

## IV-189 – GERAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE DADOS DE VAZÃO PARA ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO VERDE

### **Carolina Cristiane Pinto<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (SMARH/UFMG). Doutoranda em Engenharia Química na UFMG. Analista Ambiental do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam).

### **Stella Braga de Andrade<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### **Livia Duarte Ventura Melo<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre e Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (SMARH/UFMG).

### **Ana Luiza Cunha Soares<sup>(4)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade FUMEC. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (SMARH/UFMG).

### **Silvia Maria Alves Corrêa Oliveira<sup>(5)</sup>**

Engenheira eletricista, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Professora Adjunta do Depto. Eng. Sanitária e Ambiental (DESA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Jasmim, nº 24 - Belvedere - Congonhas – Minas Gerais - CEP: 36415-000 - Brasil - Tel: (31) 98554-1679 - e-mail: [carolinacristianepinto@gmail.com](mailto:carolinacristianepinto@gmail.com)

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo relacionado à consistência de dados fluviométricos e à sua transferência de postos fluviométricos para estações de qualidade da água. Os dados de monitoramento de nove estações de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Verde, utilizadas no estudo, foram obtidos junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) e as séries históricas de vazões, cotas (dupla leitura e médias diárias), medições de descarga líquida e perfis das seções transversais das estações fluviométricas da bacia do rio Verde foram fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). Foi realizada a análise de consistência dos dados de sete estações fluviométricas, no período de 1990 a 2014. A verificação dos dados envolveu as etapas de análise das cotas observadas, das medições de descarga líquida, traçado e análise das curvas-chave, além da análise das séries de vazões e a transferência de vazão da estação fluviométrica para a estação de qualidade da água. Foram geradas duas vazões diárias, uma referente à leitura da cota das 7h e outra referente à leitura da cota das 17h. Optou-se por essa metodologia, e não pela geração de vazão média diária, pois, dessa forma, pôde-se escolher a vazão gerada pela leitura de cota que estivesse mais próximo do horário da medição de qualidade de água realizada. Todo esse procedimento é necessário para que a vazão possa ser analisada junto aos dados de concentração de poluentes em cursos d'água. Uma vez que estudos que realizam avaliações de dados de concentração de poluentes e de vazão são imprescindíveis para evitar o mascaramento da poluição pelo efeito da diluição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dados fluviométricos, curva-chave, transferência de vazão, dados de qualidade de água

### **INTRODUÇÃO**

As variações espaciais e temporais na hidroquímica dos rios exigem programas de monitoramento regulares para que informações confiáveis sobre a qualidade da água sejam disponibilizadas (SHRESTHA e KAZAMA, 2007; SIMEONOV *et al.*, 2003; SINGH *et al.*, 2004). O monitoramento da qualidade das águas é uma

ferramenta utilizada para avaliar os impactos das fontes de poluição, garantir uma gestão eficiente dos recursos hídricos e proteção da vida aquática (VAROL *et al.*, 2012).

No Brasil, os parâmetros de qualidade da água monitorados se baseiam em valores de concentração. Porém, sabe-se que somente as análises provenientes de dados de concentração não retratam de forma fidedigna a qualidade da água no curso d'água, uma vez que não leva em consideração a variação da vazão (ANDERSON *et al.*, 2010; BARBOSA *et al.*, 2013).

Visto que o monitoramento fluviométrico e de qualidade da água não são integrados, para se obter dados de vazão nas estações de qualidade de água, métodos de transferência de variáveis hidrológicas podem ser aplicados de forma cuidadosa e detalhada (TUCCI, 2009; COLLISCHONN e TASSI, 2008). Contudo, os dados de vazão das estações fluviométricas nem sempre se encontram consistidos e muitas vezes apresentam falhas. Assim, a análise de consistência de dados fluviométricos pode se tornar etapa fundamental para cálculo das cargas de poluentes (massa química de um constituinte transportado durante um determinado período de tempo).

A análise de consistência tem como objetivo a depuração e correção de erros e preenchimentos de falhas (CPRM/ANA, 2004 *apud* PACA, 2008). Segundo Lopes *et al.* (2013), a consistência de dados fluviométricos visa prover informações de boa qualidade, para atender a diversas pesquisas e projetos nas mais diversas áreas, a saber: aproveitamentos hidrelétricos, gestão dos recursos hídricos, planejamento e manejo integrados de bacias hidrográficas, saneamento básico, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, pecuária, previsão hidrológica, entre outras.

## OBJETIVO

O objetivo do estudo foi abordar a metodologia utilizada na consistência de dados fluviométricos e na transferência de vazão de postos fluviométricos para estações de qualidade de água, a fim de tornar possível a análise conjunta de dados de concentração de poluentes e vazão, em um estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Verde.

## METODOLOGIA

Em 2014, a rede de monitoramento da bacia do rio Verde continha 17 estações de qualidade da água e 14 estações fluviométricas. Os dados de monitoramento da qualidade das águas, utilizadas no estudo, foram obtidas junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) e as séries históricas de vazões, cotas (dupla leitura e médias diárias), medições de descarga líquida e perfis das seções transversais das estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Verde, foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas – ANA, disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb (ANA, 2016).

### 1. Organização do banco de dados fluviométricos

Inicialmente definiram-se as estações fluviométricas e de qualidade da água, e o período que seria estudado. Euclides *et al.* (2007) sugerem as seguintes limitações empíricas para se adotar o procedimento de transferência da vazão proporcionalmente à respectiva área de drenagem: (i) a diferença (valor absoluto) entre as áreas das bacias de drenagem da estação fluviométrica e a do local de interesse não deve superar 30% da área de drenagem da estação fluviométrica, (ii) as estações precisam estar inseridas na mesma calha fluvial e (iii) numa região com comportamento hidrológico semelhante (regiões hidrológicamente homogêneas).

Então, selecionaram-se as estações fluviométricas que fossem coincidentes com as estações de qualidade de água, ou aquelas estações inseridas na mesma calha fluvial, mas com a diferença (valor absoluto) entre as áreas de drenagem das estações inferiores a 30%, conforme sugerido por Euclides *et al.* (2007). Após essa seleção os dados fluviométricos foram analisados seguindo-se as etapas abaixo.

- Análise de cotas observadas

Inicialmente os cotagramas diários de cada uma das estações fluviométricas selecionadas foram avaliados em comparação aos cotagramas de estações suporte, ou seja, estações fluviométricas escolhidas para auxiliar nas análises. Os cotagramas também foram plotados junto aos dados de chuva da Bacia com o objetivo de distinguir entre variações nas cotas ocasionadas pela chuva e variações originadas de erros. Essa etapa inicial trata-se de uma análise visual, onde foi considerada a forma dos cotagramas das estações, a proporção entre valores e a defasagem no tempo. Nesta análise de cotas também foram utilizadas informações sobre a existência de reservatórios e a derivação de água para diferentes usos, obtidas a partir das outorgas publicadas pelo Igam.

Dessa forma, foi possível a detecção e correção de erros grosseiros como falsas leituras do observador, erros de cópia ou digitação, erro de metro, erro de complemento e leitura errônea de cotas negativas. Além disso, foi realizada nessa etapa a análise dos boletins de campo, disponibilizados pela ANA, quando se tinha dúvida da origem do erro detectado. Esse procedimento foi fundamental para confirmação de erros provenientes de digitação.

- Análise de medições de descarga líquida

Para todas as estações foram plotados gráficos que relacionassem diferentes parâmetros da estação fluviométrica, quais sejam: gráficos de cota *versus* área, cota *versus* largura, cota *versus* velocidade, cota *versus* profundidade, além de cota *versus* vazão. Para identificar os *outliers* dentro da mesma faixa de cotas, plotou-se também o gráfico de cota *versus* vazão em escala logarítmica. Com base nesses gráficos, os *outliers* identificados foram analisados individualmente para verificar a necessidade ou não de exclusão.

- Traçado e análise de curvas-chave

A determinação de curvas-chave é realizada quando se ajustam aos pares de valores cota *versus* vazão uma curva ou uma equação. Um dos tipos de equações frequentemente utilizadas para descrever a curva-chave é a potencial, conforme apresentado na Equação 1 (JACCON e CUDO, 1989; CHEVALLIER, 2009):

$$Q = a(h - h_0)^n \quad (1)$$

Onde,

$Q$  = vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ )

$h$  = nível da água (leitura na régua) (m)

$h_0$  = nível da água para o qual  $Q=0$  (m)

$a$  e  $n$  = constantes representativas da seção fluviométrica de interesse

A constante  $a$  representa a vazão quando a profundidade efetiva de escoamento ( $h - h_0$ ) possui valor igual a 1; e a constante  $n$  indica a declividade da curva-chave em escala logarítmica (BRACA, 2008).

Segundo Sefione (2002), muitas vezes, uma única equação não é capaz de representar a curva-chave em toda sua extensão de cotas e todo o período de medições de vazões, dessa forma é necessário ajustar mais de uma equação. Assim, a partir dos dados de descarga líquida analisados, foi possível obter a relação entre cota e vazão utilizando-se duas metodologias diferentes: a determinação das constantes ( $a$ ,  $h_0$ ,  $n$ ) da Equação 1 foi realizada utilizando-se a ferramenta computacional *Solver* do Microsoft Excel e por regressão linear simples, também com o auxílio do Microsoft Excel. De posse dos valores encontrados para as constantes por esses dois métodos plotaram-se duas curvas-chave (uma utilizando os valores das constantes obtidos pelo *solver* e a outra utilizando os valores dados pela regressão linear).

A dispersão das medições em relação a cada curva-chave foi calculada e analisada, a fim de determinar a curva que melhor descreveu o comportamento da vazão em função da cota. Assim, para a curva que apresentou o melhor ajuste às medições, calculou-se e plotou-se o desvio percentual entre as vazões medidas e as vazões calculadas (vazões obtidas com a curva-chave). O desvio percentual possibilitou uma análise mais aprofundada da dispersão dos pontos, para averiguar a necessidade ou não de dividir o período de análise em períodos mais

curtos. Foi realizada uma avaliação gráfica para verificar a distribuição das medições de vazões em relação à curva-chave e avaliar a necessidade de um ajuste por faixas de cotas (MOREIRA *et al.*, 1996).

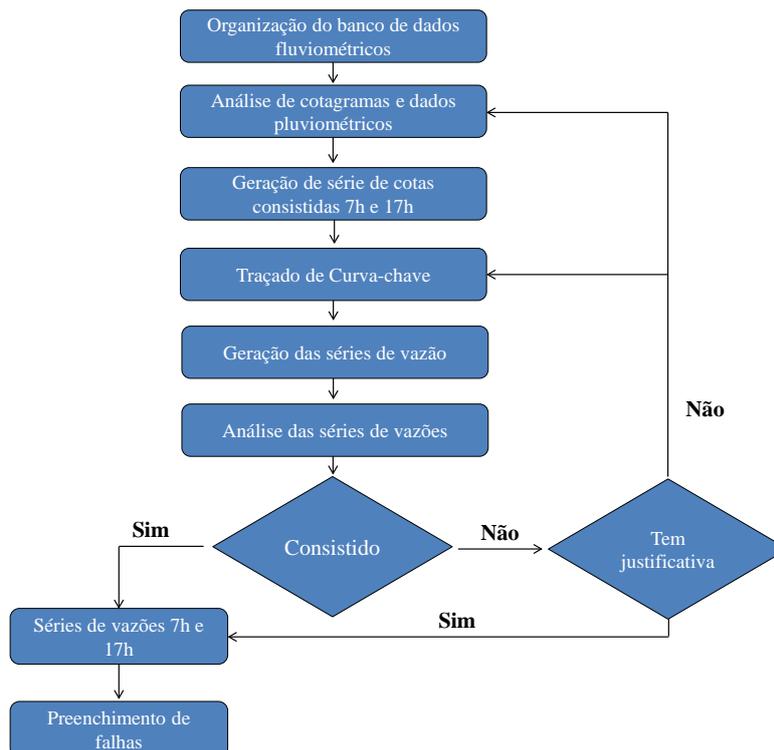
A extrapolação do ramo inferior da curva-chave foi necessária para algumas estações. Sendo efetuada pelo método logarítmico, através do simples prolongamento da curva potencial ou do ajuste de uma relação linear entre os pares de pontos referentes à medição realizada na menor cota e na vazão zero. A cota associada à vazão zero foi estimada a partir do perfil transversal da seção de régua.

- Análise das séries de vazões

Com o objetivo de realizar a consistência das informações de vazão foram gerados hidrogramas de cada estação fluviométrica e esses foram comparados aos hidrogramas de estações existentes a montante e a jusante. Na análise dos hidrogramas, foi considerada a forma do hidrograma da estação analisada e das estações de apoio, a proporção entre valores e a defasagem no tempo. Também foram analisados com cuidado os casos em que a vazão de uma determinada estação foi inferior a da estação de montante, apesar do incremento na área de drenagem (PACA, 2008; LEMOS *et al.*, 2013).

Para as séries de vazões nas quais foi necessário realizar o preenchimento de falhas utilizou-se o método de percentis iguais, como descrito por Harvey *et al.* (2012).

As etapas empregadas para análise de consistência dos dados fluviométricos são apresentadas no fluxograma da Figura 1.



**Figura 1. Fluxograma das etapas necessárias à obtenção das séries de vazões consolidadas.**

## 2. Transferência de vazão

A forma mais simples de transferência de vazão é o estabelecimento de uma relação linear entre vazão e a razão entre as áreas de drenagem do ponto de coleta de qualidade da água e da estação fluviométrica

(COLLISCHONN e TASSI, 2008). Assim, para estimar a vazão em um local sem dados, a Equação 2 foi utilizada:

$$Q_{QA} = Q_{Flu} \times \frac{A_{QA}}{A_{Flu}} \quad (2)$$

Onde,

$Q_{QA}$ = vazão na estação de monitoramento de qualidade da água

$Q_{Flu}$ = vazão na estação fluviométrica

$A_{QA}$ = área de drenagem da estação de monitoramento de qualidade da água

$A_{Flu}$ = área de drenagem na estação fluviométrica

Portanto, quando existem estações fluviométricas localizadas próximas a estações de qualidade da água é possível utilizar as informações existentes de forma consistente, no entanto o procedimento é trabalhoso uma vez que são necessárias diversas etapas (Figura 1).

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após aplicação dos critérios pré-definidos por Euclides *et al.* (2007), para se adotar o procedimento de transferência da vazão proporcionalmente à respectiva área de drenagem, foram selecionadas nove estações de qualidade de água e sete estações fluviométricas. A Figura 2 apresenta a localização das estações utilizadas nesse estudo.

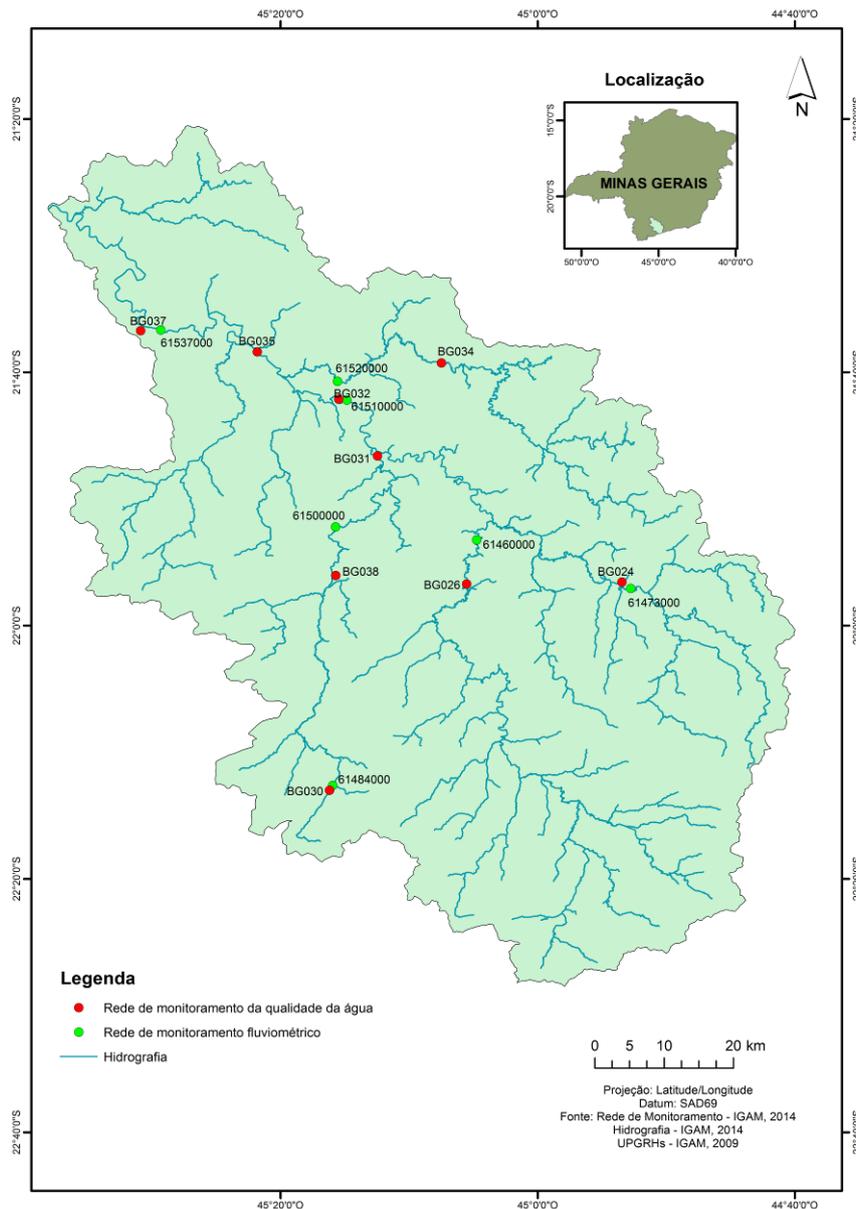
A descrição das estações fluviométricas da bacia do rio Verde (Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD4) selecionadas são apresentadas no Quadro 1. O período de análise de consistência dos dados fluviométricos selecionado foi de 1990 a 2014.

**Quadro 1: Descrição das estações fluviométricas da bacia do rio Verde (GD4) selecionadas para o estudo.**

Código da estação	Curso d'água	Município	Operadora	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )
61460000	Rio Verde	Conceição do Rio Verde	IGAM	-21,89	-45,08	843	1840
61473000	Rio Baependi	Baependi	IGAM	-21,95	-44,88	903	614
61484000	Rio Lambari	Cristina	IGAM	-22,21	-45,27	-	73
61500000	Rio Lambari	Cambuquira	IGAM	-21,87	-45,26	843	744
61510000	Rio Verde	Três Corações	IGAM	-21,70	-45,25	832	4180
61520000	Rio do Peixe	Três Corações	IGAM	-21,68	-45,26	832	854
61537000	Rio Verde	Varginha	FURNAS	-21,61	-45,49	-	6300

A análise de consistência dos dados fluviométricos utilizada neste estudo foi realizada com o objetivo de obter os dados diários de vazão e posterior transferência dos mesmos para as estações de qualidade da água.

Foram apresentados os resultados da consistência dos dados de apenas uma estação fluviométrica, a 61460000, para exemplificação.



**Figura 2: Localização das estações fluviométricas e das estações de qualidade das águas selecionadas, na bacia hidrográfica do rio Verde.**

### 1. Organização do banco de dados fluviométricos

Para organização do banco de dados foi elaborado um diagrama de barras, exemplificado na Tabela 1. Nesse diagrama os números se referem à quantidade de meses, por ano, com dados de cotas médias diárias brutas.

**Tabela 1: Exemplo do diagrama de barras realizado para análise inicial do banco de dados fluviométricos, para três estações fluviométricas.**

Código	Nome	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
61429000	Itanhandu	1	8	12	12	11	9	0	0
61460000	Conceição do Rio Verde	12	12	12	12	12	10	12	12
61500000	Fazenda Juca Casimiro	12	12	12	12	12	12	12	12

**Cor vermelha** – quantidade de meses, por ano, incompleta.

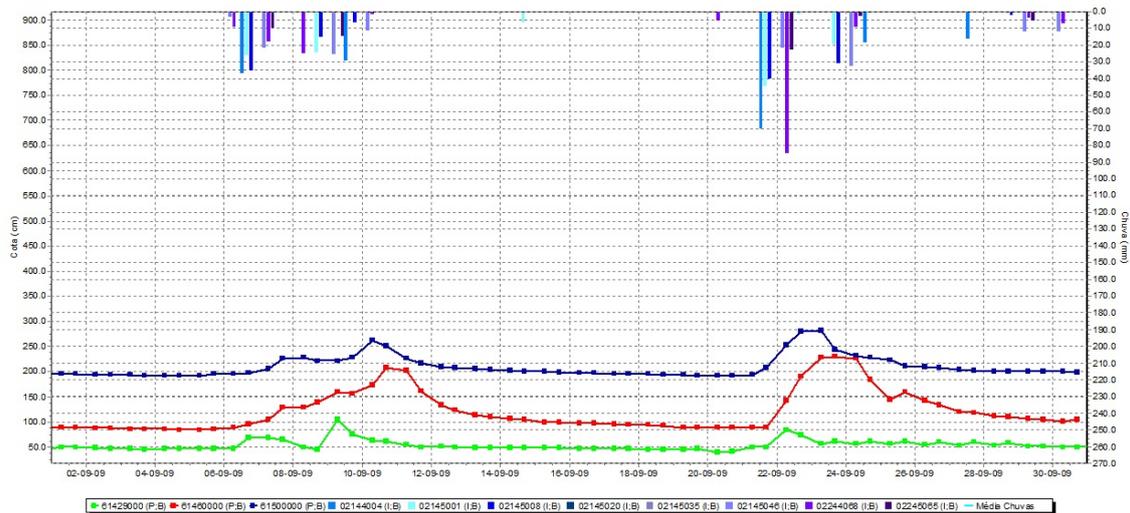
**Cor Verde** - quantidade de meses, por ano, completa.

- Análise de cotas observadas

A consistência das cotas fluviométricas foi realizada através da análise dos cotagramas diários da estação fluviométrica que estava sendo avaliada em comparação com os cotagramas das estações suporte. No presente estudo, os cotagramas utilizados apresentavam as duas leituras diárias de cota: leitura de cota às 7h e às 17h. Além disso, foram analisadas as cotas a partir de 2003, pois, os valores de cotas anteriores a esse ano não se encontravam consistidas no banco de dados da ANA.

As estações suporte foram escolhidas com base na sua proximidade com a estação principal. Procuraram-se inicialmente estações que estivessem no mesmo curso d'água da estação que estava sendo analisada e na ausência de estações no mesmo rio, foram escolhidas estações próximas à analisada, pois estas poderiam melhor representar variações de chuvas regionais. Assim, para a estação 61460000, foram selecionadas como estações suportes a 61500000 e 61429000, por atenderem aos critérios necessários.

Os dados de chuva da Bacia foram plotados juntamente aos cotagramas, como apresentado na Figura 3, proporcionando assim uma distinção entre variações nas cotas ocasionadas pela chuva ou originadas de erros. Os erros detectados e corrigidos nessa etapa, para a estação 61460000, foram o erro de cópia (ou erro de digitação) e erro de metro.



**Figura 3: Cotagramas das estações 6146000, 61500000 e 61429000 e dados de chuva da Bacia plotados no programa Hidro 1.2.**

- Análise de medições de descarga líquida

Primeiramente, de posse dos dados de descarga líquida, plotaram-se os gráficos de cota *versus* área, cota *versus* largura, cota *versus* velocidade, cota *versus* profundidade, além de cota *versus* vazão. Esse último gráfico foi plotado também em escala logarítmica (Figura 4), permitindo identificar as medições que apresentavam grande dispersão em relação às demais. Dessa maneira, medições duvidosas foram excluídas do banco de dados quando todos os gráficos plotados indicavam a presença de erro.

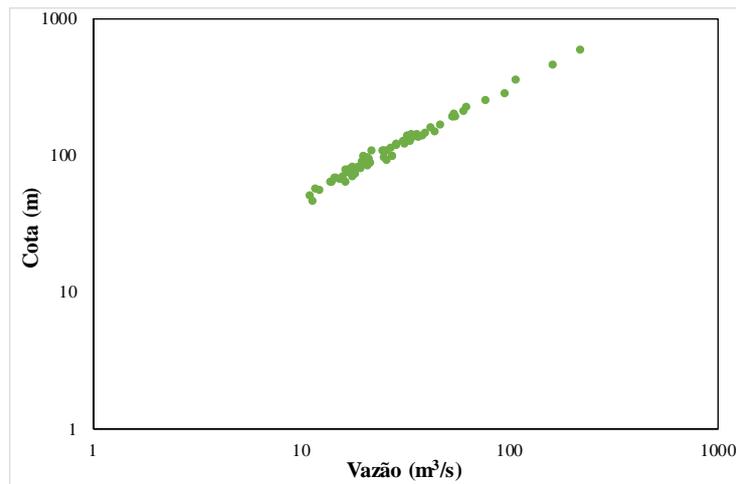


Figura 4: Gráfico de cota *versus* vazão em escala logarítmica para a estação 61460000.

- Traçado e análise de curvas-chave

Os dados de descarga líquida analisados juntamente com as cotas medidas foram utilizados para definição da curva-chave. As curvas-chave foram obtidas por meio de dois procedimentos: ferramenta computacional *Solver* e regressão linear simples. De posse das equações obtidas pelos dois métodos, plotou-se as duas curvas-chave juntamente com os dados de descarga líquida (Figura 5 (A)). Observa-se que a curva obtida utilizando-se a ferramenta *Solver* apresentou o melhor ajuste aos dados. Todavia, na validação dessa curva-chave verificou-se que a distribuição dos desvios no gráfico de desvio *versus* tempo não era uniforme e alguns dos desvios foram superiores a 10% (Figura 5 (B)), valor considerado alto segundo Piscoya *et al.* (2013), indicando a necessidade de revisão da curva-chave em análise.

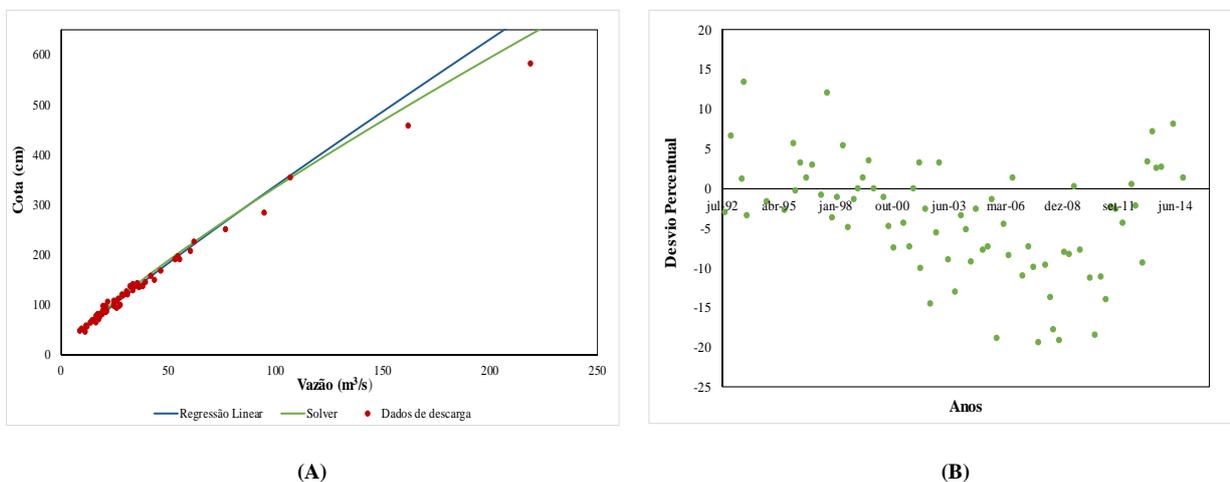


Figura 5: (A) Representação gráfica das curvas-chave para a estação 61460000, obtidas utilizando-se a ferramenta computacional *Solver* e a regressão linear simples; (B) Gráfico do desvio percentual *versus* tempo para a estação 61460000.

Segundo JACCON e CUDO (1989), a posição da curva através de um conjunto de medições deve repartir equitativamente os pontos de cada lado do traçado - “regra de igual repartição dos pontos” - minimizando a soma dos valores absolutos dos desvios relativos entre a descarga medida e a lida na curva, para a mesma cota. O que não ocorreu com a curva-chave traçada, sendo, portanto, necessário dividir o período em análise em períodos menores.

Para a estação 61460000, o período em análise foi dividido em três novos períodos, e para cada novo período todo o procedimento apresentado foi novamente realizado. Os gráficos de desvio *versus* tempo para cada novo

período foram analisados e verificou-se que os desvios apresentaram distribuição uniforme e foram inferiores a 10%, indicando que as novas curvas-chave apresentam um melhor ajuste às medições de vazões. Na Figura 6 podem ser vistas as curvas-chave traçadas para cada novo período.

No caso da estação 61460000, observou-se a necessidade da extrapolação do ramo inferior das curvas-chaves, que foi realizado pelo método linear.

Para cada estação fluviométrica selecionada neste estudo, determinou-se uma única curva-chave para o período compreendido entre 1990 e 2014.

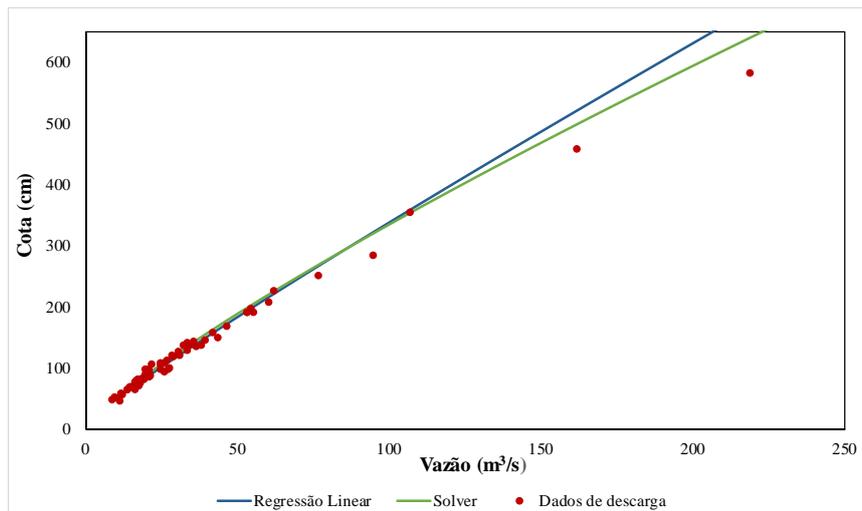


Figura 6: Representação gráfica das curvas-chave da estação 61460000, para três diferentes períodos.

- Análise das séries de vazões entre estações

Para verificar a consistência dos valores de vazão gerados pelas curvas-chave plotou-se um fluviograma (Figura 7), através do qual foi possível comparar os valores de vazão calculados e valores de vazão medidos. Além disso, verificaram-se os períodos de falhas para que essas pudessem ser preenchidas através do método de percentis iguais descrito por Harvey *et al.* (2012).

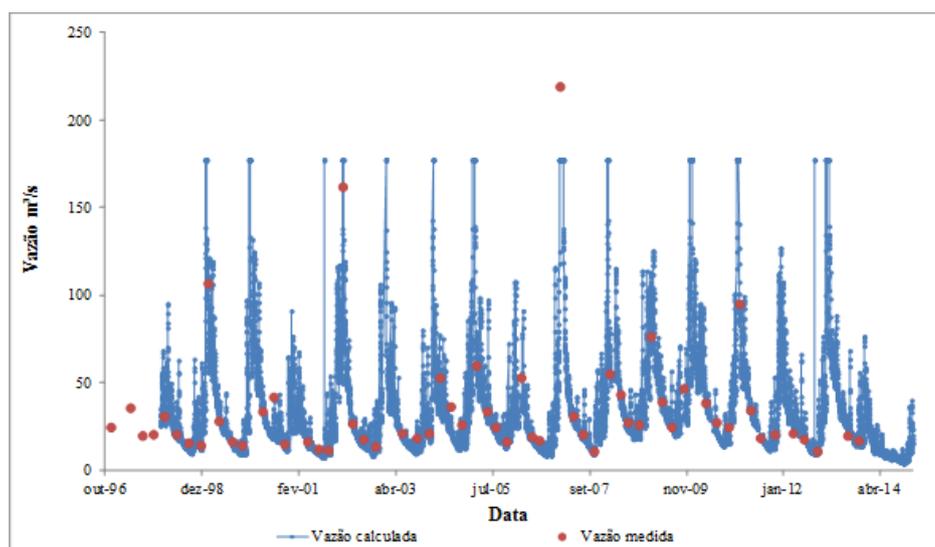
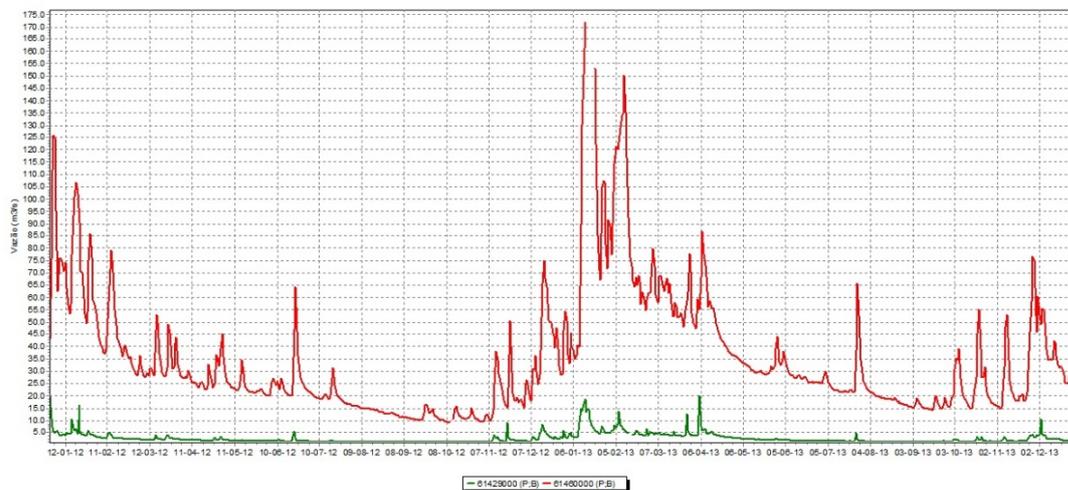


Figura 7: Fluviograma da estação 61460000, no período de 1998 a 2014.

Ainda para análise da série de vazões da estação 61460000, foi escolhida como suporte a estação 61429000 que se encontra a montante da estação analisada. Na Figura 8, para exemplificar, foi plotado o fluviograma para as duas estações no período de 2012 a 2013.



**Figura 8: Fluviogramas das estações 61460000 e 61429000 plotados no programa Hidro 1.2, no período de 2012 a 2013.**

Comparando-se os valores de vazão para as duas estações, o comportamento foi dentro do esperado: a vazão da estação a montante (61429000) é inferior à vazão da estação de jusante (61460000), e a elevação ou redução da vazão apresentada a montante é observada também a jusante. Com isso, concluiu-se que as curvas-chave elaboradas estão bem ajustadas, e os valores de vazão obtidos pelas mesmas condizem com a realidade do curso d'água.

Foram geradas duas vazões diárias, uma referente à leitura da cota das 7h e outra referente à leitura da cota das 17h. Optou-se por essa metodologia, e não pela geração de vazão média diária, pois, dessa forma, pôde-se escolher a vazão gerada pela leitura de cota que estivesse mais próxima do horário da medição de qualidade de água realizada.

De posse dos dados de vazão, observou-se a data de cada coleta nas estações de qualidade da água e buscou-se o valor de vazão naquela data específica na estação fluviométrica correspondente. Para a estação em análise (61460000), os dados de vazão foram transferidos para a estação de qualidade de água BG026 (Figura 2). Então, utilizando a Equação 2 e os valores das áreas de drenagens dessas estações foi realizada a transferência dos dados de vazão, como apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2: Exemplo de transferência do dado de vazão da estação fluviométrica 61460000 para a estação de qualidade de água BG026.**

Estação	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Vazão medida no dia 09/07/2014 às 7h (m <sup>3</sup> /s)	Valor de vazão calculada com a Equação 2 (m <sup>3</sup> /s)
61460000	1840	6,39	
BG026	1795	-	6,23

## CONCLUSÕES

Uma vez que o monitoramento fluviométrico e de qualidade da água não são integrados, para se obter dados de vazão nas estações de qualidade de água algum método de transferência de variáveis hidrológicas deve ser aplicado.

Entretanto, nem sempre os dados de vazão das estações fluviométricas estão prontamente disponíveis para utilização, pois, muitas vezes, não se encontram consistidos e podem apresentar falhas. Assim, a análise de consistência de dados fluviométricos pode se tornar etapa fundamental para transferência dos dados de vazão para as estações de qualidade de água.

Conseqüentemente, raramente os dados de vazão são levados em consideração nas análises de qualidade de água, pois, embora simples, as análises dos dados fluviométricos para geração de vazão envolvem diversas etapas e demandam tempo de análise.

A geração e transferência de dados de vazão de estações fluviométricas para estações de qualidade de água são importantes uma vez que a análise conjunta de dados de concentração e vazão é essencial para uma avaliação mais abrangente e fidedigna da qualidade da água, pois alterações no fluxo do rio ao longo do tempo podem dificultar a interpretação dos dados de concentrações.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) e ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH-UFMG) pelo apoio no desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 08 abr. 2016.
2. ANDERSON, H.; FUTTER, M.; OLIVER, I.; REDSHAW, J.; HARPER, A. Trends in Scottish River water quality. Environment Protection Agency, 2010. 178 p.
3. BARBOSA, P. E. Avaliação espaço-temporal da carga e da concentração de poluentes na calha do rio das velhas. 2013. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
4. BRACA, G. Stage-discharge relationships in open channels: practices and problems - FORALPS Technical Report, 11. Trento: Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, 2008. 24 p.
5. CHEVALLIER, P. *Aquisição e processamento de dados*. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943 p.
6. COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo hidrologia. Instituto de Pesquisas Hidráulicas-UFRGS, 2008.
7. CPRM/ANA. *Diretrizes para análise de dados hidrométricos e normas para identificação e preenchimento de falhas*. Brasília, 2004 apud PACA, V. H. M. *Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição à modelagem hidrológica na região amazônica - estudo de caso: bacia do rio Guamá – Pará*. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
8. EUCLYDES, H. P. (Cord.); FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F. R.; SANTOS, R. M.; LEITE, C. V. *Atlas digital das águas de Minas – uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos*. 2 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), Fundação Rural Mineira (RURALMINAS), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), 2007. 78 p.
9. HARVEY, C. L.; DIXON, H.; HANNAFORD, J. An appraisal of the performance of data-infilling methods for application to daily mean river flow records in the UK. *Hydrology Research*, v. 43, n. 5, p. 618-636, 2012.
10. JACCON, G.; CUDO, K. J. *Curva-chave: análise e traçado*. Brasília: DNAEE, 1989. 273 p.
11. LEMOS, G. M.; LOPES, W. T. A.; SILVA, L. R. S.; PISCOYA, R. C. C. C.; SILVA, M. C. A. M.; REITZ, K. Análise de consistência de dados fluviométricos de estações localizadas na sub-bacia 12 (rios Solimões, Juruá e Japurá). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais...ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
12. LOPES, W. T. A.; LEMOS, G. M.; SILVA, L. R. S.; SILVA, M. C. A. M.; PISCOYA, R. C. C. C.; GOMES, A. O.; SANTOS, A. G. Sistema para análise de dados hidrológicos–SIADH. In: SIMPÓSIO

- BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, 2013, Bento Gonçalves, RS. *Anais...ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos*.
13. MOREIRA, F. M.; ARAÚJO, L. M. N.; BARROS, P. S. T.; TAVARES, J. C.; LEAL, M. S. Análise de consistência de dados fluviométricos. *A Água em Revista*, v. 4, n. 7, p. 43-47, 1996.
  14. PACA, V. H. M. Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição à modelagem hidrológica na região amazônica - estudo de caso: bacia do rio Guamá – Pará. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
  15. PISCOYA, R. C. C. C.; LOPES, W. T. A.; LEMOS, G. M.; SILVA, L. S.; SILVA, M. C. A. M. Análise de consistência de dados fluviométricos de estações de monitoramento da ANA localizadas nas sub-bacias hidrográficas 10 (rios Solimões, Javari e Itaquá) e 11 (rios Solimões, Içá e Jandiutuba). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, 2013, Bento Gonçalves, RS. *Anais... ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos*.
  16. SEFIONE, A. L. *Estudo comparativo de métodos de extrapolação superior de curvas-chave*. 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2002.
  17. SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of the Fuji River, Japan. *Environmental Modeling & software*, v. 22, n.4, p. 464-475, 2007.
  18. SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in northern Greece. *Water Research*, v. 37, n. 17, p. 4119-4124, 2003.
  19. SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. *Water Research*, v. 38, n. 18, p. 3980-3992, 2004.
  20. TUCCI, C. E. M. Blog do Tucci – Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Deficiência do monitoramento de qualidade da água, set. 2009. Disponível em < <http://rhama.net/wordpress/?p=112>>. Acesso em: 09 ago. 2016.
  21. VAROL, M.; GÖKOT, B.; BEKLEYEN, A.; ŞEN, B. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. *Catena*, v. 92, p. 11-21, 2012.