

IV-071 - VAZÕES EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO BACIA DO RIBEIRÃO ESPÍRITO SANTO-MG

Juliana Mattos Bohrer Santos⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Renata de Oliveira Pereira⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Maria Helena Rodrigues Gomes⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestre e Doutora em Engenharia Civil - área de concentração: Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC/USP. Professora Associada I do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6.627 - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901- Brasil - Tel: (31) 992878785 e-mail: juliana.mattosbs@gmail.com.

RESUMO

Tendo em vista o cenário de estresse hídrico enfrentado em várias regiões do planeta, torna-se imprescindível a preservação dos mananciais de abastecimento. O ribeirão Espírito Santo (ES) é um dos principais corpos hídricos da cidade de Juiz de Fora - MG, responsável pelo abastecimento de água potável de 40% da população, além de desaguar no rio Paraibuna, um dos mais importantes afluentes da bacia do rio Paraíba do Sul. O ribeirão ES recebe o lançamento de efluentes industriais e domésticos, além de possuir vários pontos de captação ao longo de sua extensão. A pesquisa teve como objetivo calcular as vazões de referência para o ribeirão ES através de três métodos e comparar com as vazões medidas em campo, verificando o atendimento à vazão mínima de referência do Estado de Minas Gerais, $Q_{7,10}$. Adicionalmente, buscou-se estabelecer a relação das vazões monitoradas com os dados de precipitação do período em que foram realizadas as campanhas de campo. Os três métodos utilizados para o cálculo das vazões de referência para o ribeirão ES foram: método recomendado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM; cálculo da vazão específica a partir dos dados disponíveis para a estação fluviométrica mais próxima ao local de estudo; cálculo da vazão de referência a partir das equações de regionalização geradas por modelos ajustados por curso d'água disponibilizadas pelo Atlas Digital das Águas de Minas. A fim de alcançar o objetivo proposto, foram medidos os valores de vazão em 10 pontos ao longo do ribeirão, no córrego Gouveia e no rio Paraibuna, durante 7 campanhas, ocorridas nos anos de 2013, 2014 e 2015. Verificou-se a influência das estações do ano, dos índices pluviométricos e das captações e lançamentos existentes ao longo dos trechos estudados sobre a vazão do corpo d'água. A quantidade de água outorgável em Minas Gerais, 50% da $Q_{7,10}$, não foi aceitável para todos os trechos analisados, já que a vazão remanescente mínima estabelecida pelas legislações vigentes a jusante da derivação não foi atendida para alguns dos pontos. Dessa forma, as vazões remanescentes se mostram conflitantes com as necessidades para conservação do ecossistema aquático. Nesse sentido, a fim de garantir a manutenção e preservação da vida aquática como um todo, é importante se estabelecer vazões que respeitem a variação sazonal da quantidade de água de um corpo hídrico, visto que, a partir da análise dos resultados, os valores das vazões de referência para outorga são mais próximos aos encontrados no rio na época de seca e, portanto, a captação de água nesse período pode ameaçar o equilíbrio do ecossistema aquático.

PALAVRAS-CHAVE: Regionalização de vazão, vazões de referência.

INTRODUÇÃO

A quantidade de água que alcança os mananciais depende das características físicas da bacia hidrográfica analisada: área, forma, sistema de drenagem, relevo, e também da precipitação total e de seus processos de perdas por evaporação, transpiração e infiltração, sendo estes influenciados pelo clima, uso e ocupação do solo entre outros fatores. A avaliação da disponibilidade hídrica é essencial para determinar se as demandas por água em uma bacia hidrográfica serão supridas pelos recursos hídricos disponíveis, além da possível previsão e prevenção de inundações e enchentes, ou do volume mínimo de água sem prejuízo ecológico, subsidiando as tomadas de decisão quanto a hierarquização dos usos, sendo, portanto, de grande importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos (TUCCI, 1997).

A disponibilidade hídrica é caracterizada pela vazão de referência para outorga, que é definida como: “vazão que serve de referência para a definição da vazão máxima instantânea outorgável em um ponto da bacia, composta por uma fração outorgável e uma fração que deve ser mantida no rio para fins de usos múltiplos” (ANA no 467/2006).

A vazão de referência está sempre associada a uma probabilidade de ocorrência. As vazões de referência utilizadas no Brasil são: Q_{95} : vazão que é superada em 95% do tempo; Q_{90} : vazão que é superada em 90% do tempo; $Q_{7,10}$: vazão mínima de 7 dias consecutivos com um período de retorno de 10 anos (VON SPERLING, 2014). Nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, por exemplo, a quantidade de água a ser disponibilizada para os usuários em uma bacia hidrográfica, é calculada em função da $Q_{7,10}$ (IGAM, 2018; DECRETO Nº 43.284/98).

As vazões de cursos d'água em pequenas bacias, dificilmente são monitoradas. Nesse caso, para se obter a vazão de referência para outorga é necessário realizar a regionalização, que é uma ferramenta constantemente utilizada quando se deseja obter informações hidrológicas em locais com pouco ou nenhum dado. A regionalização de baseia na transferência de informações entre lugares no interior de uma região com comportamento hidrológico similar. Existem várias técnicas que possibilitam a correlação de dados hidrológicos de forma a explorar de maneira eficiente as informações existentes (TUCCI, 2002). Um desses métodos consiste na utilização da vazão específica, tal metodologia também é recomendada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM para a determinação da vazão de referência para o Estado de Minas Gerais ($Q_{7,10}$) em locais sem dados.

Outra maneira de se obter a vazão de referência $Q_{7,10}$, além das Q_{90} e Q_{95} , é a partir das equações de regionalização geradas por modelos ajustados por curso d'água disponibilizadas pela consulta espacial georreferenciada permitida pelo Atlas Digital das Águas de Minas, criado no ano de 1991 (ADAM, 2018).

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo calcular as vazões de referência para o ribeirão Espírito Santo (ES) através dos três métodos supracitados e comparar as vazões medidas em campo com as calculadas, verificando o atendimento à vazão mínima de referência do Estado de Minas Gerais, $Q_{7,10}$ e a relação das vazões monitoradas com os dados de precipitação do período em que foram realizadas as campanhas de campo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia do ribeirão Espírito Santo está compreendida na área delimitada pelas coordenadas de 21°36'41" a 21°44'48" de latitude Sul a 43°26'30" a 43°37'46" de longitude Oeste e possui uma área de aproximadamente 148,7 Km² (PINTO, 2014).

O ribeirão Espírito Santo possui 17 Km de extensão, tendo os córregos Gouveia e Vermelho como seus principais afluentes pela margem esquerda, e os córregos Barreiro e Penido, pela margem direita (CESAMA, 2018).

A bacia tem como principal uso o abastecimento de água potável para a população da cidade de Juiz de Fora e em segundo plano vem o consumo para uso industrial, e com importância menos expressiva ainda existem as atividades de irrigação de pequenas culturas e atividades agropecuárias (CESAMA, 2018).

A maior parte da superfície da bacia é coberta por pastagens, e as matas ciliares são escassas, o que contribui para o assoreamento dos corpos d'água, comprometendo a função de manancial de abastecimento de água atual e futura do ribeirão Espírito Santo (PINTO, 2014).

Com o intuito de realizar o monitoramento da vazão ao longo do ribeirão Espírito Santo, realizaram-se sete campanhas, ocorridas nos seguintes meses: junho, setembro, outubro e dezembro de 2013, janeiro e março de 2014 e março de 2015. Durante as campanhas foram analisados dez pontos, sendo sete no ribeirão Espírito Santo (Pontos 2, 3, 4, 7, 8, 9 e 10), um no tributário (córrego Gouveia - Ponto 1) e dois no rio Paraibuna (Ponto 5 e 6). A Figura 1 apresenta a localização dos pontos de monitoramento na bacia hidrográfica do ribeirão Espírito Santo. Destaca-se que os pontos 9 e 10 estão localizados entre os pontos 3 e 4.



Figura 1: Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do Ribeirão Espírito Santo.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015.

Análise da variação dos índices pluviométricos

Com a finalidade de se avaliar o impacto da precipitação nos valores de vazão do ribeirão, foi realizado um estudo dos índices pluviométricos para o ano de 2013, de janeiro a abril de 2014 e de março de 2015. Os dados horários de cada dia dos meses estudados foram disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – LCAA da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. A partir destes valores foram obtidas as médias diárias e as médias mensais, as quais foram utilizadas para a elaboração do gráfico de precipitação total mensal do período em estudo.

Análise da Quantidade de Água

Para obter a vazão dos trechos analisados ao longo do ribeirão ES, durante as três primeiras campanhas, determinou-se a área “A” da seção transversal por batimetria, a velocidade “v” em vários pontos através de molinete e/ou micro molinete hidrométrico e a partir desses dados obteve-se a vazão utilizando a equação da continuidade ($Q = v.A$).

A partir da quarta campanha, utilizou-se o Perfilador Acústico de Corrente por Efeito Doppler – ADCP modelo River Surveyor S5. Em cada ponto o ADCP cruzou o rio no mínimo três vezes para obtenção e averiguação dos dados obtidos. Os dados obtidos foram processados pelo *software* River Surveyor, fornecendo diversas informações, como: vazão do rio, velocidades das seções verticais, profundidades, distância entre as margens, área da seção molhada, velocidade relativa do barco, entre outras.

A análise de vazão foi realizada nos pontos 5, 6 e 8 apenas na terceira e na sexta campanhas, em função da dificuldade de acessar esses pontos pelas margens, sendo necessária a utilização de barco. Ressalta-se que na sexta campanha não foi possível o cálculo da vazão no ponto 4 e na sétima campanha foram analisados apenas os pontos 3 e 4.

Regionalização da vazão

O primeiro método utilizado para a obtenção da vazão de referência $Q_{7,10}$ de cada ponto analisado foi baseado no cálculo da vazão específica na região de interesse a partir da vazão $Q_{7,10}$ da estação fluviométrica Juiz de Fora (JF) - Jusante e a área de drenagem da mesma (969 Km²). Destaca-se que a $Q_{7,10}$ foi calculada pelo *software* SisCAH a partir dos dados fornecidos pela estação fluviométrica JF - jusante (estação 58480500, da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas – ANA) e o valor adquirido foi multiplicado pela área de drenagem correspondente a cada ponto de interesse, calculadas através do *software* ArcGIS, obtendo-se assim a $Q_{7,10}$ para o respectivo ponto. Além da $Q_{7,10}$ foram obtidas a Q_{90} e a Q_{95} a partir da curva de permanência gerada pelo programa SisCAH.

O segundo método consistiu na utilização do mapa disponível no trabalho de Souza (1993), através da plotagem do ponto de intervenção sobre o mesmo e posterior leitura do valor definido pela isolinha de vazões mínimas correspondente (com tempo de retorno de 10 anos). O valor obtido foi multiplicado pela área de drenagem de cada ponto e por um fator de proporção fornecido pela função de interferência regionalizada. A $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} também foram obtidas através das equações fornecidas no Atlas Digital das Águas de Minas (ADAM) para todos os pontos (ADAM, 2018). Dessa forma, foi possível traçar um estudo comparativo entre as metodologias utilizadas.

RESULTADOS

Precipitação

De acordo com a curva da precipitação ocorrida para o ano de 2013, durante os meses de janeiro a abril de 2014 e em março de 2015, observa-se que o mês de agosto obteve o menor volume precipitado (13,8 mm), caracterizando o mês mais seco do ano. O mês mais chuvoso de 2013, dezembro, alcançou um volume de 487,8 mm, já em janeiro de 2014 a precipitação foi de 138,6 mm. O mês de março de 2014 e 2015 verificou-se um índice pluviométrico de 98,8 mm e 175,2 mm, respectivamente (Figura 2).

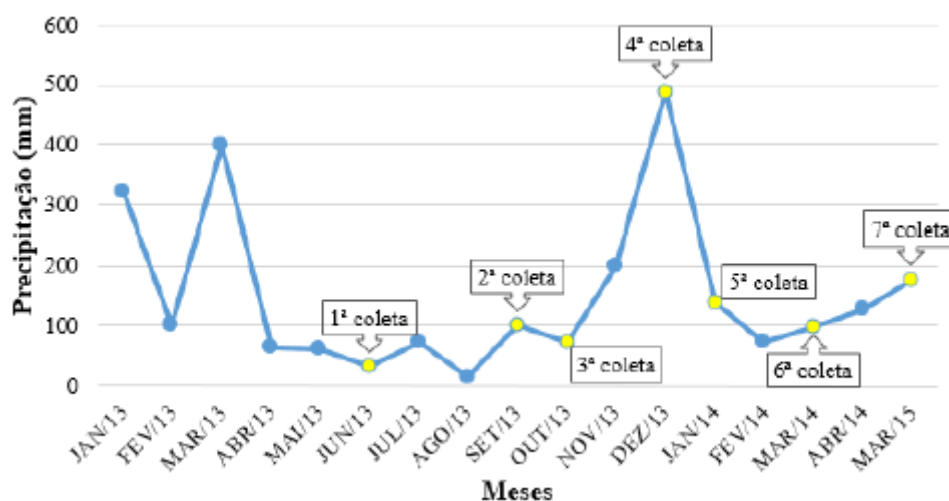


Figura 2: Precipitação total mensal de janeiro 2013 a abril 2014 e março de 2015.

Fonte: INMET, 2014.

Segundo INMET (2018) o trimestre mais seco em Juiz de Fora é composto pelos meses de junho, julho e agosto, e o mais chuvoso pelos meses de novembro, dezembro e janeiro, o que pôde ser comprovado através da análise dos dados.

Análise da Quantidade de Água

No ponto 1, localizado no córrego Gouveia, obtiveram-se baixos valores de vazão (Figura 3), que se justificam devido ao córrego Gouveia ser um pequeno tributário do ribeirão ES, contudo, no trecho estudado, é um dos mais significativos.

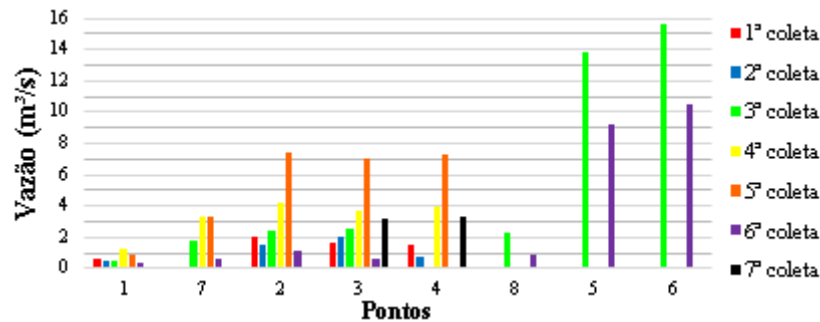


Figura 3: Vazão durante as campanhas ao longo do ribeirão ES (2, 3, 4, 7 e 8), córrego Gouveia (1) e rio Paraibuna (5 e 6).

O ponto 7, primeiro ponto de vazão analisado no ribeirão Espírito Santo, foi analisado apenas nas terceira, quarta, quinta e sexta coletas. A partir da análise da Figura 1, verifica-se uma grande variação de vazão dentre as coletas realizadas no ponto 7, em parte como resposta as diferentes épocas do ano, a pluviosidade diária e a bacia hidrográfica.

O ponto 2 sofre influência direta dos pontos 1 e 7, sendo que um aumento ou diminuição de vazão nesses dois pontos será refletido na vazão obtida no ponto 2. Nesse trecho o maior valor de vazão foi medido na quinta coleta, no mês de janeiro, caracterizado por altos índices pluviométricos.

O ponto 3, localizado a jusante da captação de água da Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (CESAMA), que possui capacidade instalada de 0,62 m³/s, apresenta em geral vazões menores que as do ponto 2 (Figura 1). A diferença entre os valores de vazão encontrados nos pontos 2 e 3 durante a primeira, quarta, quinta e sexta campanhas é em média de 0,43 m³/s.

De acordo com registros da CESAMA (ano), apresentados no Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora, a Estação de Tratamento de Água (ETA) Walfrido Machado Mendonça apresentou uma grande variação da vazão captada, funcionando abaixo de sua capacidade de tratamento, com uma vazão média de 0,51 m³/s, no período de janeiro de 2010 a maio de 2012, com exceção do mês de fevereiro de 2011. Portanto, considerando que esse comportamento permaneceu durante o período de estudo a diferença de 0,43 m³/s entre os pontos a montante (ponto 2) e a jusante (ponto 3) da captação está coerente, já que além da variação na vazão captada pela ETA, existem lançamentos de efluentes industriais.

No ponto 4 houve aumento de vazão nas campanhas 4 e 5 que foram realizadas nos meses de dezembro e janeiro, nos quais há alto índice pluviométrico (Figura 1). No ponto 8, a vazão foi medida apenas na terceira e na sexta coletas. Entre os valores de vazão dos pontos 4 e 8, na terceira coleta, pode-se perceber uma diferença de 1,42 m³/s (Figura 1). Isso se justifica pelo fato desse trecho do ribeirão ES, que possui aproximadamente 700 m de extensão, se localizar próximo ao Distrito Industrial, local onde ocorre lançamentos de efluentes industriais e adicionalmente há a presença de um tributário, o córrego Vieira.

Ao se comparar os resultados de vazão obtidos para os pontos 5 e 6 observou-se um aumento de 1,77 m³/s e de 1,30 m³/s durante a terceira e sexta campanhas, respectivamente. Esses valores se aproximam da vazão encontrada no ponto 8, localizado no exutório do ribeirão ES, as quais foram de 2,33 m³/s e 0,83 m³/s, o que caracteriza a influência do ribeirão na quantidade de água do rio Paraibuna.

A partir da análise dos dados de quantidade, pode-se observar uma correlação da vazão com o regime de chuvas, sendo possível verificar que os menores e maiores valores de vazão ocorreram, respectivamente, nos meses de menor e maior pluviosidade.

Regionalização de vazão

Através da análise comparativa dos valores de $Q_{7,10}$ obtidos pelos métodos empregados nesse trabalho, percebeu-se uma pequena variação da vazão entre os métodos ao longo do ribeirão ES e córrego Gouveia,

sendo as maiores diferenças verificadas nos pontos 5 e 6, localizados no rio Paraibuna. O que não era esperado, já que esses pontos são os únicos que atendem à proporção entre áreas preconizada pela Eletrobrás (2000), de 1:3 a 1:4. Portanto, o método da transposição de vazão da estação fluviométrica JF – jusante não é ideal para aplicação nos demais pontos estudados, porém, mesmo assim, demonstrou uma variação entre métodos menor do que para os pontos 5 e 6.

Ressalta-se que os pontos 1 e 7 possuem áreas inferiores ao limite mínimo para a aplicação das fórmulas disponibilizadas pelo ADAM (110 Km²), portanto não se recomenda a sua utilização para esses pontos. Porém, os valores encontrados estiveram muito próximos dos obtidos para os demais métodos analisados (Figura 4). A partir da análise dos resultados obtidos para as vazões de referência Q_{90} e Q_{95} , percebe-se que houve uma variação maior entre as duas metodologias utilizadas para os pontos localizados ao longo do ribeirão ES e córrego Gouveia do que para os pontos localizados no rio Paraibuna.

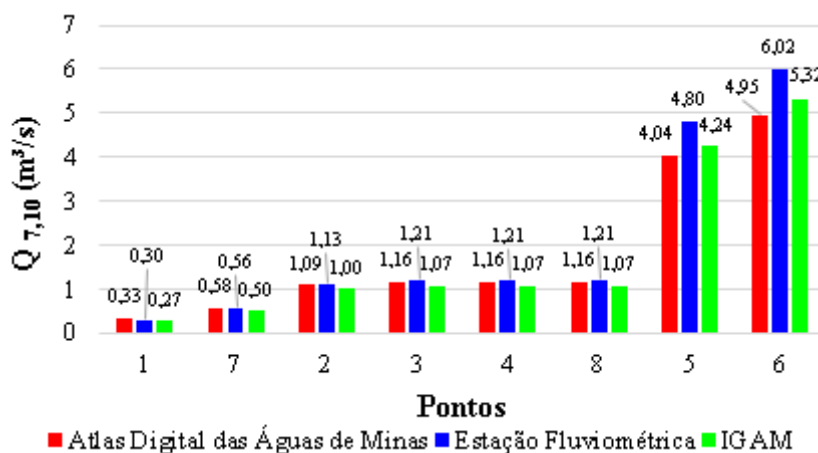


Figura 4: Comparação dos valores da $Q_{7,10}$ calculados por meio de três metodologias.

As variações encontradas entre os métodos podem ter ocorrido por vários motivos, como por exemplo, o fato do trecho do rio Paraibuna estudado situar-se muito próximo à barragem de Chapéu d'Uvas, que além da sua função de abastecimento de água para a cidade de JF também funciona como uma barragem reguladora, acumulando água no período de chuva a fim de evitar inundações e aumentando o volume de água no rio na época de seca. Além deste, outros prováveis fatores para a diferença encontrada entre os métodos são as metodologias utilizadas, no que se refere ao número de informações utilizadas, tratamento dos dados, entre outros.

Durante a sexta campanha todos os pontos apresentaram valores de vazão abaixo da $Q_{7,10}$ obtida pelas equações do ADAM, sendo que para as demais campanhas foram observados valores abaixo das vazões de referência em todos os pontos para pelo menos uma campanha, com exceção do ponto 7 e 8 (Figura 5). Porém, ao se comparar com a vazão outorgável no estado de Minas Gerais (50% da $Q_{7,10}$), percebe-se que em todos os pontos as vazões se encontram superiores a esse limite.

Considerando que a jusante de cada derivação devem ser garantidos fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$ (SEMAD-IGAM, 1548/2012), verifica-se que esse requisito não é atendido nos pontos 3 e 8 na sexta campanha e no ponto 4 na segunda e na terceira campanhas, quando analisados os valores remanescentes nos pontos monitorados após a captação de 50% da $Q_{7,10}$ (Figura 6). Nota-se, portanto, que as vazões residuais mínimas estabelecidas pelas legislações vigentes se mostram conflitantes com as necessidades para conservação do ecossistema aquático.

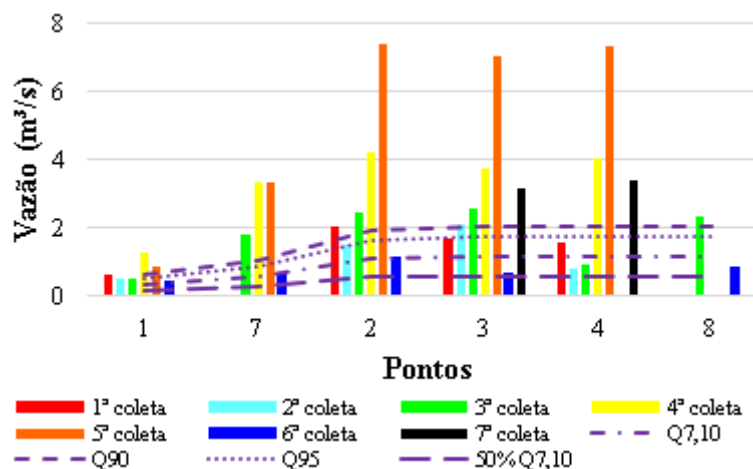


Figura 5: Comparação entre as vazões de referências e as observadas ao longo do ribeirão Espírito Santo e córrego Gouveia.

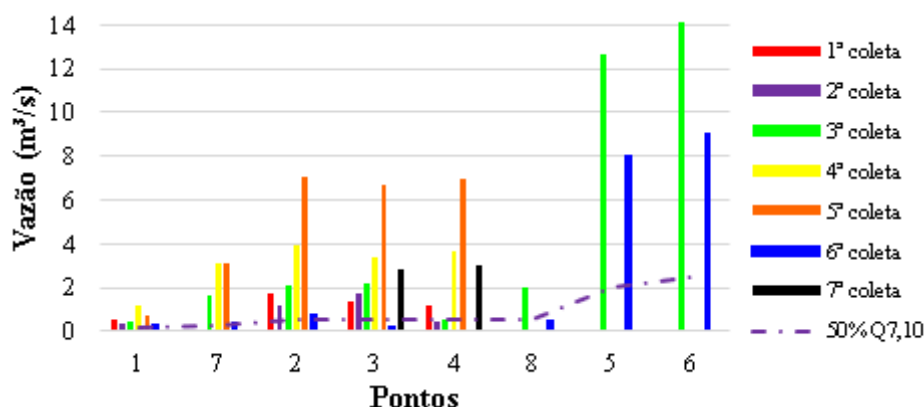


Figura 6: Vazões mínimas remanescentes em cada ponto analisado ao longo das campanhas.

CONCLUSÕES

Com relação à quantidade de água, infere-se que as vazões variam tanto com o regime de chuvas quanto com as captações e com os lançamentos dos efluentes. Verifica-se a influência dos pontos 1, localizado no córrego Gouveia, e 7, localizado no ribeirão Espírito Santo, no ponto 2, assim como o impacto na quantidade de água do ponto 6, localizado no rio Paraibuna a jusante do encontro com o ribeirão Espírito Santo, causado pela vazão do ribeirão em questão.

A análise das vazões de referência para outorga permite concluir que as vazões residuais mínimas estabelecidas pelas legislações vigentes se mostram conflitantes com as necessidades para conservação do ecossistema aquático, já que os fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$ não são atendidos em alguns pontos.

É importante ressaltar a importância de se estabelecer vazões que respeitem a variação sazonal da quantidade de água de um corpo hídrico, a fim de garantir a manutenção e preservação da vida aquática como um todo, visto que, a partir da análise dos resultados, os valores das vazões de referência para outorga são mais próximos aos encontrados no rio na época de seca e, portanto, a captação de água nesse período pode ameaçar o equilíbrio do ecossistema aquático.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Quarto Batalhão de Bombeiros Militar – Juiz de Fora e especialmente ao cabo Demetrius pelo auxílio nas coletas e ao LAQUA. À Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa da UFJF - Propp/UFJF pela concessão das bolsas de pesquisa e ao CNPQ pelo auxílio financeiro para realização do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAM. Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/apresentacao.html>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2018.
2. ANA – Agência Nacional de Águas. Resolução ANA no 467 de 30 de outubro de 2006. Dispõe sobre critérios técnicos a serem observados na análise dos pedidos de outorga em lagos, reservatórios e rios fronteiriços e transfronteiriços. Rio Grande do Sul, 2006.
3. ANA. Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. Brasília, 2014.
4. CESAMA - Companhia de Saneamento Municipal. Mananciais. Ribeirão Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.
5. Decreto N. 43.284, de 3 de julho de 1998. Regulamenta as Leis n.º 4.023, de 22 de maio de 1984, e n.º 4.095, de 12 de junho de 1984, que declaram áreas de proteção ambiental as regiões urbanas e rurais dos Municípios de Cabreúva e Jundiá, respectivamente, e dá providências correlatas. Publicado na Secretaria de Estado do Governo e Gestão Estratégica, aos 3 de julho de 1998.
6. Eletrobrás. Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas. Rio de Janeiro, 2000.
7. IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/611-igam-realiza-workshop-sobre-a-politica-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 27 de abril de 2018.
8. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2018.
9. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Estações Automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em 07 de agosto de 2014.
10. Pinto V. G. et al. Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. Revista Ambiente e Água, vol. 9, n. 4, Taubaté, 2014.
11. PSB. Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.planodesaneamento.pjf.mg.gov.br/o_plano.html>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2018.
12. SEMAD-IGAM. Resolução Conjunta SEMAD-IGAM no 1548 de 29 de março 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Belo Horizonte, 2012.
13. Souza, S. M. T. Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Hidrosistemas/Copasa. 1993.
14. Tucci, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2a.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997.
15. Tucci, C. E. M. Regionalização de Vazões. 1a.ed. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2002.
16. Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, p. 452, 2014.