

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **MAPEAMENTO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES DO BANCO DE PROJETOS DO PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA**

*Leonardo Mitre Alvim de Castro<sup>1</sup>; Cleber Fernando de Souza<sup>2</sup>; Flora Kaori Abuno<sup>3</sup>; Carlos Ronei Bortoli<sup>4</sup>; Vinícius Montenegro<sup>5</sup>; Aída Maria Pereira Andreazza<sup>6</sup>*

**Abstract:** This paper presents a methodological proposal for mapping priority areas for the implementation of actions under the Water Security Project for the state of Minas Gerais. The development of the methodology required an initial phase of technical studies and surveys, addressing issues such as demand and water supply analyses, water balance, identification of the economic vocations of hydrographic basins, pressure factors affecting water quality, vulnerability to extreme events and their economic implications, assessment of the current state of conservation and restoration of water bodies, sanitation conditions, among others. Based on the results of the initial phase, it was possible to propose a series of technical indicators aimed at analyzing the condition of each basin and comparing them across different areas, in order to identify those with the highest priority for the implementation of actions. The proposed indicators and methodology were applied across the entire state and proved successful, considering the comparison among hydrographic basins and the identification of those with the most critical issues and the greatest need for urgent water security actions related to the study themes. As a result, specific actions were proposed to address the problems in each region of the state, according to the severity and priority of the identified issues within the context of the mapping. Furthermore, the methodology can be reapplied in the future, enabling the monitoring of the results and impacts of the actions effectively implemented.

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para o mapeamento de áreas prioritárias para a implementação de ações do Banco de Projetos de Segurança Hídrica para o estado de Minas Gerais. Para o desenvolvimento da metodologia, foi necessária uma etapa inicial de estudos técnicos e levantamentos, envolvendo questões como análises de demandas, ofertas hídricas, balanço hídrico, identificação de vocações econômicas das bacias hidrográficas, fatores de pressão para a qualidade das águas, vulnerabilidade a eventos extremos e suas implicações econômicas, avaliação da condição atual de conservação e restauração dos corpos hídricos, situação do saneamento, dentre outras. A partir dos resultados da etapa inicial, foi possível propor uma série de indicadores técnicos voltados à análise da condição de cada bacia e sua comparação com diferentes áreas, de forma a permitir a indicação daquelas com prioridade em termos de segurança hídrica. Os indicadores e a metodologia proposta foram aplicados para todo o estado e demonstraram sucesso, considerando a identificação daquelas com maiores problemas e necessidade de ações mais prementes de segurança hídrica. Assim, ao final dos estudos, foi possível propor ações específicas para a solução de problemas para cada região do estado em função da criticidade e prioridade identificada no contexto do mapeamento realizado. Destaca-se que a metodologia pode ser reaplicada em momentos futuros, de forma a possibilitar o monitoramento dos resultados e impactos das ações efetivamente implementadas.

**Palavras-Chave** – Indicadores; Mapeamento de Áreas Prioritárias; Segurança Hídrica.

1) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [leonardo.mitre@engecorps.com.br](mailto:leonardo.mitre@engecorps.com.br).

2) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [cleber.souza@engecorps.com.br](mailto:cleber.souza@engecorps.com.br).

3) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [flora.abuno@engecorps.com.br](mailto:flora.abuno@engecorps.com.br).

4) PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA [carlos@profill.com.br](mailto:carlos@profill.com.br)

5) PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA. [vinicius.montenegro@profill.com.br](mailto:vinicius.montenegro@profill.com.br)

6) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [aida.andreazza@engecorps.com.br](mailto:aida.andreazza@engecorps.com.br)

## INTRODUÇÃO

A partir do desenvolvimento do Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH (ANA, 2019), essa temática vem ganhando força no país, como uma forma de planejamento estratégico da infraestrutura hídrica. A segurança hídrica é uma condição indispensável para o desenvolvimento social e econômico, especialmente em função de impactos hidrológicos extremos que vêm sendo percebidos cada vez com maior frequência e intensidade.

O PNSH utiliza o conceito da Organização das Nações Unidas em que a Segurança Hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias (ANA, 2019).

No estado de Minas Gerais, o conceito de segurança hídrica envolve a integração de aspectos voltados à conservação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, produção sustentável e uso racional dos recursos hídricos e saneamento, controle da poluição e obras hídricas, o que vem sendo utilizado para o desenvolvimento do Plano Mineiro de Segurança Hídrica – PMSH. Segundo definido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, os estudos do PMSH vêm sendo desenvolvidos seguindo três etapas, sendo a primeira correspondente ao Diagnóstico de situação dos recursos hídricos no estado, a segunda de Mapeamento de Áreas Prioritárias para a Segurança Hídrica e a terceira tratando do Banco de Projetos.

A primeira etapa (Diagnóstico) se assemelha ao início do processo de planejamento de recursos hídricos e a terceira etapa (Banco de Projetos) também pode ser entendida como semelhante ao usual Plano de Ações, mas com as devidas especificidades relacionadas à Segurança Hídrica do estado. No entanto, o que torna inovadora a presente análise trata da segunda etapa, que não encontra semelhança em nenhum outro estudo de planejamento de recursos hídricos ou de segurança hídrica no País, o que se refere à metodologia de mapeamento de áreas prioritárias para segurança hídrica.

Para a definição da metodologia de mapeamento de áreas críticas para segurança hídrica, foram avaliados diversos índices ou conjuntos de indicadores já utilizados para recursos hídricos, podendo ser citados o Índice de Segurança Hídrica – ISH aplicado para o PNSH (ANA, 2019), o Indicador de Estresse Hídrico (Falkenmark et al., 1989), o Índice de Pobreza da Água (Rijsberman, 2004), o estudo desenvolvido pela Comunidade Europeia para padronizar a caracterização da condição de bacias hidrográficas mediterrâneas (WATERinCORE, 2013).

De forma complementar, foram avaliados estudos que sistematizaram indicadores ou propuseram conjuntos de indicadores para recursos hídricos, como é o caso de Smith (2004) que fez um resumo de indicadores aplicados em recursos hídricos por algumas entidades ou eventos que discutiram o tema e Campos et al. (2014), que propuseram uma metodologia para avaliar a sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas. Outro estudo de relevância considerado na análise e que pode ser citado foi o de Bertule et al. (2017), que sistematizaram mais de 1600 indicadores, propondo uma ferramenta denominada de *Water Indicator Builder*.

No entanto, apesar de terem sido identificados e avaliados vários estudos voltados à proposição ou sistematização de indicadores, não foi identificado nenhum que apresentasse a completude adequada de aspectos avaliados para o presente processo, envolvendo questões de balanço hídrico, mas também de gestão de recursos hídricos, conservação, revitalização, eventos críticos e outros aspectos específicos previstos no PMSH e que levasse a informações disponíveis e de forma espacializada para todo o estado de Minas Gerais. Assim, foram necessárias adaptações e proposições específicas voltadas à metodologia inovadora considerada no presente estudo para o mapeamento de áreas prioritárias para segurança hídrica no estado.

## OBJETIVO

Apresentar uma proposta de metodologia para o mapeamento e identificação de áreas prioritárias para o desenvolvimento de ações de segurança hídrica para o estado de Minas Gerais com o uso de indicadores e ferramentas de análise multicritério, de forma a integrar vários aspectos relacionados à segurança hídrica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a aplicação da análise de priorização de áreas, definiu-se primeiramente a escala espacial da análise. Considerando a abrangência a nível estadual do estudo, a análise em uma escala local (no caso, na base hidrográfica multiescalas – BHO Multiescalas) não seria adequada, uma vez que geraria um número excessivo de unidades de análise; por outro lado, uma análise a nível de Unidades Estratégicas de Gestão (UEGs) ou de Circunscrições Hidrográficas (CHs) seria demasiadamente ampla, já adotada nos Planos Diretores de Recursos Hídricos (PDRHs) de Minas Gerais.

Assim, partiu-se da base hidrográfica em seu nível 5 e foi feita agregação de áreas de modo a sempre considerar os limites das bacias hidrográficas, tomando-se o cuidado para não agregar ottobacias que estivessem em bacias hidrográficas diferentes. Dessa forma, o estado de Minas Gerais ficou subdividido em 186 áreas de análise, que foram denominadas de “unidades agregadas” (UAs).

Na sequência, foram definidos os objetos de análise, que consistiram nos três eixos temáticos estabelecidos no Programa Estratégico de Segurança Hídrica e Revitalização de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais – Somos Todos Água. Para cada eixo, foram definidas componentes de interesse para se melhorar a segurança hídrica no estado de Minas Gerais, totalizando sete temáticas:

- Eixo 1: Conservação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos relacionados à água;
  - Componente 1.1 – Mapeamento de Áreas prioritárias para Conservação
  - Componente 1.2 – Mapeamento de Áreas prioritárias para Restauração
- Eixo 2: Produção sustentável e uso racional dos recursos hídricos;
  - Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais
  - Componente 2.2 – Garantia de Suprimento por Fontes Subterrâneas
- Eixo 3: Saneamento, controle da poluição e obras hídricas.
  - Componente 3.1 – Abastecimento de Água
  - Componente 3.2 – Esgotamento Sanitário
  - Componente 3.3 – Eventos Extremos de Cheias

Após esta etapa, iniciou-se a seleção dos critérios de análise para cada componente, que consistiram em um rol de aspectos técnicos que levaram em conta os pontos mais relevantes e relacionados com o incremento da segurança hídrica para cada uma delas, e as informações levantadas na etapa de Diagnósticos do PMSH. Os critérios foram discutidos com o IGAM, e validados em oficinas de participação pública e com o Comitê Gestor formado por cerca de 25 profissionais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SISEMA.

A análise de priorização de cada temática considerou um indicador que levou a um Critério Principal, contendo os principais aspectos afetos ao objeto de análise. Para cada aspecto, foram associadas notas numéricas, que foram estabelecidas de forma compatível com a informação trabalhada. Ao final da aplicação do critério principal, gerou-se uma classificação primária a partir das notas obtidas em cada aspecto que, por sua vez, também foram classificadas em faixa de

prioridades (variável conforme o objeto de análise). Essa classificação definiu o ponto de partida e a tendência de prioridade para cada unidade agregada.

A partir deste resultado, foram aplicados, ainda, outros critérios na análise, tidos como de refinamento, com o objetivo de se ajustar o nível de prioridade para cada UA com base na existência ou não de instrumentos de gestão e/ou dispositivos basilares para se elaborar as soluções específicas de cada temática analisada. Deste ponto em diante, as UAs foram classificadas segundo níveis, numa escala de 1 a 10, sendo 1 o nível mais prioritário e 10 o nível com menor prioridade, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Escala de prioridade adotada na análise



Assim, se em um determinado critério diz-se que a área “sobe um nível”, significa que sua prioridade diminui, bem como onde se diz “desce um nível”, a prioridade aumenta. Para cada análise, as áreas sofreram alterações nas priorizações até chegar ao último critério, cujo resultado representa a classificação final em termos de priorização da área para a aplicação das ações de incremento da segurança hídrica.

Cabe reforçar que para cada componente foi desenvolvido o rol de critérios, bem como a aplicação da metodologia de priorização, resultando em um nível de prioridade para cada UA, em cada componente considerada. Porém, até mesmo por conta do limite de páginas deste artigo, optou-se por apresentar detalhadamente a composição e os resultados para a Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais. Deste modo, apresenta-se na sequência o rol de critérios considerados para a análise, bem como seus resultados obtidos no Capítulo seguinte.

No que se refere à definição de pesos entre os diferentes critérios e indicadores, foi realizada proposta técnica preliminar, discutida e refinada com base em resultados de oficinas de participação pública e, posteriormente, revisada pelo Comitê Gestor formado por membros do SISEMA.

### Critérios primários para a priorização de áreas na Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais

- **Critério 1 – Comprometimento Hídrico:** o critério principal adotado para esta análise foi o comprometimento hídrico, dada sua importância em traduzir a situação das bacias em termos de criticidade hídrica, de forma a mostrar diretamente as áreas onde a disponibilidade hídrica é insuficiente para atender às demandas pelos recursos hídricos. O Quadro 1 apresenta os pesos considerados para cada grau de comprometimento, que foi calculado na escala de microbacias da base hidrográfica multiescalas e dividido em cinco níveis, conforme apresentado no quadro.

Quadro 1 – Índices para avaliação da Condição de Comprometimento Hídrico das Sub-Bacias

<i>Comprometimento Q<sub>7,10</sub></i>	<i>Condição da bacia e ações de gestão indicadas</i>
≤ 15%	Boa condição de disponibilidade; pouca atividade de gerenciamento é necessária e a água é considerada um bem livre, que pode ser captada por qualquer empreendimento sem maiores consequências;
15,01 a 30%	Situação potencialmente preocupante, devendo ser desenvolvidas ações de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;

<i>Comprometimento</i> <i>Q<sub>7,10</sub></i>	<i>Condição da bacia e ações de gestão indicadas</i>
<b>30,01 a 50%</b>	Situação preocupante; a atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
<b>50,01% a 100%</b>	Situação crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
<b>&gt; 100%</b>	Situação muito crítica, em que atividades de gerenciamento e de investimentos e realocação de demandas são necessárias de forma urgente.

Fonte: Elaboração própria.

Para efeito de classificação das UAs nas faixas de prioridade, fez-se necessária a adoção de um subprocesso para cálculo da pontuação, que consistiu na somatória dos produtos das áreas de cada intervalo de comprometimento hídrico com os respectivos pesos. Os pesos adotados para este cruzamento são mostrados no Quadro 2, tendo sido definidos conforme metodologia anteriormente exposta, com a participação de membros do Comitê Gestor.

Quadro 2 – Pesos atribuídos a cada intervalo de comprometimento hídrico superficial

<b>Intervalo de comprometimento hídrico</b>	<b>Peso atribuído</b>
$\leq 15\%$	1
15,01 a 30%	3
30,01 a 50%	5
50,01% a 100%	8
> 100%	10

Fonte: Elaboração própria.

As faixas de prioridade adotadas, com base nas pontuações obtidas para cada UA foram:

- Faixa 1: UAs cuja pontuação é menor ou igual a 1,05. Níveis de prioridade 1 ou 2;
- Faixa 2: UAs cuja pontuação é maior que 1,05 e menor ou igual a 1,10. Corresponde aos níveis de prioridade 3 ou 4;
- Faixa 3: UAs cuja pontuação é maior que 1,10 e menor ou igual a 1,50. Corresponde aos níveis de prioridade 5 ou 6;
- Faixa 4: UAs cuja pontuação é maior que 1,50 e menor ou igual a 2,10. Corresponde aos níveis de prioridade 7 ou 8;
- Faixa 5: UAs cuja pontuação é maior que 2,10. Corresponde aos níveis de prioridade 9 ou 10.

Assim, ao final da aplicação do Critério 1, as UAs foram classificadas em uma das faixas, e refinadas a partir dos demais critérios:

- **Critério 2 – Existência de Declaração de Área de Conflito (DAC):** o segundo critério abordou a temática da Declaração de Áreas de Conflito (DAC). Ele foi adotado por refletir, também de forma direta, regiões do estado onde atualmente já há conflitos pelo uso da água e que necessitam ações para resolução de tais problemas. A resposta da análise é binária para cada unidade agregada, sendo que a existência de DAC classificou a unidade agregada no nível mais baixo (mais prioritário) da faixa na qual ela fora enquadrada no critério 1.
- **Critério 3 – Demandas totais por águas superficiais:** o terceiro critério referiu-se à demanda total por águas superficiais na unidade agregada, considerando o somatório das demandas das bases de outorgas. Para determinação das faixas de vazão, foram calculados os tercis do conjunto de demandas totais das unidades agregadas:
  - Vazão total  $\leq 0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ : sobe um nível (diminui a prioridade);
  - $0,96 \text{ m}^3/\text{s} < \text{vazão total} \leq 3,86 \text{ m}^3/\text{s}$ : mantém o nível de prioridade;
  - Vazão total  $> 3,86 \text{ m}^3/\text{s}$ : desce um nível (aumenta a prioridade).

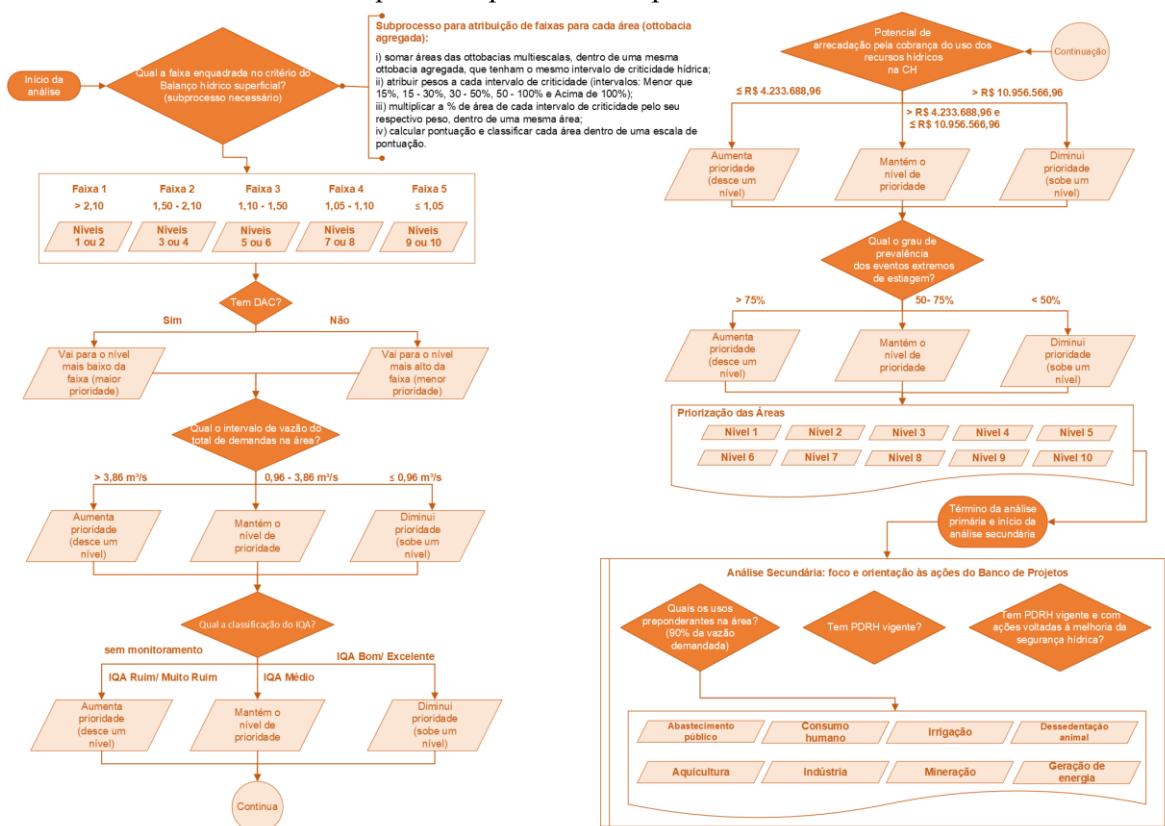
- **Critério 4 – Índice de Qualidade das Águas (IQA):** este critério avaliou as classificações de IQA de cada unidade agregada, seguindo a mesma estabelecida pelo IGAM em seus relatórios de qualidade das águas e são divididas em cinco categorias, a saber:
  - Excelente (IQA acima de 90);
  - Bom (IQA entre 70 e 90);
  - Médio (IQA entre 50 e 70);
  - Ruim (IQA entre 25 e 50); e
  - Muito Ruim (IQA abaixo de 25).

Para se obter um valor único por UA, calculou-se a média do IQA para cada estação, no ano mais recente da base disponibilizada pelo IGAM (ano base 2022). Em seguida, foi escolhido o ponto com a pior classificação (mais crítica) dentre todos os pontos contidos na mesma unidade agregada. As UAs foram alocadas nos níveis de prioridade, da seguinte maneira:

- IQA excelente ou bom: sobe um nível (diminui a prioridade);
  - IQA médio: mantém o nível de prioridade;
  - IQA ruim ou muito ruim, ou unidades sem ponto de monitoramento de qualidade: desce um nível (aumenta a prioridade).
- **Critério 5 – Potencial de arrecadação pela cobrança do uso dos recursos hídricos na CH:** foi feita uma análise com relação ao potencial de arrecadação da CH cuja UA está inserida, com base nas estimativas feitas pelo IGAM, que consideraram o período de 2023 a 2026. Com os valores obtidos, foi feita a somatória dos montantes de todos os anos estimados e calculados os tercis. Cada unidade agregada foi classificada conforme os intervalos de montantes de arrecadação estimados:
    - valor estimado menor ou igual a R\$ 4.233.688,96: aumenta a prioridade da unidade (desce um nível);
    - valor estimado entre R\$ 4.233.688,96 e R\$ 10.956.566,96: mantém-se o nível de prioridade;
    - valor estimado acima de R\$ 10.956.566,96: diminui a prioridade da unidade (sobe um nível).
  - **Critério 6 – Grau de prevalência de eventos extremos de estiagem:** este critério tomou por base o mapeamento dos eventos extremos, que foi desenvolvido na etapa de Diagnóstico do PMSH e é composto por faixas de ocorrência de eventos extremos, tanto de estiagem como de cheias. Para efeito da presente análise, as faixas consideradas e respectivas classificações em níveis seguiram a seguinte lógica:
    - Menos de 50% dos eventos extremos sendo de estiagem: sobe um nível (diminui a prioridade);
    - Entre 50 e 90% dos eventos extremos sendo de estiagem: mantém o nível de prioridade
    - Mais de 90% dos eventos extremos sendo de estiagem: desce um nível (aumenta a prioridade).

Assim, o resultado obtido ao final do Critério 6 definiu o nível de prioridade para cada UA na análise primária, podendo variar de 1 a 10. Além dessa análise, foi realizada também uma análise secundária, cujo objetivo foi o de identificar os principais setores usuários de cada UA, levando em consideração os usos preponderantes na bacia (com a agregação das demandas correspondentes a 90% ou mais da demanda total da bacia); a existência ou não de PDRHs na bacia cuja UA está inserida, e nos casos em que o PDRH existir, se há ações voltadas à segurança hídrica. A Figura 2 apresenta o fluxograma de processos para as análises de priorização de áreas na Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais.

Figura 2 – Fluxograma de processo para a análise de priorização de áreas da Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais

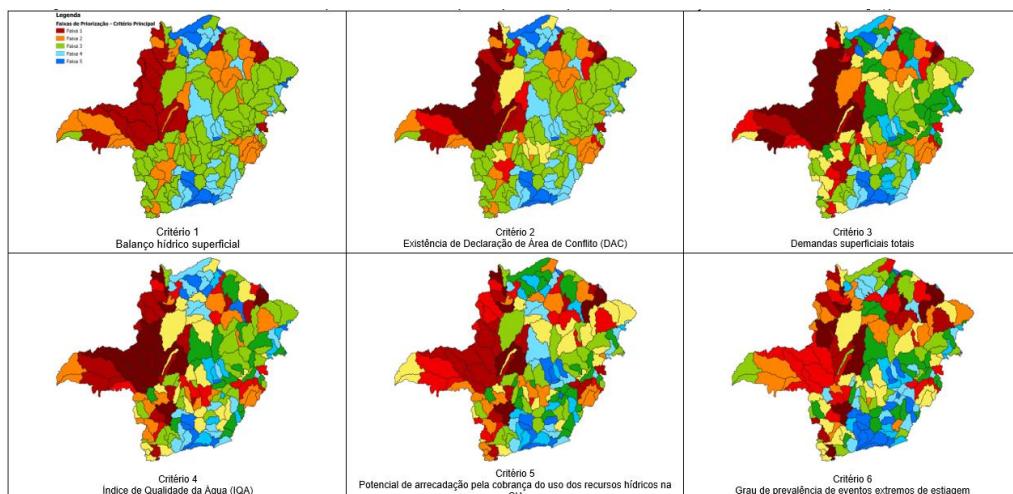


Fonte: Elaboração própria.

## RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA

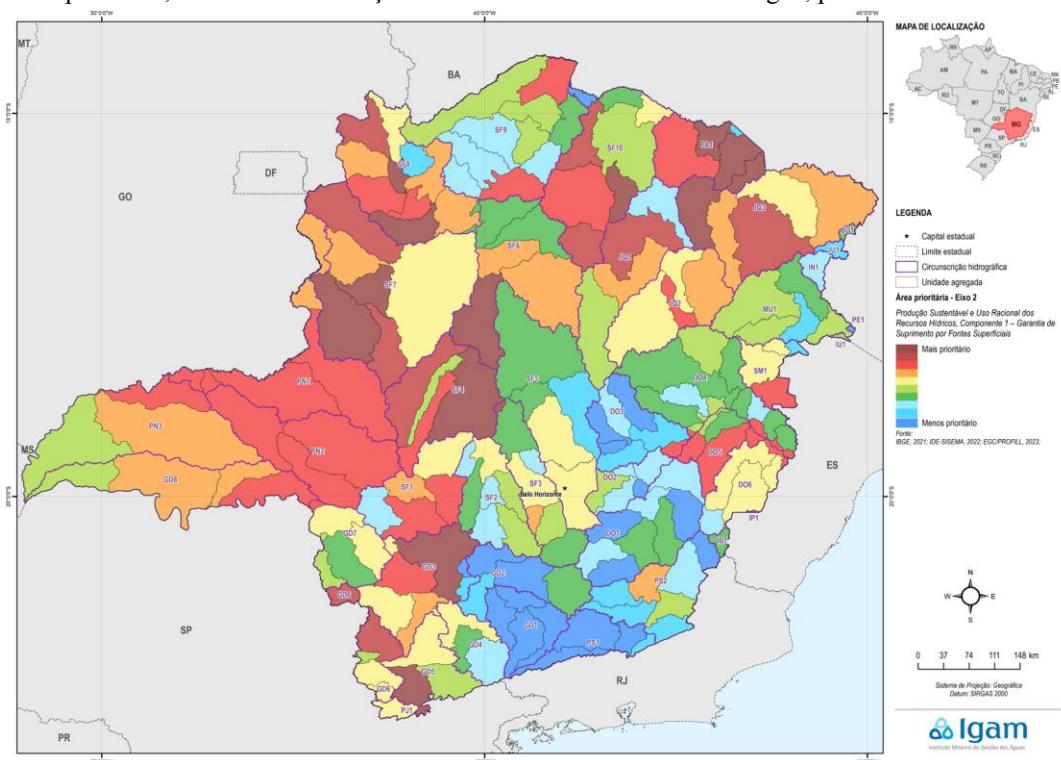
A Figura 3 apresenta a variação dos resultados da análise critério a critério, enquanto a Figura 4 apresenta o resultado espacializado para todo o estado de Minas Gerais.

Figura 3 - Resultados critério a critério da análise da Componente 2.1 – Garantia de Suprimento por Fontes Superficiais, do Eixo 2 – Produção Sustentável e Uso Racional da Água, para o estado de MG



Fonte: Elaboração própria.

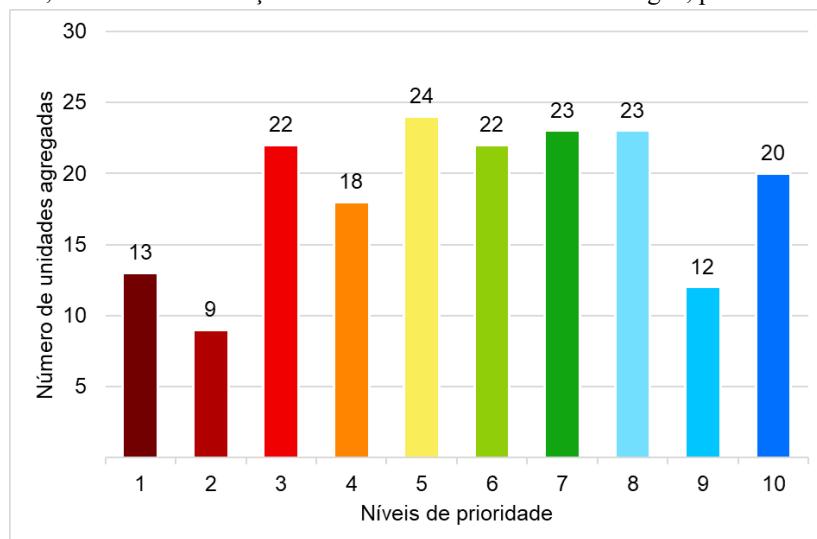
Figura 4 – Resultado espacializado da análise primária da Componente 2.1 – Garantia de suprimento por Fontes Superficiais, do Eixo 2 – Produção Sustentável e Uso Racional da Água, para o estado de MG



Fonte: Elaboração própria.

Além dos resultados espacializados, a Figura 5 apresenta a distribuição numérica das UAs nos dez níveis de prioridade estabelecidos pela metodologia.

Figura 5 – Distribuição das UAs nos níveis de prioridade para a Componente 2.1 – Garantia de suprimento por Fontes Superficiais, do Eixo 2 – Produção Sustentável e Uso Racional da Água, para o estado de MG



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados permitem inferir que:

- A distribuição entre os níveis de prioridade é uniforme, portanto, mais afastada de uma distribuição normal, não havendo um nível de prioridade se sobressaindo em termos de

quantidade de unidades. De qualquer maneira, os níveis 5, 7, 8, 3 e 6 são os que apresentam o maior número de unidades e juntos concentram 114 das 186 unidades do estado (61,3%);

- Os níveis de maior prioridade (níveis 1 a 4) representam 33,3% das unidades agregadas;
- As CHs SF1, SF4, SF6, SF7, SF8, SF10, GD3, GD8, DO4, DO5, DO6, JQ1, JQ2, JQ3, PA1, PN1, PN2 e PN3 reúnem a maior quantidade de unidades agregadas nos níveis mais altos de prioridade, localizadas nas regiões do Alto Paranaíba, Noroeste e Norte de Minas, Triângulo Mineiro, Central Mineira, Vale do Rio Doce e Jequitinhonha/Mucuri;
- De uma maneira geral, nas CHs SF4, SF6, SF7, SF8, SF10, GD3, GD8, DO4, DO5, DO6, JQ1, PA1, PN1, PN2 e PN3, as unidades agregadas com maiores índices de prioridade já partem do Critério Principal em faixas de alta prioridade, mantendo-se em níveis altos ao longo de todos os critérios de refinamento;
- As regiões que concentram a maior quantidade de unidades agregadas em níveis baixos de prioridade são as das CHs SF9, GD1, GD2, GD4, GD5, DO1, DO2, DO3, PS1 e PS2, nas mesorregiões do Sul de Minas, Vale do Rio Doce e Zona da Mata.

## CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo apresentar uma proposta de metodologia inovadora para o estabelecimento de áreas prioritárias para o desenvolvimento de ações de segurança hídrica para o estado de Minas Gerais. Para isso, foi realizada uma extensa análise bibliográfica inicial, de forma a buscar outros estudos de segurança hídrica ou mapeamentos de áreas prioritárias. A análise inicial mostrou se tratar de tema inovador, inclusive pelo fato dos planos de segurança hídrica serem relativamente recentes no País.

A primeira conclusão identificada foi que a aplicação da metodologia proposta se mostrou de grande eficiência para a análise e indicação de áreas críticas e com a distribuição em diferentes graus de prioridade para a implementação de ações de segurança hídrica no estado de Minas Gerais. Nesse sentido, o mapeamento realizado foi válido para a ligação entre a etapa inicial de trabalho em que foram realizados estudos e levantamentos técnicos (Diagnóstico) e a etapa final do trabalho que trata do Banco de Projetos (Proposição de Ações e Estratégia de Implementação).

Para a verificação da eficiência dos resultados da aplicação da metodologia, seus resultados foram discutidos em oficinas de participação social e, posteriormente, seguiram várias reuniões e discussões para refinamentos em conjunto com o Comitê Gestor com especialistas do SISEMA.

Como exposto anteriormente, o conceito de segurança hídrica no estado de Minas Gerais envolveu três eixos voltados a: conservação e restauração da biodiversidade; produção sustentável e uso racional; e saneamento, controle da poluição e obras hídricas. A metodologia foi desenvolvida de forma específica para cada eixo e componente, com priorização específica para cada temática. Devido ao curto espaço disponível para apresentação neste artigo, foi apresentada apenas uma das metodologias, mas o trabalho completo encontra-se disponível para acesso em IGAM (2025).

Uma das conclusões verificadas trata da possibilidade de replicar a metodologia para outras análises de segurança hídrica, considerando as temáticas de estudo. Assim, os indicadores propostos e a forma de aplicação por meio de um fluxograma de processo iniciando com um critério principal básico, seguindo para outros critérios secundários que fazem a classificação em 10 graus de prioridade se mostraram eficientes para distinguir diferentes áreas do estado em termos de condições para o direcionamento de ações de segurança hídrica.

Outra conclusão relevante trata da importância de que as informações e dados básicos utilizados para análise tenham a maior acurácia possível e sejam desenvolvidos de forma específica para a região de estudo. Nesse caso, é importante que o processo de cálculo dos indicadores seja antecedido por

uma etapa de estudos e levantamentos que identifique os melhores dados básicos e desenvolva os cálculos e análises necessários para a obtenção das informações relacionadas ao mapeamento.

Destaca-se, ainda, em relação à metodologia proposta, a conclusão da possibilidade de aplicação e apresentação dos resultados de forma espacial. Esse é um ponto de grande interesse, considerando permitir identificar regiões do estado com maior tendência de problemas ou criticidade em relação a cada temática avaliada. Assim, é possível desenvolver análises espaciais indicando o foco para cada região, de forma que as ações de Planejamento Estratégico do Governo do Estado não sejam prejudicadas por questões relacionadas à insegurança hídrica.

Por fim, quanto às principais conclusões identificadas, é possível ressaltar a possibilidade de sua aplicação em momentos futuros de reanálise da condição do estado, como uma forma de monitoramento dos resultados ou impactos das ações implementadas. Assim, quando da revisão do PMSH como um todo ou, minimamente, de seu Banco de Projetos, é possível aplicar novamente a mesma metodologia e verificar se as ações desenvolvidas para as áreas prioritárias levaram a resultados adequados fazendo com que elas melhorassem sua condição de segurança hídrica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores ressaltam que os resultados completos do presente trabalho se encontram no documento de Mapeamento de Áreas Prioritárias do Plano Mineiro de Segurança Hídrica e agradecem ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM pelas importantes discussões técnicas realizadas, bem como pela autorização para elaboração e publicação deste documento. Agradecem também às empresas ENGECORPS e PROFILL, pelo incentivo e apoio aos autores na elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH. Relatório Consolidado. Disponível em <https://pnsh.ana.gov.br/home>. 2019.

Bertule, M., Bjørnson, P.K., Costanzo, S.D., Escurra, J., Freeman, S., Gallagher, L., Kelsey, R.H. & Vollmer, D. Using indicators for improved water resources management - guide for basin managers and practitioners. 82 pp. ISBN 978-87-90634-05-6. 2017.

Campos, M. V. C. V.; Ribeiro, M. M. R. & Vieira, Z. M. C. L. A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.2 –Abr/Jun 2014, 209-222. 2014.

Falkenmark, M.; Lundquist, J.; Widstrand, C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development. Natural Resources Forum 13 (4). P 258-267. 1989.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Produto 3 – Mapeamento das áreas prioritárias para segurança hídrica. Disponível em <https://pmsh.com.br/#downloads>. 2025.

Rijsberman, F. R. Water Scarcity: fact or fiction? In: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress. 2004.

Smith, E. T. Water Resources Criteria and Indicators. Universities Council on Water Resources. Water Resources Update. Issue 127, pp. 59-67. 2004.

WATERinCORE. Sustainable Water Management through Common Responsibility enhancement in Mediterranean River Basins. 2013.