

# **UM MODELO PARA GESTÃO DE CONFLITOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E IDENTIFICAÇÃO DE USOS POTENCIALMENTE IRREGULARES DE RECURSOS HÍDRICOS**

Igor José de Lima Silva <sup>1</sup>

Diego Rodrigues Macedo <sup>2</sup>

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega <sup>3</sup>

## **INTRODUÇÃO**

A gestão de recursos hídricos é um tema cercado de desafios e por isso é alvo de inúmeros trabalhos voltados a identificar experiências, positivas e negativas, em âmbito nacional e internacional, relacionadas a manutenção da segurança hídrica e a gestão sustentável da água. A segurança hídrica consiste na garantia da disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficiente visando atender as necessidades das populações humanas, o equilíbrio dos ecossistemas e a plena realização de atividades econômicas (ANA, 2019a). Neste sentido, o planejamento ambiental e dos recursos hídricos no território da bacia hidrográfica é essencial como forma de assegurar o controle sobre os usos da água. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei 9433/97, prevê a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos como instrumento de planejamento e ordenamento do uso da água (BRASIL, 1997). A outorga assegura ao usuário o direito da utilização dos recursos hídricos, entretanto, essa autorização não é considerada uma forma de propriedade sobre a água, representando apenas o direito temporário ao seu uso (IGAM, 2010).

É comum a utilização da água para diversos fins - desde consumo próprio quanto para irrigação - sem o devido registro, o que pode ocasionar situações de escassez e conflito pelo uso da água (MOREIRA et al., 2012). Neste contexto, é necessário a intervenção do poder público, como por exemplo na Declaração de Área de Conflito (DAC), instrumento de gestão utilizado em situações de indisponibilidade hídrica, onde ocorre alocação negociada dos recursos por meio de outorgas coletivas, além do planejamento das demandas hídricas futuras (MINAS GERAIS, 2019). Neste cenário, a situação ideal seria o cadastro abrangente e efetivo de todos os usuários como forma de

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, igorlimacmd@ufmg.br;

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, diegorm@ufmg.br;

<sup>3</sup> Professor Associado do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, raanobrega@ufmg.br.

adequar usos requisitados a disponibilidade, verificando se a vazão captada é de fato igual à vazão outorgada. Entretanto, esta não é uma realidade no contexto brasileiro, pois os órgãos gestores possuem poucas ferramentas para planejar e fiscalizar a relação entre demanda e disponibilidade, já que no processo de gestão de uma bacia, a demanda por água pode ser subdimensionada no tocante a demanda real exigida. Outra situação recorrente é a solicitação de captações acima do volume necessário para a finalidade pretendida, o que configura uma garantia de “reserva para uso futuro” de forma inconforme sob a perspectiva do uso coletivo da água.

O emprego de geotecnologias tem potencial de auxiliar a gestão de bacias hidrográficas através da integração de dados quantitativos e qualitativos, espaciais ou não, possibilitando a produção de estimativas sobre consumo de água, o monitoramento dos níveis de corpos hídricos e a análise de mudanças no uso e ocupação do solo nas bacias, consolidando conhecimento que é essencial na tomada de decisões (MACEDO; LIMA, 2022). Sendo assim, a hipótese aqui considerada é que a modelagem geográfica deve ser incorporada a gestão de recursos hídricos, portanto, assume-se a premissa que a integração da inteligência geográfica ao processo de gestão contribui na resolução de desafios voltados ao planejamento e manutenção da segurança hídrica, essa constituindo uma questão atual e futura, podendo este conceito ser utilizado como instrumento de análise, diagnóstico e monitoramento de metas e resultados para o poder público (PENÃ, 2016).

Levando em conta a relevância do tema e a necessidade de ações em direção a sustentabilidade ambiental, propõe-se a construção de um modelo multiescalar, baseado em inteligência geográfica, que contribua na gestão de recursos hídricos, na fiscalização realizada pelos órgãos competentes e na manutenção da segurança hídrica. Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho é elaborar um modelo conceitual que integre, geotecnologias à análise de dados estatísticos, que permita estimar a demanda hídrica em bacias hidrográficas verificando possíveis inconsistências com a disponibilidade do recurso. Além disso, espera-se identificar e monitorar usos possivelmente irregulares de água em bacias hidrográficas, proporcionando subsídios que auxiliem no planejamento de recursos hídricos em bacias com conflito declarado.

## **METODOLOGIA**

A proposta de modelo para gestão de conflitos em bacias hidrográficas e identificação de usos potencialmente irregulares de recursos hídricos, objeto deste

trabalho, foi elaborada a partir de duas etapas principais: revisão bibliográfica sobre temas correlatos e o desenvolvimento de um modelo conceitual aplicado aos objetivos propostos.

Na primeira etapa, ocorreu revisão de literatura sobre gestão de bacias hidrográficas, recursos hídricos, legislações pertinentes, sensoriamento remoto, análise de dados e inteligência geográfica. Enquanto na segunda etapa foi elaborado um modelo conceitual, detalhando a sequência metodológica a ser seguida, as fontes de dados propostas, as ferramentas a serem utilizadas, os pressupostos teóricos associados, assim como a justificativa e os resultados esperados em cada etapa do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo (FIG 1) foi concebido para utilizar a Base Hidrográfica Ottocodificada (ANA, 2015) como unidade de análise - sendo o usuário responsável por definir o nível de bacia a ser utilizado - e dividido em 4 etapas sequenciais: cálculo da demanda hídrica legal; estimativa da demanda hídrica superficial; cálculo do índice estimado de conflito pelo uso da água e identificação de usos potencialmente irregulares.

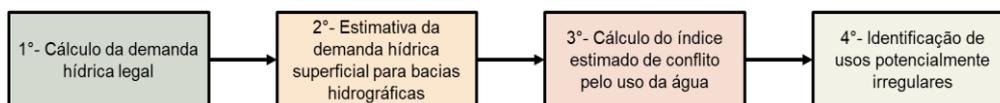


Figura 1: Fluxograma da proposta de modelo para gestão de conflitos em bacias.

### Cálculo da demanda hídrica legal

As outorgas são, em síntese, a água demandada legalmente junto ao órgão gestor responsável pela bacia hidrográfica. A primeira etapa do modelo consiste em calcular a demanda hídrica legal em uma bacia. Para isto, este modelo propõe a espacialização das outorgas - superficiais, subterrâneas e usos insignificantes - registradas na bacia estudada, assim como, a associação espacial destas aos trechos correspondentes na bacia hidrográfica. O somatório das vazões outorgadas para retirada superficial e subterrânea representará a demanda legal total para cada trecho da bacia, assim como, para a bacia como um todo (FIG 2). Tal processo tem por finalidade discriminar os valores, superficiais e subterrâneos, legalmente outorgados, servindo de insumo para a próxima etapa do modelo, a estimativa da demanda hídrica superficial. Além disso, tal dado serve de medida comparativa com aqueles estimados pelo modelo, indicando possíveis discrepâncias entre a água demandada via outorgas e as estimativas calculadas.

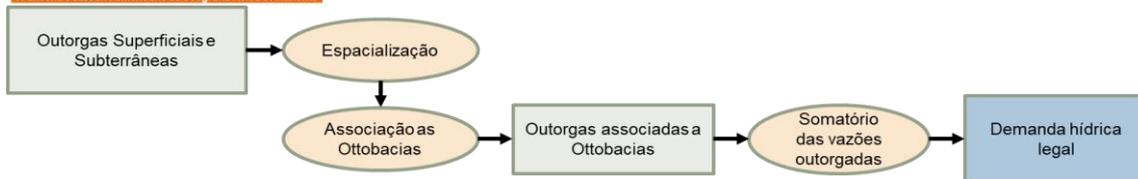


Figura 2: Etapas do cálculo da demanda hídrica legal.

### Estimativa da demanda hídrica superficial para bacias hidrográficas

A segunda etapa do modelo consiste em estimar a demanda hídrica superficial para bacias hidrográficas. Neste sentido, três fatores são essenciais: estimar a demanda hídrica da agricultura, da pecuária e para abastecimento humano de forma independente em relação às solicitações de outorga para uso da água.

O processo de estimação da demanda hídrica para a agricultura visa identificar áreas possivelmente irrigadas, já que, a irrigação corresponde ao principal consumo de água em áreas agrícolas (ANA, 2019b). Para identificar quais são as áreas potencialmente irrigadas, propõe-se a utilização da plataforma *Google Earth Engine* (GORELICK et al., 2017), com o objetivo de analisar séries temporais de imagens de satélite e através destas gerar índices normalizados de vegetação, como o *Normalized Difference Vegetation Index* (ROUSE et al., 1974), indicando vegetações saudáveis e que recebem aportes regulares de água. O resultado será uma composição, onde prevalecerão os maiores valores de pixel (FILGUEIRAS; NOBREGA; FARIAS, 2014) de todos os índices gerados para um determinado período. Neste sentido, serão identificadas as regiões com potencial elevado de consumo de água e estas serão filtradas, com base nas áreas classificadas como agrícolas, de acordo com informações tratadas e disponibilizadas pela iniciativa MapBiomas (SOUZA et al., 2020). Adicionalmente serão utilizados os dados da Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2023a) para melhor caracterizar as culturais locais. Os resultados obtidos indicarão a dimensão, em hectares, das áreas potencialmente irrigadas. Tal dado subsidiará a estimativa de demanda hídrica para agricultura (FIG 3), sendo os hectares multiplicados pela necessidade de irrigação - em litro(s) por segundo por hectare (L/s/ha) - das culturas (ANA, 2019c).

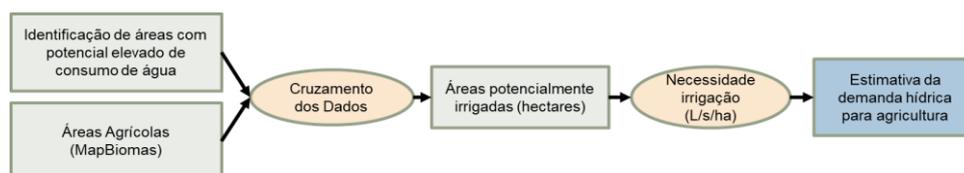


Figura 3: Etapas do Cálculo da demanda hídrica para agricultura.

Após estimar a demanda hídrica da agricultura é necessária a quantificação da demanda hídrica para a pecuária (FIG 4), ou seja, para o abastecimento animal. Para este

fim, propõe-se utilizar os coeficientes médios de consumo por tipo de rebanho (ANA, 2019b) multiplicados pelo número de rebanhos.

As informações dos rebanhos são obtidas da Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2023b), com a data base de 2022, por município. Por tratar-se de um dado municipal as estimativas de distribuição dos rebanhos necessitam ser relativizadas para refinar os dados no território da bacia. Neste sentido, através de um cruzamento de dados entre a proporção de áreas de pastagem mapeada pela iniciativa MapBiomas (SOUZA et al., 2020) e a localização de estabelecimentos agropecuários presentes no Censo 2022 (IBGE, 2023c) estima-se a localização dos rebanhos e posteriormente é calculada a demanda hídrica, em litros por dia (L/dia), para pecuária na bacia.

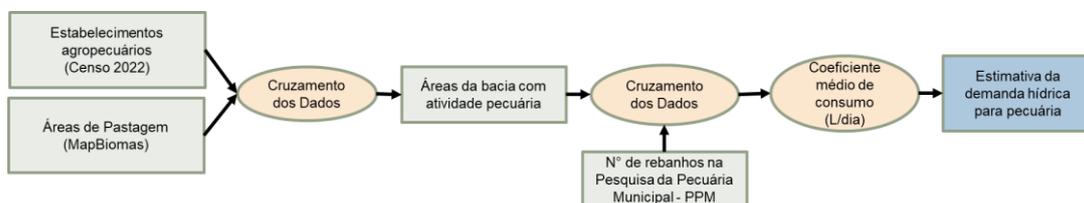


Figura 4: Etapas do Cálculo da demanda hídrica para pecuária.

A estimativa da demanda hídrica para o abastecimento humano (FIG 5) utiliza os valores de consumo médio per capita de água para área rural e urbana (L/Hab x dia) (ANA, 2019b), multiplicado pelo contingente populacional por trecho da bacia hidrográfica. O contingente populacional é obtido através da Grade Estatística (IBGE, 2015), que contém informações sobre população (rural e urbana) e o total de domicílios do último Censo Demográfico, em 2010. Para atualizar a população contabilizada na grade estatística propõe-se a utilização da taxa média geométrica de crescimento anual da população, resultado do Censo 2022 (IBGE, 2023c). A grade estatística foi escolhida no cálculo da estimativa populacional por poder ser utilizada em diversos recortes espaciais, como áreas específicas de bacias hidrográficas, permitindo agregar dados independentemente das divisões político-administrativas, o que aumenta a assertividade das análises.



Figura 5: Etapas do Cálculo da demanda hídrica para o abastecimento humano.

Com base nos cálculos anteriores é possível estimar a demanda superficial para uma bacia hidrográfica. É necessário somar as estimativas de demanda hídrica para a agricultura, pecuária e abastecimento humano, subtraindo o valor atendido por água subterrânea, proveniente do cálculo da demanda hídrica legal. Tal resultado indicará, de

maneira mais verossímil, a demanda hídrica superficial existente na bacia hidrográfica analisada.

### **Cálculo do índice estimado de conflito pelo uso da água**

A terceira etapa do modelo consiste em analisar potenciais conflitos relacionados a disponibilidade de água. Para isto é necessário utilizar a estimativa da demanda hídrica superficial, a vazão possível de ser outorgada na bacia e a vazão dos cursos d'água.

O método de identificação de conflitos na bacia hidrográfica baseou-se no Índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos criado por MOREIRA et al. (2012). Este índice quantifica se as vazões outorgadas a montante de um trecho de drenagem respeitam o limite estabelecido pela legislação. O método aqui proposto (FIG 6) segue o mesmo princípio - entretanto, considera a utilização dos valores de  $Q_{95}$ , a vazão mínima com garantia de permanência em 95% do tempo, ao invés da  $Q_{7,10}$  - calculando a razão entre a demanda de água superficial estimada e a disponibilidade hídrica na bacia analisada, sendo a disponibilidade o produto da porcentagem da vazão possível de ser outorgada na bacia multiplicada pela vazão estimada na foz do trecho analisado em litros por segundo (L/s).

$$\text{Índice Estimado de Conflito (por } \text{ottobacia)} = \frac{\text{Demanda Superficial Calculada}}{\text{Porcentagem da Vazão Possível de Ser Outorgada} \times \text{Vazão Estimada na Foz do Trecho Analisado}}$$

Figura 6: Índice estimado de conflito pelo uso da água.

Após calculado o índice estimado de conflito é possível associar espacialmente estas informações aos trechos da bacia estudada, identificando onde a relação entre demanda e disponibilidade hídrica não é sustentável e indicando locais onde pode ser necessária a intervenção do poder público, como no caso da declaração de área de conflito.

### **Identificação de usos potencialmente irregulares**

A quarta, e última, etapa do modelo é a identificação de usos possivelmente irregulares de água. A identificação de áreas onde potencialmente possa existir conflito pelo uso da água permite direcionar os esforços do usuário, sendo que, os produtos resultantes da estimativa de demanda hídrica para a agricultura - como o mapeamento de áreas com potencial elevado de consumo de água - são subsídios para uma análise acerca das outorgas, identificando possíveis irregularidades. Nesta etapa do modelo, as outorgas presentes nas áreas estimadas de conflito serão analisadas, buscando identificar incoerências com relação ao uso do solo, como por exemplo, outorgas que foram solicitadas tendo como finalidade o consumo humano e que estão presentes em áreas

mapeadas pelo modelo como irrigadas, assim como, outorgas voltadas para irrigação onde as vazões solicitadas estão aquém da dimensão, em hectares, de área irrigada. Tal processo tende a indicar usos irregulares, direcionando a atuação dos órgãos gestores.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O modelo conceitual proposto tem o potencial de auxiliar a gestão eficiente da demanda e disponibilidade de água em bacias hidrográficas, podendo ser utilizado por órgãos públicos no ordenamento e posterior intervenção territorial, assim como no planejamento e gestão ambiental. Além disso, este modelo proporciona subsídios que contribuem na eficiência da análise de outorgas, na racionalização de recursos destinados a fiscalização e no processo de gestão sustentável de recursos hídricos, estando assim, diretamente associado a instrumentos de gestão presentes na PNRH e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre os próximos passos está a implementação deste modelo, utilizando como piloto 4 bacias hidrográficas em situação de conflito pelo uso da água no estado de Minas Gerais, além da validação de dados *in loco*, assim como, a análise dos resultados alcançados, definindo limitações e potencialidades do modelo proposto.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho conta com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) (Edital N° 003/2022, processo: APQ-00261-22), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; código de financiamento 001) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## **REFERÊNCIAS**

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Base hidrográfica ottocodificada. 2. ed. Brasília: ANA, 2015. 18 p., il.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH. Brasília: ANA, 2019a. 112 p., il. ISBN 9788582100592.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Manual de usos consuntivos da água no Brasil. Brasília: ANA, 2019b. 80 p., il. ISBN 9788582100578.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Coeficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2019c.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 1997.

FILGUEIRAS, J. A. R.; NOBREGA, R.A.A.; FARIAS, S. D. A Geospatial Investigation of Irrigation Permits and Agriculture Fields in the Semi-Arid in the State of Minas Gerais, Brazil. In: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, 2014, Louisville-KY, USA. Proceedings of 2014 ASPRS Annual Conference. Bethesda, Maryland: ASPRS, 2014.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment, Big Remotely Sensed Data: tools, applications and experiences*. v. 202, p. 18–27, 1 dez. 2017.

IBGE - - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). *Grade Estatística do Censo 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). *Produção Agrícola Municipal 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a. 12 p. ISSN 0101-3963.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). *Pesquisa da Pecuária Municipal 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b. 13 p. ISSN 0101-4234.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). *Censo Demográfico 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023c.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Belo Horizonte: IGAM, 2010, 113p.

MACEDO, D.R.; LIMA, L.S. Geotecnologias e Recursos Hídricos. In: MAGALHÃES JR, A.P. & LOPES, F.W. (Org.). *Recursos Hídricos: As águas na interface sociedade e natureza*. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, Brasil, pp. 221-240. 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Decreto n. 47.705, de 04 de setembro de 2019. Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais, Belo Horizonte, 04 set. 2019.

MOREIRA, M. et al. Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 3, p. 7–15, 2012.

PEÑA, H. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*. v. 178. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. n° E75-10354. [S.l: s.n.], 1 nov. 1974.

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p. 2735, jan. 2020.