimento hídrico da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Além disso, há forte influência antrópica, predominando áreas de pastagens, de mineração e áreas urbanas impactando os processos hidrológicos e a qualidade ambiental [CBH São Francisco (2025); PDRH Rio das Velhas (2015); EMBRAPA, (2006)].

A região apresenta regime climático com forte sazonalidade, temperatura média de 21,05 °C e precipitação anual entre 1300 e 1800 mm, concentrada entre outubro e março, com déficit hídrico entre maio e setembro [PDRH Rio das Velhas (2015)].

### 3.2 Levantamento, Análise e Tratamento dos Dados Fluviométricos

Na bacia do Alto Rio das Velhas, foram identificadas 64 estações fluviométricas cadastradas na plataforma HidroWeb (ANA), das quais 16 apresentaram dados disponíveis aptos para o estudo. Dentre essas, foram identificadas 7 estações que apresentaram séries contínuas e recentes, permitindo a definição de um período comum de análise entre 2000 e 2024 (24 anos), evidenciando limitações na disponibilidade de dados hidrológicos na bacia. A Figura 1 apresenta a disposição das estações na bacia do Alto Rio das Velhas.

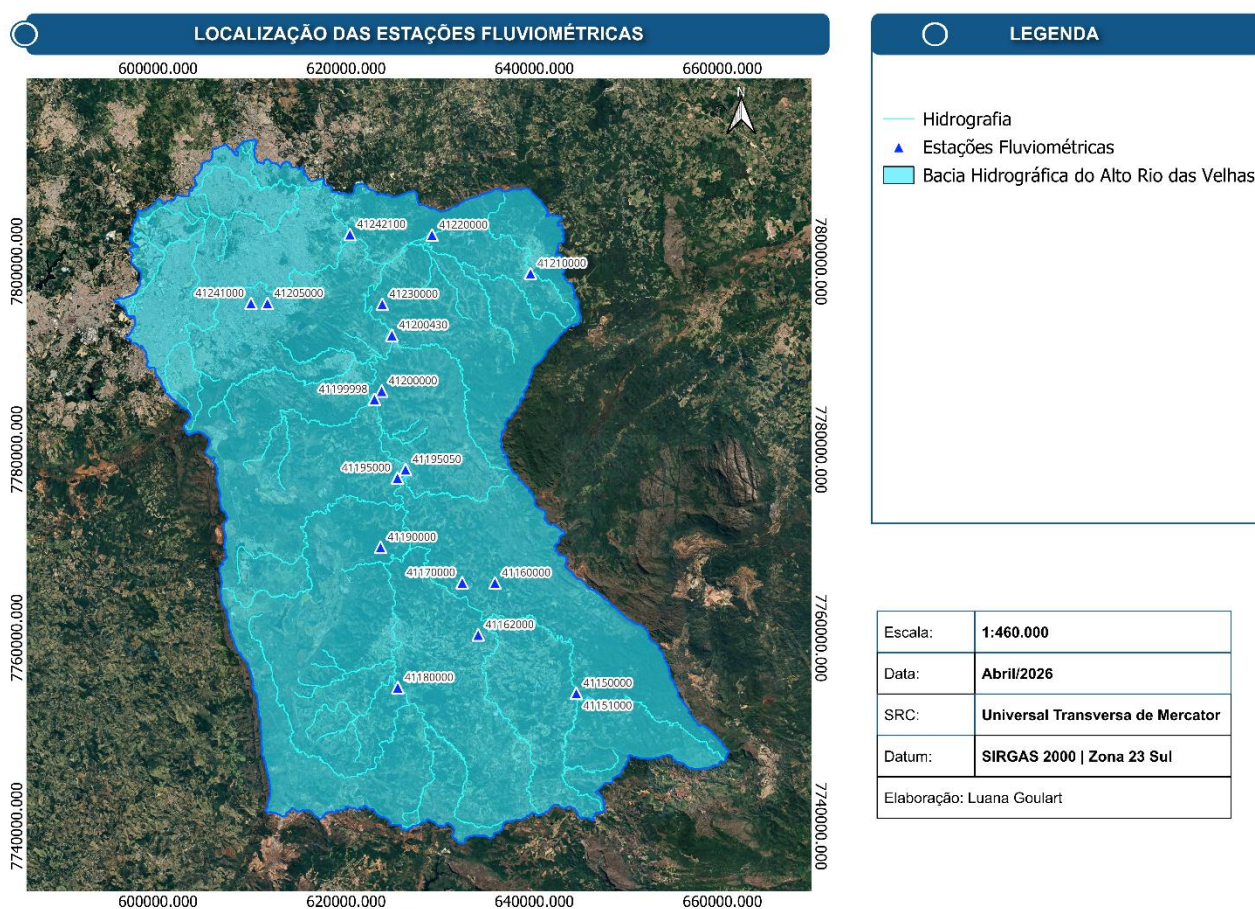


Figura 1 - Mapa de localização das estações fluviométricas (Fonte: autores, 2026).

Para o preenchimento de falhas dos dados, foram utilizadas como referências as estações 41180000 e 41199998, devido à maior completude das séries, sendo que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os pares de estações foram superiores a 0,7, garantindo maior confiabilidade ao procedimento.

### 3.3 Análises Estatísticas

A análise descritiva das vazões, a partir de média, mediana, valores máximos, mínimos e desvio padrão, evidenciou elevada heterogeneidade hidrológica na bacia, conforme apresentado na Tabela 1. As vazões médias variaram de 0,22 m<sup>3</sup>/s a 38,56 m<sup>3</sup>/s, refletindo diferenças na área de drenagem e na posição das estações ao longo da rede hidrográfica. Os valores mínimos próximos de zero indicam forte influência da sazonalidade e ocorrência de períodos de estiagem, enquanto os máximos elevados evidenciam respostas intensas a eventos chuvosos. O alto desvio padrão observado em algumas estações reforça a variabilidade temporal das vazões.

Tabela 1 - Resumo das medidas estatísticas das estações do estudo (Fonte: Goulart, 2025).

| Código da Estação | Medidas estatísticas de vazão (m <sup>3</sup> /s) |         |        |        |               | Tamanho da Série Histórica | Área de Drenagem (km <sup>2</sup> ) (Fonte: ANA, 2025) |
|-------------------|---------------------------------------------------|---------|--------|--------|---------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|
|                   | Média                                             | Mediana | Máximo | Mínimo | Desvio Padrão |                            |                                                        |
| 41150000          | 3,29                                              | 2,58    | 27,67  | 0,22   | 2,28          | 39 anos                    | 175                                                    |
| 41151000          | 2,66                                              | 2,08    | 17,99  | 0,54   | 1,96          | 31 anos                    | 173                                                    |
| 41160000          | 5,83                                              | 4,36    | 22,23  | 0,50   | 4,55          | 26 anos                    | 307                                                    |
| 41162000          | 2,05                                              | 1,66    | 7,25   | 0,88   | 1,13          | 10 anos                    | 139                                                    |
| 41170000          | 5,21                                              | 4,04    | 17,16  | 1,49   | 3,13          | 13 anos                    | Não informado                                          |
| 41180000          | 6,87                                              | 5,37    | 39,67  | 2,58   | 4,65          | 69 anos                    | 378                                                    |
| 41190000          | 10,11                                             | 8,34    | 22,15  | 5,76   | 3,98          | 8 anos                     | 519                                                    |
| 41195000          | 29,93                                             | 22,82   | 89,27  | 17,15  | 29,98         | 6 anos                     | 1420                                                   |
| 41195050          | 22,88                                             | 15,54   | 145,08 | 0,56   | 20,33         | 25 anos                    | 1450                                                   |
| 41199998          | 26,24                                             | 19,84   | 128,52 | 0,46   | 18,02         | 54 anos                    | 1550                                                   |
| 41200000          | 31,74                                             | 20,39   | 153,80 | 10,54  | 26,82         | 8 anos                     | 1550                                                   |
| 41200430          | 23,19                                             | 16,33   | 140,50 | 3,06   | 19,01         | 25 anos                    | 1930                                                   |
| 41205000          | 0,54                                              | 0,29    | 2,99   | 0,06   | 0,56          | 7 anos                     | 10                                                     |
| 41210000          | 0,22                                              | 0,12    | 1,67   | 0,0001 | 0,22          | 19 anos                    | 16,50                                                  |
| 41220000          | 3,33                                              | 2,75    | 14,61  | 0,80   | 2,26          | 25 anos                    | 102                                                    |
| 41230000          | 38,56                                             | 30,67   | 221,60 | 10,28  | 25,95         | 26 anos                    | 1970                                                   |

Para melhor detalhamento da bacia, também foram avaliadas as vazões médias nos períodos seco e chuvoso, conforme apresentado na Tabela 2. A análise das vazões médias confirma a forte sazonalidade da bacia e dependência do regime pluviométrico, com aumento expressivo das vazões no período chuvoso (outubro a março). Estações com maior área de drenagem recebem maiores contribuições de rios afluentes, enquanto estações com menores vazões médias indicam maior sensibilidade à estiagem, sugerindo possíveis limitações de disponibilidade hídrica em trechos específicos.

Tabela 2 - Vazões médias do período seco e chuvoso (Fonte: Goulart, 2025).

| Código da Estação | Vazões Médias (m <sup>3</sup> /s)            |                                                 |
|-------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                   | Vazão Média Período Seco (m <sup>3</sup> /s) | Vazão Média Período Chuvoso (m <sup>3</sup> /s) |
| 41210000          | 0,10                                         | 0,34                                            |
| 41205000          | 0,23                                         | 0,87                                            |
| 41162000          | 1,79                                         | 2,35                                            |

| Código da Estação | Vazões Médias (m³/s)               |                                       |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|                   | Vazão Média Período Seco<br>(m³/s) | Vazão Média Período Chuvoso<br>(m³/s) |
| 41151000          | 1,82                               | 3,29                                  |
| 41150000          | 2,27                               | 4,31                                  |
| 41220000          | 2,29                               | 4,49                                  |
| 41160000          | 3,50                               | 8,22                                  |
| 41170000          | 3,63                               | 6,77                                  |
| 41180000          | 4,79                               | 8,97                                  |
| 41190000          | 7,57                               | 12,64                                 |
| 41200430          | 13,91                              | 32,50                                 |
| 41195050          | 13,06                              | 32,66                                 |
| 41195000          | 19,83                              | 40,12                                 |
| 41200000          | 17,19                              | 45,75                                 |
| 41199998          | 17,41                              | 34,95                                 |
| 41230000          | 26,81                              | 49,30                                 |

### 3.4 Vazões de Referência

A comparação entre os métodos utilizados no cálculo da  $Q_{7,10}$  evidencia comportamentos distintos ao longo da bacia do Alto Rio das Velhas, refletindo a heterogeneidade hidrológica e limitações associadas às abordagens utilizadas. Em estações como 41150000, 41180000 e 41195000, observa-se boa proximidade entre os resultados calculados pela razão da  $Q_{7,10}$  e QMLT (S calculado e S regionalizado), indicando adequada representatividade da regionalização em relação às séries históricas (Tabela 3). Por outro lado, diversas estações apresentam discrepâncias relevantes entre os métodos, possivelmente associadas a inconsistências no georreferenciamento e a erros cadastrais, que comprometem a associação entre estações e trechos hidrográficos.

Além das inconsistências de georreferenciamento, outros fatores metodológicos podem explicar as discrepâncias observadas. O estudo de regionalização vigente utiliza dados anteriores a 2012, o que pode comprometer sua representatividade diante de cenários de intensificação de eventos extremos associados às mudanças climáticas. Além disso, os métodos empregam distribuições de probabilidade distintas — a regionalização combina Log-Pearson 3, Pearson 3, Normal e Lognormal 2, enquanto o cálculo local adota exclusivamente Gumbel —, o que por si só já pode gerar diferenças nos quantis estimados.

Tabela 3 - Comparação entre a  $Q_{7,10}$  obtida por equação de Gumbel e regionalização (Fonte: Goulart, 2025)

| Estações | QMLT  | $Q_{7,10}$ Gumbel | $Q_{7,10}$ Regionalizada | S calculado | S regionalizado |
|----------|-------|-------------------|--------------------------|-------------|-----------------|
| 41150000 | 3,28  | 1,06              | 0,93                     | 0,32        | 0,28            |
| 41151000 | 2,66  | 0,68              | 0,93                     | 0,26        | 0,35            |
| 41160000 | 5,83  | 0,27              | 0,00                     | 0,05        | 0,0001          |
| 41162000 | 2,05  | 0,30              | 0,74                     | 0,14        | 0,36            |
| 41170000 | 5,21  | 1,99              | 0,29                     | 0,38        | 0,05            |
| 41180000 | 6,87  | 2,23              | 2,22                     | 0,32        | 0,32            |
| 41190000 | 10,11 | 4,82              | 3,38                     | 0,48        | 0,33            |
| 41195000 | 29,93 | 9,25              | 8,49                     | 0,31        | 0,28            |

| Estações | QMLT  | Q <sub>7,10</sub> Gumbel | Q <sub>7,10</sub> Regionalizada | S calculado | S regionalizado |
|----------|-------|--------------------------|---------------------------------|-------------|-----------------|
| 41195050 | 22,88 | 1,43                     | 8,67                            | 0,06        | 0,38            |
| 41199998 | 26,24 | 7,63                     | 9,94                            | 0,29        | 0,38            |
| 41200000 | 31,74 | 6,18                     | 9,94                            | 0,19        | 0,31            |
| 41200430 | 23,19 | 3,55                     | 11,46                           | 0,15        | 0,49            |
| 41205000 | 0,54  | 0,06                     | 0,03                            | 0,11        | 0,06            |
| 41210000 | 0,22  | 0,001                    | 0,06                            | 0,0044      | 0,29            |
| 41220000 | 3,33  | 0,60                     | 0,38                            | 0,18        | 0,11            |
| 41230000 | 38,56 | 9,53                     | 11,64                           | 0,25        | 0,30            |
| 41242100 | 3,03  | 0,07                     | 0,78                            | 0,02        | 0,26            |

A análise da relação entre Q<sub>7,10</sub> e QMLT indica a tendência do método de Gumbel em estimar valores mais elevados de vazões mínimas, enquanto a regionalização apresenta maior variabilidade entre as estações. De modo geral, os resultados sugerem a necessidade de uso complementar das abordagens para maior confiabilidade das estimativas.

A relação entre S calculado e S regionalizado, conforme Figura 2, evidencia que parte das estações apresenta boa concordância, com valores próximos à linha 1:1, enquanto outras mostram divergências significativas. Essas diferenças estão associadas, principalmente, à qualidade dos dados espaciais e à representatividade dos trechos hidrográficos, podendo resultar em super ou subestimação das vazões, a depender do método adotado.

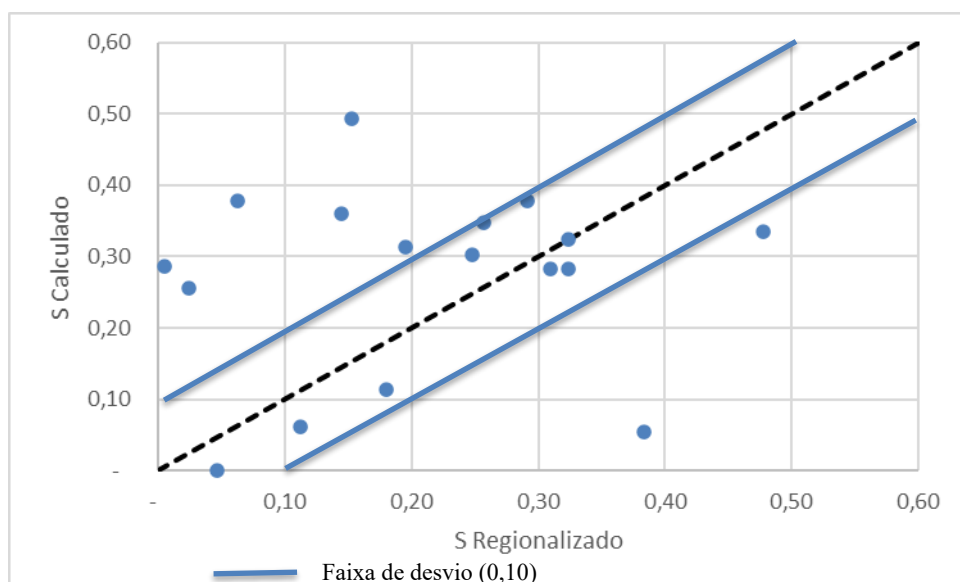


Figura 2 - Relação entre S calculado e S regionalizado (Fonte: autores, 2025).

### 3.5 Cálculo da Vazão de Permanência

A curva de permanência de vazões é amplamente utilizada para representar a distribuição probabilística da disponibilidade hídrica ao longo do tempo, sendo especialmente relevante na definição de critérios de outorga, por considerar a variabilidade natural do regime hidrológico.

A Tabela 4, a seguir, apresenta a comparação entre as vazões de referência ( $Q_{7,10}$ ) e as vazões de permanência. De modo geral, a QMLT associa-se a permanências em torno de 25%, indicando que a maior parte das vazões observadas é inferior à média, devido à influência de eventos de maior magnitude. Por outro lado, a  $Q_{7,10}$  aproxima-se da permanência de 95%, caracterizando condições críticas de disponibilidade hídrica e reforçando sua adequação para análises conservadoras em gestão e outorga.

Tabela 4 - Comparação entre as vazões de permanência e referência (Fonte: Goulart, 2025)

| Código da Estação | Vazão ( $m^3/s$ )      |                               |                     |       |       |       |
|-------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
|                   | $Q_{7,10}$<br>(Gumbel) | $Q_{7,10}$<br>(Regionalizada) | QMLT<br>(Calculada) | Q25   | Q50   | Q95   |
| 41150000          | 1,06                   | 0,93                          | 3,28                | 3,28  | 2,39  | 1,28  |
| 41151000          | 0,68                   | 0,93                          | 2,66                | 2,66  | 1,94  | 0,95  |
| 41160000          | 0,27                   | 0,0005                        | 5,83                | 7,29  | 3,74  | 1,05  |
| 41162000          | 0,3                    | 0,74                          | 2,05                | 2,38  | 1,64  | 0,85  |
| 41170000          | 1,99                   | 0,29                          | 5,21                | 5,6   | 3,84  | 2,29  |
| 41180000          | 2,23                   | 2,22                          | 6,87                | 7,6   | 5,62  | 3,28  |
| 41190000          | 4,82                   | 3,38                          | 10,11               | 9,33  | 7,16  | 5,52  |
| 41195000          | 9,25                   | 8,49                          | 29,93               | 35,06 | 22,3  | 11,5  |
| 41195050          | 1,43                   | 8,67                          | 22,88               | 22,28 | 13,47 | 0,09  |
| 41199998          | 7,63                   | 9,94                          | 26,24               | 30,51 | 20,29 | 11,46 |
| 41200000          | 6,18                   | 9,94                          | 31,74               | 29,44 | 19,63 | 11,71 |
| 41200430          | 3,55                   | 11,46                         | 23,19               | 25,3  | 15,44 | 5,63  |
| 41205000          | 0,06                   | 0,03                          | 0,54                | 0,36  | 0,28  | 0,08  |
| 41210000          | 0,001                  | 0,06                          | 0,22                | 0,22  | 0,1   | 0,06  |
| 41220000          | 0,6                    | 0,38                          | 3,33                | 0,2   | 0,1   | 0,02  |
| 41230000          | 9,53                   | 11,64                         | 38,56               | 38,56 | 30    | 14,2  |

#### 4. Conclusões

Os resultados mostram que os métodos analisados apresentaram diferentes valores de vazão  $Q_{7,10}$ , com a distribuição de Gumbel apresentando tendência a estimar valores mais elevados em comparação ao método de regionalização, refletindo as diferentes abordagens metodológicas: o primeiro baseado em dados locais das séries históricas de cada estação, e o segundo incorporando dados de toda a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas por meio de diferentes distribuições de probabilidade.

Apesar de ambos os métodos apresentarem vazão  $Q_{7,10}$  associada a permanência de 95%, as diferenças indicam que a escolha do método envolve não apenas aspectos técnicos, mas também distintos níveis de risco na gestão dos recursos hídricos: estimativas mais elevadas ampliam a disponibilidade outorgável, mas aumentam a vulnerabilidade em períodos críticos, enquanto abordagens mais conservadoras favorecem a segurança hídrica, ainda que possam limitar usos produtivos. Nesse sentido, a utilização complementar das metodologias, associada à atualização

periódica das bases de dados, pode contribuir para estimativas mais robustas e equilibradas entre conservação e uso dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ANA (2025). *Série Histórica*. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 10 abr. 2026.
- BELLINASSO, T. B.; SCHNEIDER, V. E.; UHDE, L. T. (2024). *Avaliação da Consistência de Séries Pluviométricas Utilizando o Método da Dupla Massa com Preenchimento de Falhas Utilizando Regressão Linear* in Anais do XVII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa/PB, v. 17, p. 1-8. Disponível em: <https://anais.abrhydro.org.br/job.php?Job=16463>. Acesso em: 11 abr. 2026.
- CHEN, Y.; WANG, D.; LIU, D.; LI, B.; Sharma, A (2022). *Statistics in Hydrology*. Water. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w14101571>. Acesso em: 13 abr. 2026.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (2015). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas: Plano Diretor Consolidado*. p. 1-319. Acesso em: 19 abr. 2026.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (2025). *A Bacia*. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/#regioes-hidrograficas>. Acesso em: 19 abr. 2026.
- EMBRAPA (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2006. p. 25-286. Acesso em: 21 abr. 2026.
- GOULART, L.S. (2025). *Avaliação da Disponibilidade Hídrica por Meio de Análises Estatísticas de Vazão de Referência*. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. Disponível em: <https://www.eng-ambiental.bh.cefetmg.br/2025/08/20/tccs-2025/>. Acesso em: 01 abr. 2026.
- GRANEMANN, A. R. B.; MINE, M. R. M. (2015). *Distribuições de probabilidade para vazões mínimas: uma revisão bibliográfica*. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília/DF. Disponível em: <https://files.abrhydro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP019238.pdf>.
- IGAM; UFV (2012). *Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte/MG, p. 1-417. Acesso em: 21 abr. 2026.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM, Belo Horizonte – MG, 600 p. Acesso em: 10 abr. 2026.
- SANTOS, R. A.; GONÇALVES, R. R.; OLIVEIRA, C. R. (2020). *Perfil econômico da região hidrográfica do Rio São Francisco: uma análise insumo produto*. Revista de Economia e Agronegócio, v. 18, n. 2, p. 1–25. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/jspui/handle/123456789/2675>. Acesso em: 15 abr. 2026.