DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

REFLEXÕES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (ALTO E MÉDIO-ALTO VELHAS) – MG

REFLECTIONS FROM THE APPLICATION OF A MODEL FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF SURFACE WATER RESOURCES IN THE METROPOLITAN REGION OF BELO HORIZONTE (UPPER AND MEDIUM-UPPER VELHAS) - MG

Adriana Monteiro da Costa[1], Victor Cordeiro da Silva[1], Bárbara Janine Reis Silva Araújo[1], Maíse Soares de Moura[1]

RESUMO
Avaliações das estimativas de disponibilidade hídrica quantitativas se relacionam às gestões territoriais de bacias hidrográficas e dos recursos hídricos, e contribuem para o entendimento da segurança hídrica destes espaços, podendo, ainda, orientar práticas de conservação do solo e água, avaliações e monitoramentos quali-quantitativos. Por consequência, a partir de métodos desta estimativa é possível avaliar os aspectos das demandas hídricas e quais as suas dinâmicas, sobretudo, no território das bacias hidrográficas e de conjuntos de municípios. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), porção central de Minas Gerais, é composta por 34 municípios, contidos, majoritariamente, nas Circunscrições Hidrográficas (CH) das bacias dos rios das Velhas (SF5) e Paraopeba (SF3), pressionadas quanto às demandas múltiplas pelos recursos hídricos, incluindo a preponderância do abastecimento público, dos usos industriais e a mineração. Este estudo objetivou estimar a demanda e disponibilidade hídricas no recorte da RMBH inserido na SF5, avaliando 21 municípios e 12 Unidades Territoriais Estratégicas do Comitê desta bacia. Promoveu discussão regional sobre a disponibilidade, a partir de dados dos usuários de água até novembro/2019. Os cálculos foram baseados no método da avaliação da demanda e disponibilidade hídrica proposto por Semad e Seapa (2016), tendo sido encontrados 9,86% dos trechos em estado de atenção e 57,34% em indisponibilidade, considerando somente os trechos com captação. Os resultados da aplicação deste modelo foram, posteriormente, avaliados à luz da comparação da evolução e distribuição espacial dos usos da terra (entre 1998-2018), em observância, sobretudo, à espacialidade dos trechos com captação, em relação ao crescimento urbano e usos preponderantes. No entanto, estes resultados se mostraram conservadores diante da perspectiva do uso da terra e do ano hidrológico estudado no modelo, sinalizando que a metodologia deveria ser, primordialmente, empregada em conexão com outras análises. Diante do modelo e seus resultados, refletiu-se sobre a responsabilidade frente às respostas de aplicações como estas, dos vínculos à gestão das águas e das potencialidades e limitações destas estimativas, quando empregadas, sobretudo no ambiente técnico-científico das Geociências.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de recursos hídricos. Água superficial. Uso da água no espaço urbano. Segurança hídrica.

ABSTRACT
Assessments of quantitative water availability estimates are related to territorial management of watersheds and water resources and contribute to the understanding of water security in these spaces, and may also guide soil and water conservation practices, qualitative-quantitative assessments and monitoring. Consequently, based on methods of this estimation, it is possible to assess aspects of water demands and their dynamics, especially in the territory of hydrographic basins and groups of municipalities. The Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH), central part of Minas Gerais, is composed of 34 municipalities, mostly contained in the Hydrographic Circumscriptions of the basins of the Velhas (SF5) and Paraopeba (SF3) rivers, pressured by the multiple demands by the water resources, including the preponderance of public supply, industrial uses and mining. This study aimed to estimate the water demand and availability in the RMBH cutout inserted in the SF5, evaluating 21 municipalities and 12 Strategic Territorial Units of the Committee of this basin. Promoted regional discussion on availability, based on data from water users up to November/2019. The calculations were based on the method of assessing water demand and availability proposed by Semad and Seapa (2016), with 9.86% of the stretches in a state of attention, 57.34% in unavailability, considering only the stretches with catchment. The results of the application of this model were later evaluated in the light of the comparison of the evolution and spatial

[1] Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. drimonteiroc@gmail.com; victorcordeiro818@gmail.com; barbarajarsa@gmail.com; maisedemoura2013@gmail.com.

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

distribution of land uses (between 1998-2018), in compliance, above all, with the spatiality of the stretches with catchment, in relation to urban growth and uses prevailing. However, these results proved to be conservative from the perspective of land use and the hydrological year that competed for the model, signaling that the methodology should be primarily used in connection with other analyses. In view of the model and its results, a reflection was made on the responsibility facing the responses of applications such as these, links to water management and on the potential and limitations of these estimates, when used, especially in the technical-scientific environment of Geosciences.

KEYWORDS: *Water resources management. Surface water. Use of water in urban space. Water security.*

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida e, para sua utilização sustentável, garantindo provimento para gerações futuras, é necessário o conhecimento de todos os elementos que afetam sua dinâmica, sobretudo, espacial e temporal, quanto ao sistema de água doce (ALSDORF; RODRÍGUEZ; LETTENMAIER, 2007) e, consequentemente, da sua disponibilidade e qualidade (SALIS et al., 2017). A competição pela água entre diferentes “usos” e “usuários”, potencializa o risco de conflitos localizados e das desigualdades serem perpetuadas no acesso a este recurso, com impactos significativos nas economias locais e no bem-estar humano (MATOS; CARRIERI, 2021). Portanto, garantir a disponibilidade dos recursos hídricos em quantidades adequadas, para sustentar a saúde e o bem-estar das pessoas e, também, dos ecossistemas em que estão inseridas, é um desafio urgente (DAMKJAER; TAYLOR, 2017).

Assim, diversas narrativas em âmbitos locais, regionais e globais estão dispostas nas literaturas técnicas e científicas, com vistas a traçar proposições para garantir o provisionamento dos recursos hídricos para as gerações futuras, como, por exemplo, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UNITED NATIONS - UN WATER, 2018; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2019), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no Brasil (BRASIL, 1997) e, mais recentemente, o Programa Estratégico de Segurança Hídrica e Revitalização de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais, “Somos Todos Água”, com ações para a agenda 2020-2023 (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM, 2019a).

No contexto político, os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos devem ser capazes de garantir a distribuição de água em quantidade e qualidade, estabelecendo prioridades e dimensionando os riscos. Em contextos que contemplam usos múltiplos, como por exemplo, usos urbanos, industriais e agrícolas, é possível que ocorra um desajuste entre a oferta e a demanda de água (DAMKJAER; TAYLOR, 2017). Neste sentido, o termo segurança hídrica, se refere à capacidade de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico, para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política (COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH, 2018), assim, estudos que envolvem aspectos relacionados à pauta são necessários.

Muitos dos métodos de avaliação da segurança hídrica, atualmente dispostos na literatura, baseiam-se na avaliação de indicadores de quantidade, qualidade e adaptação, todavia, incluem de forma simplificada muitas das variáveis que poderiam melhorar as avaliações considerando os registros históricos,

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

hidrológicos e espaciais, e suas projeções futuras (MELO et al., 2021). Para além das simplificações impostas, muitas vezes pela ausência de dados ou pela viabilidade metodológica (tempo e capacidade técnica), há também a utilização de metodologias expandidas de seu escopo inicial, para o qual foram desenvolvidas conceitualmente. Em especial nesses casos, uma análise criteriosa dos resultados é necessária, para evitar interpretações errôneas e reducionistas, que podem mascarar problemas hídricos e contribuir para a ineficiência da gestão e do planejamento, visando um uso sustentável dos recursos hídricos.

No Brasil, como norteadora da gestão e planejamento da utilização dos recursos hídricos, a PNRH tem como objetivo principal assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, o desenvolvimento sustentável pela utilização racional e integrada dos recursos hídricos, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, além de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (MATOS; CARRIERI, 2021).

Sustentada (dentre outras), pela PNRH, a metodologia denominada Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP), oficializada pelo Estado de Minas Gerais para caracterização socioeconômica e ambiental de bacias hidrográficas (MINAS GERAIS, 2014), também trata, dentre outros aspectos ambientais, das questões hídricas. Em sua segunda edição (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD; SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - SEAPA, 2016), a etapa correspondente à demanda e disponibilidade hídrica, possibilita avaliar, em termos quantitativos, a utilização da água em bacias hidrográficas, seus usos mais significativos e categorizar áreas com indisponibilidade e em estado de atenção, que devam ser priorizadas no processo de gestão, uma vez que apresentam vazão outorgada superior à vazão de segurança (SALIS et al., 2017). Em regiões caracterizadas por crise hídrica, tais informações são úteis e quando bem interpretadas, podem subsidiar o planejamento dos recursos hídricos, visando a sustentabilidade.

Por conter este método (da demanda e disponibilidade hídrica), dentre os seus alvos de análise, que também contemplam, por exemplo, o mapeamento e a avaliação dos usos da terra (SEMAD; SEAPA, 2016; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM; SEAPA, 2020), o ZAP oferece perspectiva para adoção no estudo dos recursos hídricos, em especial sobre as vazões totais demandadas e tipos de uso da água que sejam preponderantes no território de uma bacia hidrográfica. No entanto, por seu caráter quantitativo, voltado aos cursos d'água superficiais e somente a uma análise por trecho em que se tenha captação, os resultados devem ser, criteriosamente, analisados e à luz de outros parâmetros, métodos adicionais ou, ainda, com possíveis correlações que, transversalmente, incorporem os conceitos da segurança hídrica.

Reside, portanto, na aplicação deste e de qualquer outro método e/ou modelo, um compromisso no tratamento dos dados e nos seus resultados expressos, quando se trata do estudo da disponibilidade hídrica, sem que sejam reportadas informações aquém à realidade do território das bacias hidrográficas, por exemplo, ou que enviesem aspectos para somente as variáveis analisadas.

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

Inserida em um contexto de crise hídrica, atestado, por exemplo, por diversas portarias publicadas pelo IGAM nos últimos anos, a RMBH compartilha territórios de três grandes Circunscrições Hidrográficas (CH) da bacia do Rio São Francisco (bacias dos rios das Velhas, Paraopeba e Pará), além de um entorno, denominado Colar Metropolitano, cujos limites avançam, também, para a bacia do rio Piracicaba (da bacia do rio Doce).

Em 2019, o IGAM publicou a Portaria nº45 (IGAM, 2019b) que declarou situação de escassez hídrica na bacia do rio das Velhas (SF5), de suas cabeceiras, até a estação fluviométrica da ANA em Santo Hipólito, abrangendo, portanto, a RMBH, em relação à vazão de referência. Neste caso específico foi constatado "[...] que a média das vazões diárias de 7 (sete) dias consecutivos apresentou valores iguais ou inferiores a 70% da $Q_{7,10}$, caracterizando Estado de Restrição [...]". Esta condição de restrição se refere ao uso, com indicação do contingenciamento, uma vez apontado comprometimento das vazões (MINAS GERAIS, 2015). Com esta Portaria, as restrições se impuseram até parte do mês de novembro do mesmo ano (IGAM, 2019b).

É neste aspecto que, a aplicação de métodos de demanda e disponibilidade hídrica, de caráter quantitativo, pode contribuir à leitura dos recursos hídricos desta e outras bacias, no entanto, sem deixar de considerar realidades, particularidades, interações entre os sistemas superficial e subterrâneo e o uso da terra, por exemplo. De forma responsável e ética, por parte dos analistas, mesmo diante de métodos que têm sua aplicação para escopos mais ampliados e tópicos desafiadores, é necessário ter como premissas as condições para uma pauta que contemple a segurança hídrica e para um reporte claro aos usuários de água, sociedade e gestores.

A fim de demonstrar como o tratamento dos resultados destas estimativas podem lançar diferentes caminhos de discussão, assim como lacunas, que necessitam de devida atenção, quanto à segurança hídrica e à disponibilidade, este artigo realizou a estimativa da demanda e disponibilidade hídrica, para a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em sua porção contida na bacia do rio das Velhas (SF5), utilizando-se do método integrante do ZAP (SEMAD; SEAPA, 2016). De forma complementar ao estudo de caso, a avaliação considerou, como estratégia adicional, a observância da evolução temporal dos cenários de usos da terra, no intervalo entre 1998-2018, para o encontro de condições de pressão ao sistema hídrico superficial, que guardam relação com as captações.

MATERIAL E MÉTODOS

A Região Metropolitana de Belo Horizonte: usos da água e da terra e a bacia do rio das Velhas

A RMBH (Figura 1), instituída por Lei Complementar (MINAS GERAIS, 1973), atualmente é composta por 34 municípios e outros 16 que formam o Colar Metropolitano, onde se destacam os sistemas integrados Paraopeba e rio das Velhas. O sistema Paraopeba inclui três sistemas produtores, com captações nas barragens dos rios Vargem das Flores, Serra Azul e Manso, cujas estações de tratamento possuem capacidade nominal entre 1,5 e 4,2 m³/s; já o sistema rio das Velhas, que é o principal manancial da cidade de Belo Horizonte, possui capacidade de 9,0 m³/s (MAGALHÃES et al., 2016). Melo et al. (2020)

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014
REFLEXÕES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (ALTO E MÉDIO-ALTO VELHAS) – MG
Adriana Monteiro da Costa, Victor Cordeiro da Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araújo, Maíse Soares de Moura

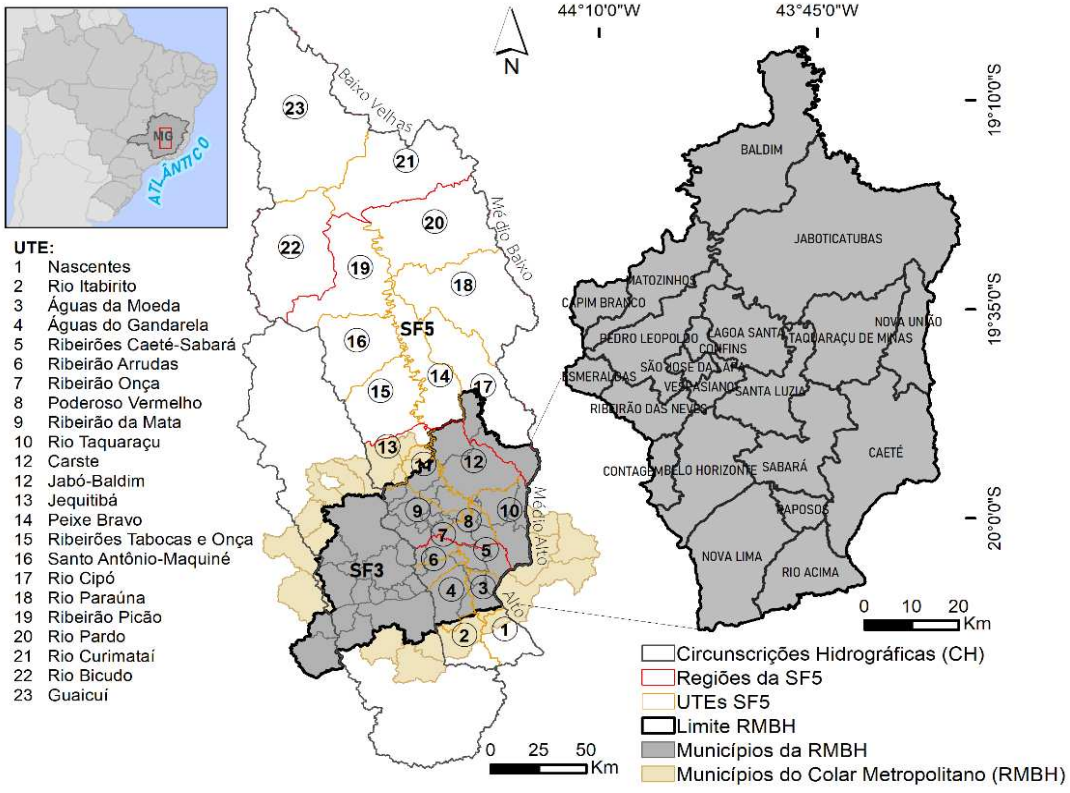
informam que a captação no rio das Velhas (Sistema Bela Fama) é realizada a fio d'água e garante vazão de 7,5 m³/s.

Assim, devido à importância destas bacias, principalmente, do rio das Velhas e seus mananciais, a região foi selecionada para estimativa da demanda e da disponibilidade hídricas e tratamentos transversais. Além disso,

> "a bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, um dos principais afluentes do rio São Francisco, ilustra bem os territórios de disputas de usos da terra e da água, bem como dos consequentes conflitos ambientais, gerados pelos contextos de ocupação na RMBH. As tensões e os conflitos decorrem principalmente da função ambiental de manancial de abastecimento metropolitano, que o alto Rio das Velhas desempenha" (LEMOS; MAGALHÃES JUNIOR, 2019, p. 183).

Figura 1: Localização da RMBH e seu Colar Metropolitano, inseridos nas bacias SF5 e SF3, com destaque da área de estudos, à direita.

Figure 1: *Location of the RMBH and Colar Metropolitan, inserted in the SF5 and SF3 hydrographic basins: on the right, the study area.*



Coord. Geográficas Datum SIRGAS2000 | **Fontes:** CBH Velhas (2013); PDDI (2017); Eurostat (2020); IBGE (2020); IGAM (2020).

Na RMBH, além dos processos de urbanização e metropolização, muito em virtude das atividades econômicas características, observa-se uma multiplicidade de formas de uso e ocupação da terra que variam, conforme o município e seus entornos, cuja produção do espaço se ancorou em uma lógica urbano-industrial e extrativista, de forma mais proeminente. Enquanto ao norte da capital, os investimentos são, tradicionalmente, voltados à indústria, à aeronáutica e ao parcelamento do solo para empreendimentos residenciais (como condomínios, por exemplo), em outros municípios, predominam as habitações para o

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

lazer e os usos aproximados entre o urbano e o rural, com atividades agropecuárias (TONUCCI FILHO, 2012). Além disso, é marcante a presença da mineração na RMBH com exploração de diferentes recursos naturais, como o minério de ferro e o calcário.

Estas e outras formas de uso e de ocupação coabitam e se inter-relacionam aos sistemas hídricos, no entanto, "A ocupação urbana que não é sensível à dinâmica hídrica reproduz padrões urbanísticos de alto impacto para a quantidade e a qualidade das águas" (LEMOS; MAGALHÃES JUNIOR, 2019, p. 198). Sendo então, necessário remontar, que neste processo da construção e ordenamento da metrópole e suas vizinhanças, impactos se impuseram à água, ao solo e à cobertura vegetal e que esta diversidade de usos e ocupações territoriais demanda atenção não somente à RMBH, enquanto conjunto de municípios, mas também ao recorte de suas bacias hidrográficas e àquelas, particularmente, inseridas nos limites da bacia do rio das Velhas.

Conforme Melo (2016), a partir do balanço hídrico e das relações demanda-disponibilidade realizados pelo IGAM em 2014, as regiões do Alto rio das Velhas e das Serras do Quadrilátero Ferrífero (QF) podem ser consideradas críticas, quando avaliada a disponibilidade hídrica superficial da bacia. Situação esta que poderia agravar-se diante das projeções para as demandas hídricas e usos da água, diante das atividades econômicas (MELO, 2016).

Considerando-se a natureza sistêmica e conexões dadas nas bacias hidrográficas, condições como a apontada, podem reverberar-se por outros territórios na bacia do rio das Velhas, contemplando o seu Alto e Médio-Alto cursos, por exemplo, e, por consequência, na RMBH. Somam-se, aqui, outros estressores, além dos usos da água e da terra e o aumento da demanda, como os períodos de crise e escassez hídricas, por alterações nos comportamentos climático e hidrológico. E, ainda, o comprometimento da quantidade e da qualidade da água encontram outras pressões, bem como os aspectos administrativos, com a adoção de processos de gestão que, somente, preconizem ações diante dos eventos críticos, desconsiderando-se a totalidade de fragilidades e pressões aos recursos hídricos.

Demanda e disponibilidade hídricas na RMBH, na bacia do rio das Velhas

Com o efeito de estudo de caso, a estimativa da demanda e disponibilidade hídrica foi calculada para a RMBH, utilizando-se do método proposto na segunda edição da Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas (SEMAD; SEAPA, 2016). A partir da solicitação dos dados de usuários de água superficial (outorgas e cadastros de uso insignificante) da área de estudo (IGAM, 2019c), estes foram filtrados e consistidos, em Excel, tendo como base, somente os processos vigentes à época da execução da estimativa. A consistência incluiu a avaliação de possíveis processos repetidos e vencidos, padronização de unidades de vazão, verificação dos processos de outorga coletiva e organização dos dados georreferenciados, para entrada em *software* do Sistema de Informação Geográfica (SIG) (SEMAD; SEAPA, 2016).

A análise da disponibilidade hídrica foi baseada na vazão de referência $Q_{7,10}$, adotada para este fim em Minas Gerais, sendo realizada por edição da camada vetorial da hidrografia ottocodificada e regionalizada (IGAM, 2010) e com base no disposto, para a SF5, na Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

1548/2012[1] (MINAS GERAIS, 2012), sobre vazões outorgáveis e fluxos residuais, a qual versa que, para a bacia do Velhas (e outras), o limite máximo das captações "[...] por cada seção considerada em condições naturais será de 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$ (MINAS GERAIS, 2012). Foram, também, calculadas as vazões outorgáveis de regularização, posterior à estimativa da disponibilidade, como sugerido pelo método.

Equações e detalhes metodológicos podem ser consultados na 2ª edição da metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental e Produtivo (SEMAD; SEAPA, 2016). De forma sintética, as demandas hídricas, correspondentes às vazões registradas para cada usuário são avaliadas e somadas ("QDemTot", Vazão Demandada Total) por trecho, sendo considerados, portanto, somente àquelas vazões diferentes de zero (captação com Q > 0 m³/s) e, quando existentes, os barramentos sem captação, mas com regularização de vazão e registros, cujo modo de uso, seja o aproveitamento hidrelétrico (SEMAD; SEAPA, 2016, p.28). Os procedimentos foram realizados de forma totalmente manual, como versa o método original, sem semi-automatização e otimização dos cálculos. Desta primeira etapa, foram espacializados os trechos com demanda hídrica na área de estudo.

A determinação da estimativa da disponibilidade hídrica, nos trechos com demanda (com captação), foi feita a partir da Equação 1 a seguir, utilizando-se das colunas correspondentes na tabela de atributos da hidrografia ottocodificada e regionalizada:

EQUAÇÃO (1)

$$DH(QDH) = \left[30\% * Q_{7,10}\ (m^3/s)\ -\ "QDemTot"\ (m^3/s)\right]$$

Onde,

DH é a demanda hídrica no trecho, que expressa a QDH (Vazão Demandada no Trecho).

30% da $Q_{7,10}$ é a fração considerada, em atendimento à Resolução Conjunta (MINAS GERAIS, 2012) e, "QDemTot" é a demanda total no trecho, em m³/s.

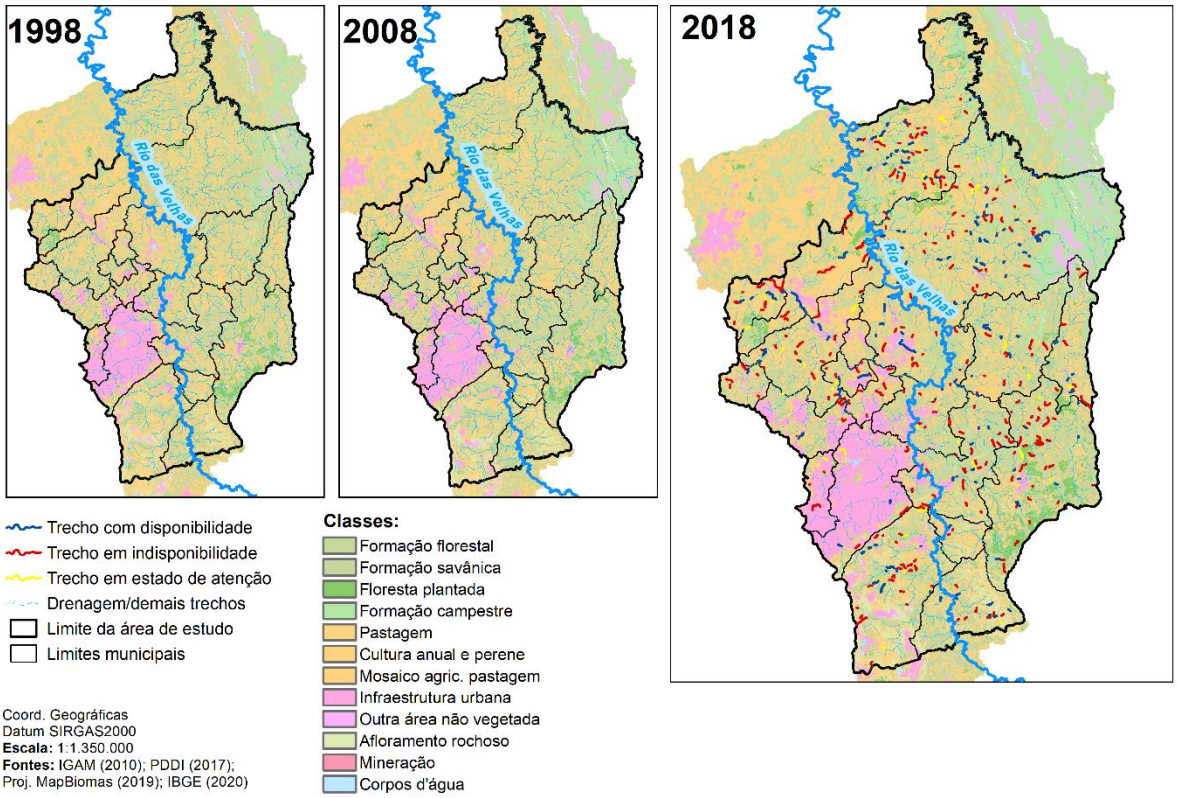
Após, foram realizadas análises com relação ao uso de água superficial na bacia, avaliando o estado de comprometimento dos cursos d'água para os quais foi estimada a disponibilidade hídrica. Estas análises foram baseadas na categorização dos resultados da estimativa, com base nas vazões demandadas totais. Assim, os trechos que apresentavam demanda hídrica em intervalos de 0 a 50% da vazão outorgável considerada ($Q_{7,10}$) foram classificados em estado de disponibilidade; os trechos com demanda hídrica com valores entre o 50 a 100% da vazão outorgável, foram classificados em estado de atenção e os trechos com demanda hídrica acima de 100% foram classificados em estado de indisponibilidade.

Complementarmente, como forma de contribuir para as relações observadas entre o uso dos recursos hídricos (análise das finalidades de uso e disponibilidade), junto às características do território, propôs-se análise pareada com os mapeamentos do uso e cobertura da terra, entre 1998 e 2018 (Figura 2), cuja série analisada é oriunda das classificações da Coleção 4 do Projeto Mapbiomas (2019).

[1] Atualmente, revogada pela Resolução Conjunta SEMAD/IGAM 2.849, de 17 de outubro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019).

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014
REFLEXÕES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (ALTO E MÉDIO-ALTO VELHAS) – MG
Adriana Monteiro da Costa, Victor Cordeiro da Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araújo, Maíse Soares de Moura

Figura 2: Disponibilidade hídrica estimada para a RMBH na SF5, sobreposta ao uso e ocupação da Terra, entre 1998-2018.
Figure 2: *Estimated water availability for the RMBH in SF5, superimposed on land use and occupation, between 1998-2018.*



Fonte: PROJETO MAPBIOMAS (2019).

Assim, os recortes foram realizados para períodos de interesse, de forma que o intervalo temporal incluísse, também, a crise hídrica deflagrada nos anos de 2014 e 2015. Posteriormente discutiu-se com Fraga e Ribas (2021) e Melo et al. (2020). Buscou-se contemplar a temporalidade das Portarias de escassez hídrica superficial e comunicados de igual natureza, informados pelo IGAM (de forma pública desde 2015) (IGAM, 2021) ou pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do rio das Velhas (CBH Velhas).

Admite-se que estas relações, extremamente aproximadas e conexas, possam permitir avançar na compreensão do território e nas eventuais pressões observadas, as quais ele esteja submetido, como no caso das bacias hidrográficas, sobretudo nos casos em que são empregados modelos para avaliação da demanda e disponibilidade hídrica, como neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da disponibilidade hídrica na RMBH revelou 497 trechos com captação, onde mais de 57% se caracterizam como indisponíveis (Tabela 1, Figura 2) e 9,86% em estado de atenção. Os resultados são condizentes com a literatura e com as resoluções normativas que já indicavam limitações quanto à disponibilidade dos recursos hídricos (IGAM, 2019b; MAGALHÃES et al., 2016) com riscos acima de 70%

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014
REFLEXÕES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (ALTO E MÉDIO-ALTO VELHAS) – MG
Adriana Monteiro da Costa, Victor Cordeiro da Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araújo, Maíse Soares de Moura

de não atendimento aos usos de recursos hídricos estabelecidos nos reservatórios. Ressalta-se que, em partes, a crise hídrica se justifica, também, pela diminuição das precipitações nos últimos anos, com risco de desabastecimento. Tornam-se necessários nesse contexto estudos que analisem os impactos ambientais, econômicos e sociais da escassez hídrica na região, uma vez que a RMBH é composta por uma variedade de usos (Figura 2), e também de aspectos socioeconômicos, abrigando cerca de 6.006.091 de pessoas (IBGE, 2020).

Tabela 1: Classificação dos trechos quanto à disponibilidade hídrica, na RMBH.
Table 1: *Classification of stretches in terms of water availability, in the RMBH.*

Trechos com captação	Total	Indisponível	Atenção	Disponível
Nº de trechos	497	285	49	163
%	100	57,34	9,86	32,80

Os municípios de Sabará, Caeté, Jaboticatubas e Baldim (Figura 1), são aqueles que contribuem com afluentes à margem direita (majoritariamente) do rio das Velhas e que possuem maior número de trechos em indisponibilidade, conforme a estimativa. Além das demandas totais contabilizadas, a Unidade Territorial Estratégica (UTE) Ribeirões Caeté-Sabará, por exemplo, possui trechos com lançamento direto de efluentes (CBH VELHAS, 2015), o que aponta a importância da verificação integrada da disponibilidade hídrica quanto à quantidade e à qualidade da água e pressões sofridas, que possam ser potencializadas em termos de vazão disponível. Situação semelhante foi observada para Nova Lima e Pedro Leopoldo, com a condição de indisponibilidade.

Por sua vez, os municípios que contribuem significativamente com afluentes pela margem esquerda do Velhas, apresentaram menor distribuição de trechos com captação, que estivessem em indisponibilidade (108) ou em estado de atenção (22), em relação à vazão de referência adotada. Sobretudo na UTE Águas da Moeda, para os municípios de Nova Lima e Rio Acima, esta distribuição se mostrou mais surpreendente, podendo ser destacada. Considerando que é a margem esquerda que "[...] apresenta maiores áreas com processos de ocupação de intenso uso antrópico, principalmente mineração e usos urbanos [...]" (LEMOS; MAGALHÃES JUNIOR, 2019, p.194), o resultado da estimativa da demanda e disponibilidade hídricas se mostrou diferente do esperado, ainda que somente pela avaliação quanto às águas superficiais, o que demonstrou uma fragilidade da estimativa.

Mesmo com a observação dos trechos e dos usos da água e da terra, para esta porção da bacia, muito possivelmente, a representatividade dos trechos com algum comprometimento ou pressão, do ponto de vista quantitativo, parece subestimada. Além do mais, cabe lembrar da coexistência dos usos da água superficial, neste território, com as explotações de subsuperfície e, em ambos os casos, da existência possível de usuários que não tenham o seu registro junto ao órgão gestor das águas em Minas Gerais, o que, de certa maneira, potencializa as pressões observadas, denotando maior fragilidade. De maneira geral, tanto esta porção da UTE Águas da Moeda, quanto dos demais territórios da região de estudo carecem de análises integradas.

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

Os resultados apontam que o método de análise proposto por SEMAD e SEAPA (2016) na sua 2ª edição, baseado na ottocodificação por trechos (LUIZ; FARIA, 2013), fornece informações importantes acerca dos trechos e da área de contribuição da bacia mas não apresenta uma análise integrada da bacia, acabando por promover a ruptura da ideia de unidade.

Destaca-se que a leitura dos trechos dos cursos hídricos é extremamente importante, visto que os pontos de captação exercem pressão sobre a parcela do curso hídrico em questão, entretanto, se mostra frágil em aspectos de diagnóstico integral dos processos a jusante do ponto, encobrindo níveis de vazão preocupantes que o método não se preocupa em discutir, e/ou assumindo maiores incertezas, o que pode potencializar situações de leituras equivocadas. A interpretação do trecho é válida e necessária, entretanto, sua interpretação isolada pode proporcionar identificações preocupantes no que diz respeito ao aspecto contínuo do recurso hídrico, como já mencionado, subestimando os impactos resultantes das captações.

O recorte específico traz em sua totalidade 497 trechos com captações espacializadas na maior parcela dos municípios, concentrando-se em maiores expressões nos ambientes em que o uso da terra assinalado faz-se marcado pelas culturas. As chuvas nem sempre são suficientes para suprir a necessidade dos produtores, sendo presumível que as captações realizadas dizem respeito aos processos produtivos (GIBERTONI; PANDOLFI, 2015). O manejo adequado da água pode conduzir aos excelentes resultados na produção, porém seu mau uso provoca degeneração do meio físico natural, fato que se observa com o vasto contingente de trechos em indisponibilidade nas áreas onde o referido uso faz-se presente. No estudo, são nestes trechos indisponíveis, ainda, que se distribuem os usuários cuja finalidade de uso da água informada (nas outorgas e cadastros) é a irrigação ou a irrigação combinada aos usos associados, como a dessedentação animal, por exemplo (IGAM, 2019c).

Ainda que em uma abordagem qualitativa e exclusivamente de gabinete, sustentada por produto do Sensoriamento Remoto (PROJETO MAPBIOMAS, 2019), esta etapa se constituiu importante no reconhecimento de possíveis padrões destas associações de usos e naquilo que tenha sido disposto, teoricamente, na literatura estudada. Considera-se, ainda, importante mencionar que, não raro, esta correlação também é realizada quando são avaliadas as perspectivas de interação das variáveis do meio físico, na busca por atributos que expressem características como: formas da paisagem; influência nos processos de escoamento superficial e da infiltração; aporte de sedimentos e relações entre a qualidade e a quantidade de água, dentre outros que possam ser avaliados em estudos hidrológicos.

Além das problemáticas sobre a quantidade da água, devido ao extenso volume que é tipicamente empregado na irrigação, é válida a preocupação sobre os possíveis impactos na qualidade da água por meio da contaminação por insumos da produção agrícola. Conforme Gama; Oliveira; Cavalcanti (2013), os dados de monitoramento do mercado de agrotóxicos, já apontavam na época, uma expansão neste mercado brasileiro, com crescimento de, aproximadamente, 176% na última década, ou seja, quatro vezes mais do que a média mundial. Levando em conta os cenários político-ambiental vivenciados nos últimos tempos, o mercado de agrotóxicos no Brasil tende a potencializar-se.

Destaca-se que, de fato, a disponibilidade da água é o fator primário a ser avaliado no que diz respeito à seguridade hídrica, entretanto, sua qualidade é um fator que deve ser analisado e acompanhado

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

de perto. Pelos resultados encontrados nesse processamento básico, pouco pode ser esperado das fiscalizações assíduas frente ao manejo das culturas e aos controles biológicos realizados pelos defensivos agrícolas, por exemplo, dado que o próprio estado autoriza captações que superam o ambiente de seguridade para o ecossistema hídrico.

Outro importante fato são os temas que tangenciam estas observações e que têm similar interesse quanto à disponibilidade hídrica, orientando ações. Condições de indisponibilidade e, também, de escassez são, por vezes, sanadas com proposições de soluções voltadas ao incremento da oferta de água ou, por outro lado, ainda, a um contingenciamento momentâneo, por exemplo. Entende-se que estas devam sim ser soluções viáveis, conforme se associem com demais particularidades no contexto em que alguma bacia se insira (incluindo os seus usos da terra).

No entanto, é indispensável reconhecer que há fragilidades quanto à rede disponível de monitoramento de vazões *in situ* (PEREIRA; ABREU; MAILLARD, 2017), assim como em relação aos modelos, em gabinete, com perspectiva de aplicação extrapolada. Com isso, independente dos procedimentos e resultados obtidos e, também, das soluções propostas, incorre-se na urgência de uma conduta profissional reflexiva na qual os analistas (geocientistas, engenheiros e outros) possam oferecer aos seus pares e tomadores de decisão, discussões e apontamentos que estejam além dos resultados numéricos, respostas de monitoramentos de campo ou de modelos hidrológicos.

Assim, como mencionado, pesquisas e a aproximação entre a Academia e os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos são de grande relevância. E, ainda, estimativas como esta reforçam as fragilidades observadas na SF5, contribuindo ao entendimento sobre as interações entre as demandas totais, os usos dos recursos hídricos na bacia e a severidade diante das dinâmicas hidrológicas, entre os períodos de estiagem, sobretudo e, particularmente, em sua porção metropolitana e o abastecimento público, com impactos à segurança hídrica.

CONCLUSÕES

Através do conjunto de métodos empregados foi possível observar que grande parte dos cursos d'água, com captação, localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte se encontram em situação de indisponibilidade hídrica ou em estado de atenção. Tais resultados indicam que a condição hídrica da região de estudo requer medidas de mitigação de seus efeitos adversos e para elaboração de planos e programas que visem o uso eficiente dos recursos hídricos. A metodologia mostrou-se eficaz, porém, é indispensável que seja lida à luz da integração com outras abordagens, como com dados do monitoramento qualitativo, do uso das águas subterrâneas, quanto ao uso da terra e vulnerabilidades (sejam elas intrínsecas ou antrópicas).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **ODS 6 no Brasil:** Visão da ANA sobre os indicadores. Brasilia: ANA, 2019. Disponível em:

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014
REFLEXÕES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (ALTO E MÉDIO-ALTO VELHAS) – MG
Adriana Monteiro da Costa, Victor Cordeiro da Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araújo, Maíse Soares de Moura

https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf295c3a15204/attachments/ODS6_Brasil_ANA_2ed_digital_simples.pdf.

ALSDORF, D. E.; RODRÍGUEZ, E.; LETTENMAIER, D. P. Measuring surface water from space. **Reviews of Geophysics**, n. 45, RG2002, 2007. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2006RG000197.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o Inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Complementar Nº 14 de 08 de junho de 1973**. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp14.htm#:~:text=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2014%2C%20DE,Art.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DAS VELHAS - CBH VELHAS. **Unidade Territorial Estratégica Ribeirões Caetés-Sabará**. Belo Horizonte: CBH Velhas, 2015. Cartilha.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH. **Plano de Segurança Hídrica**. 2018. Disponível em: http://portal.cogerh.com.br/plano-de-seguranca-hidrica-2/.

DAMKJAER, S.; TAYLOR, R. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. **Ambio**, 46(5):513-531, 2017. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-017-0912-z#:~:text=It%20is%20formed%20by%20five,measure%20as%20given%20in%20Eq.

FRAGA, M.; RIBAS, L. Análise do Comportamento das Vazões nas bacias dos Rios Paraopeba e Velhas. 2021. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 2, fev. 2021, http://rmrh.igam.mg.gov.br/ojs3/index.php/NM/article/view/30.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM E SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - SEAPA. **Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de Sub-bacias Hidrográficas**. 3. ed. Minas Gerais: SEAPA, 2020. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2021/AVALIACAO_AMBIENTAL/Metodologia_ZAP_3ed.pdf.

GAMA, A. F.; de OLIVEIRA, A. H. B.; CAVALCANTE, R. M. Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense. **Quim. Nova**, v. 36, n. 3, p. 462-467, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/DLymcgv3vtN4bxM5X8WCx4G/?lang=pt.

GIBERTONI, J. A. M.; PANDOLFI, M; A C. A problematização da crise hídrica para os pequenos produtores. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga, **Anais [...]** 2015. Disponível em: https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/225/168.

GREY, D.; SADOFF, C. W. Sink or Swim? Water security for growth and development. **Water Policy**, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Base da rede hidrográfica regionalizada e ottocodificada de Minas Gerais**. Recurso vetorial do tipo *shapefile*. 2010. *In:* INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - IDE SISEMA. Disponível em: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Declarações de Escassez Hídrica Superficial:**

Portarias. Belo Horizonte: IGAM, 2021. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1548-declaracoes-de-escassez-hidrica.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Portaria IGAM N°45, de 17 de setembro de 2019**. Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada à montante da estação Santo Hipólito e a sua bacia de contribuição. 2019b. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2019/Escassez/Declarações_de_Escassez_Hídrica/2019/Portaria_IGAM_n045.2019.pdf.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Programa Estratégico para Revitalização de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais: projeto básico**. Belo Horizonte: IGAM, 2019a. 22 p. Disponível em: http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3230.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Relatório de usuários de água da bacia hidrográfica do Rio das Velhas**. Belo Horizonte: IGAM, 2019c. Planilha eletrônica.

LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Dinâmica territorial,transformações ambientais e implicações no manancial de abastecimento público da Região Metropolitana de Belo Horizonte - bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, Minas Gerais. **GeoTextos**, v. 15, n. 1, jul. 2019. Disponível em: https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/download/28766/19130+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br.

LUIZ, C. H. P.; FARIA, S. D. Construção da base Otto-codificada em Minas Gerais: implementação da metodologia desenvolvida por Otto Pfafstetter (1989) para escalas 1:100.000 e 1:50.000. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, **Anais [...]** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Disponível em: http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.25.08/doc/p1105.

MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S. C.; SOUZA, K. B; DOMINGUES, E. P. Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte. 2016. **Revista de Economia**, v. 43, n. 2, (ano 40), maio/ago. 2016. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/47614.

MATOS, F.; CARRIERI, A. P. **Retratos de governanças das águas no Brasil:** perfil dos representantes membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Belo Horizonte: Editora FACE - UFMG, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351428644_Retratos_de_governancas_das_aguas_no_Brasil_perfil_dos_representantes_membros_do_Comite_da_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Sao_Francisco.

MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano:** proposta de modelo analítico e aplicação na bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais. 2016. 525f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/391-2016/8306-marilia-carvalho-de-melo.

MELO, M. C.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; DE AZEVEDO, J. P. S.; NASCIMENTO, N. D.; MACHADO, F. L. V.; PACHECO, F. A. L.; FERNANDES, L. F. S. A raw water security risk model for urban supply based on failure mode analysis. **Journal of Hydrology**, v. 593, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169420313044.

MELO, M. C.; QUEIROZ, V. FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; AZEVEDO, J. P.; NASCIMENTO, N.; MACHADO, F. LI. V.; DE SÁ. R. V., RIMULO, B. V. Avaliação da Segurança Hídrica para Abastecimento Público na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Estudo da Crise Hídrica 2014-2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 27, out. 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/62462.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH/MG Nº 50 de 09 de outubro de 2015**. Altera a Deliberação Normativa CERH nº 49, de 25 de março de 2015. Minas Gerais: [s. n.], 2015. Disponível em:

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n1-5014

http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=39159.

MINAS GERAIS. Diário do Executivo. **NORMA DECRETO 46650, de 19 de novembro de 2014**. Aprova a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental e Produtivo – ZAP – e dá outras providências. 2014. Minas Gerais: 2014. Disponível em: https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=46650&comp=&ano=2014.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/IGAM 2.849, de 17 de outubro de 2019**. Revoga as Resoluções Conjuntas Semad/Igam nº 1.548, de 29 de março de 2012; nº 1.832, de 26 de março de 2013; nº 1.913, de 04 de setembro de 2013; n° 1.964, de 04 de dezembro de 2013; nº 2.302, de 05 de outubro de 2015 e nº 2.316, de 13 de novembro de 2015. Minas Gerais: 2019. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49860.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março de 2012.** Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado (Texto revogado). 2012. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=20939.

PEREIRA, E. O.; ABREU, L. G. A.; MAILLARD, P. Altimetria por satélite radar aplicada a hidrologia no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 2, p. 347-360, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322100778_ALTIMETRIA_POR_SATELITE_RADAR_APLICADA_A_HIDROLOGIA_NO_BRASIL_Satellite_Altimetry_for_Hydrology_in_Brazil.

PROJETO MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. [*S. l.: s. n.*], 2019. Download de dados via script para https://code.earthengine.google.com/.

SALIS, H. H. C. DE; EVANGELISTA, L. P.; COSTA, A. M. DA; HORTA, I. M. F. Diagnóstico da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Manso - MG. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 91-102, 2017. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40914.

SECRETARIAS DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS - SEMAD E DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS - SEAPA. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo:** ZAP de sub-bacias hidrográficas. 2. ed. Minas Gerais: SEAPA, 2016. Disponível em: http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2016/ZAP/Metodologia_ZAP_-_2_edicao.pdf.

TONUCCI FILHO, J. B. M. **Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte**: um estudo das experiências do PLAMBEL e do PDDI-RMBH. 235f. 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - FAUUSP, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-23052012-151814/publico/dissertacao_planejamento_RMBH_jtonucci.

UNITED NATION - UN. **Goal 6:** Ensure access to water and sanitation for all: Clear water and sanitation. United Nation: [s. n.], 2018. Disponível em: https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/.