

Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas

Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

PROFÁGUA

Mayara Milaneze Altoé Bastos

**Mapeamento de vulnerabilidades e oportunidades para ampliação da
segurança hídrica nas bacias hidrográficas de Minas Gerais**

Itabira - Minas Gerais

2023

Mayara Milaneze Altoé Bastos

**Mapeamento de vulnerabilidades e oportunidades para ampliação da segurança
hídrica nas bacias hidrográficas de Minas Gerais**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Linha de pesquisa: Ferramentas aplicadas aos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Aprovada em 19 de abril de 2023.

Orientador: Prof. Dr. Roberto César de Almeida Monte-Mor
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo de Aguiar do Couto
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Prof.^a Dr.^a. Eliane Prado Cunha Costa dos Santos
Universidade Federal de São João Del-rei – UFSJ

Itabira - Minas Gerais

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, especialmente o Thiago Lubiana Nali, pelo carinho, incentivo e pela compreensão nas horas de ausência.

Aos meus amigos da Arsae-MG, em especial o Otávio Hamdan, pelas contribuições que enriqueceram este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto César de Almeida Monte-Mor, pela confiança durante a orientação e pelos ensinamentos.

Aos meus examinadores, Prof. Dr. Eduardo de Aguiar do Couto e Prof.^a Dr.^a. Eliane Santos, por todas as contribuições e pela disponibilidade em me avaliar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

RESUMO

BASTOS, Mayara Milaneze Altoé. Mapeamento de vulnerabilidades e oportunidades para ampliação da segurança hídrica nas bacias hidrográficas de Minas Gerais. 2023. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2023.

O cenário de crise hídrica enfrentado por diversas regiões brasileiras nos últimos anos, incluindo Minas Gerais, impõe a urgência de ações direcionadas à segurança hídrica, movimento que deve abranger, dentre outros aspectos, a universalização dos serviços de saneamento básico e a gestão das águas pelos múltiplos atores envolvidos, incluindo a implementação dos instrumentos preconizados pela Política Nacional de Recursos Hídricos - instituída pela Lei nº 9.433/97. Sabe-se que melhorias concretas no saneamento favorecem diretamente a gestão das águas, destaque para os eixos de esgotamento sanitário e abastecimento de água. Em termos dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, reduz-se a proporção da bacia hidrográfica exposta à poluição por esgoto doméstico, já no eixo de abastecimento de água, a gestão de perdas favorece a disponibilidade de água nos mananciais. A importância da interlocução entre esses setores tornou-se mais evidente a partir da atualização do novo marco do saneamento básico, Lei Federal nº 14.026/2020, quando a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) ampliou seu escopo de atuação. Diante do exposto e considerando a abrangência do Estado de Minas Gerais, que com seus 853 municípios acolhe contextos diversos no que se refere à governança dos territórios urbano e rural, este estudo propõe identificar áreas críticas em termos de gestão de recursos hídricos e saneamento básico, considerando a realidade das 36 Circunscrições Hidrográficas (CHs) de Minas Gerais, a fim de discutir as vulnerabilidades e oportunidades para ampliar a segurança hídrica no Estado. Foram analisados, para o ano de 2020, cinco indicadores no contexto das CHs (i) Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos - IGRH; (ii) Índice de Coleta de Esgoto - ICE; (iii) Índice de Tratamento de Esgoto Sanitário - ITE; (iv) Índice de Qualidade da Água Bruta - IQA; e (v) Índice de Perdas de Água por Ligação - IPL. Os dados para esta pesquisa foram coletados no Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Tem-se como prerrogativa fundamental a compreensão das realidades no contexto de bacias hidrográficas para, assim, verificar áreas prioritárias e incentivar políticas públicas por parte, por exemplo, de integrantes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dos atores do setor de saneamento. Como produto final deste trabalho tem-se os Mapas de Vulnerabilidades e Oportunidades para subsidiar a tomada de decisão em busca do aumento da segurança hídrica em Minas Gerais, principalmente no sentido de ampliar a oferta de água. Pela metodologia adotada, no que se refere ao IGRH foram alocadas no cenário de alerta 15 CHs; no cenário moderado 05; e no cenário favorável 16. No caso do ICE e do ITE, 17 CHs foram alocadas no cenário de alerta; 09 no cenário moderado; e 10 no cenário favorável. Para o IQA percebeu-se que o principal resultado nos pontos de coleta é o índice médio, sendo observados também locais com qualidade ruim e boa, no entanto não se observou pontos de coleta com resultado muito ruim. Para o IPL, 07 CHs foram alocadas no cenário de alerta; 12 no cenário moderado; e 17 no cenário favorável.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas. Segurança hídrica. Oferta Hídrica. Indicadores.

ABSTRACT

BASTOS, Mayara Milaneze Altoé. **Mapping of vulnerabilities and opportunities to enhance water security in the watersheds of Minas Gerais**. 2023. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Itabira, Minas Gerais, 2023.

The water crisis scenario faced by several Brazilian regions in recent years, including Minas Gerais, imposes the urgency of water security actions, a movement that must include, among other aspects, the universalization of water and sanitation services and water management by the multiple actors involved, including the implementation of instruments recommended by the National Water Resources Policy - instituted by Law nº. 9.433/97. Concrete improvements in sanitation directly favor water management, especially sanitary sewage and water supply. In terms of sewage collection and treatment services, the proportion of the watershed exposed to pollution by domestic sewage is reduced, in relation to water supply, loss management favors the availability of water in springs. The importance of the dialogue between these sectors became more evident after the update of the regulatory framework for basic sanitation, Federal Law nº 14.026/2020, when the National Water and Sanitation Agency (ANA) expanded its scope. Given that and considering the Minas Gerais area of influence, which with its 853 municipalities welcomes different contexts of urban and rural territories governance, this study proposes to identify critical areas in terms of water resources management and sanitation, considering the reality of the 36 Hydrographic Circumscriptions (HCs) of Minas Gerais, to discuss vulnerabilities and opportunities to increase water security in the State. For 2022 five indicators were analyzed in the context of Hydrographic Circumscriptions: (i) Water Resources Management Instruments Implementation Index (WRMI); (ii) Sanitary Sewage Collection Index (SCI); (iii) Sanitary Sewage Treatment Index (STI); (iv) Water Quality Index (WQI); and (v) Water Loss per Connection Index (LCI). Data for this research were collected at the Minas Gerais Water Management Institute and at the National Sanitation Information System. The fundamental prerogative is understand the hydrographic basins realities, in order to verify priority areas and encourage public policies by, for example, members of the State Water Resources Management System and actors in the sanitation sector. The product of this study are Vulnerabilities and Opportunities Maps to support decision-making to increase water security in Minas Gerais, mainly to enlarge the water supply. According to the methodology adopted, for WRMI 15 HCs were allocated in the alert scenario; in moderate scenario 05; and in the favorable scenario 16. In the case of SCI and STI, 17 HCs were allocated in the alert scenario; 09 in the moderate scenario; and 10 in the favorable scenario. For WQI it was noticed that the main result in the collection points is the average index, being also observed places with bad and good quality, however it was not observed collection points with very bad result. For LCI, 07 HCs were allocated in the alert scenario; 12 in the moderate scenario; and 17 in the favorable scenario.

Keywords: River Basin. Water Security. Water Supply. Indicators.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Cenário de segurança hídrica do Brasil em 2035. | 17 |
| Figura 2 - Segurança hídrica global no contexto dos objetivos de desenvolvimento sustentável. | 18 |
| Figura 3 - Índice de Suporte à Gestão de Minas Gerais para 2020. | 31 |
| Figura 4 - Caminhos dos esgotos gerados no Estado de Minas Gerais. | 38 |
| Figura 5 - Fluxograma de atividades desta pesquisa. | 41 |
| Figura 6 - Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais. | 42 |
| Figura 7 - Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. | 43 |
| Figura 8 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Coleta de Esgoto. | 57 |
| Figura 9 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Tratamento de Esgoto. | 58 |
| Figura 10 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Perdas por Ligação. | 58 |
| Figura 11 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH) - Cenário 2020. | 65 |
| Figura 12 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Coleta de Esgoto - Cenário 2020. | 71 |
| Figura 13 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Tratamento de Esgoto - Cenário 2020. | 75 |
| Figura 14 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice Composto ICE e ITE - Cenário 2020. | 81 |
| Figura 15 - Índice de Qualidade da Água para as Circunscrições Hidrográficas - Cenário 2020. | 83 |
| Figura 16 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Perdas por Ligação (L/lig./dia) - Cenário 2020. | 86 |

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Definições do termo Segurança Hídrica. | 18 |
| Quadro 2 - Classificação do IQA. | 33 |
| Quadro 3 - UEG e CH do estado de Minas Gerais. | 43 |
| Quadro 4 - Classificação do IGRH, ICE e do ITE. | 51 |
| | |
| Gráfico 1 - Boxplot para os Índices de Coleta de Esgoto nas Circunscrições Hidrográficas. | 59 |
| Gráfico 2 - Boxplot para os Índices de Tratamento de Esgoto nas Circunscrições Hidrográficas. | 61 |
| Gráfico 3 - Boxplot para os Índices de Perdas por Ligação nas Circunscrições Hidrográficas. | 63 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Faixas Situacionais para o Índice de Perdas por Ligação..... | 36 |
| Tabela 2 - Escalas de avaliação do IGRH. | 47 |
| Tabela 3 - Classificação do IPL..... | 51 |
| Tabela 4 - Amostra preliminar, aderência e amostra válida de municípios para cálculo do IPL, ICE e ITE..... | 55 |
| Tabela 5 - Quantitativo de Circunscrição Hidrográfica e status de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em 2020..... | 67 |
| Tabela 6 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020. | 72 |
| Tabela 7 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020. | 73 |
| Tabela 8 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020. | 73 |
| Tabela 9 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020. | 76 |
| Tabela 10 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020. | 77 |
| Tabela 11 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020. | 78 |
| Tabela 12 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020. | 82 |
| Tabela 13 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020..... | 87 |
| Tabela 14 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020..... | 89 |
| Tabela 15 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020..... | 90 |
| Tabela 16 - Circunscrições Hidrográficas classificadas em pelo menos três cenários de alerta e resultados para IGRH, ICE, ITE e IPL em 2020. | 93 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. | OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1. | OBJETIVO GERAL | 15 |
| 2.2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| 3. | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 3.1. | SEGURANÇA HÍDRICA E SANEAMENTO BÁSICO..... | 16 |
| 3.2. | INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO BÁSICO..... | 24 |
| 3.3. | INDICADORES PARA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS..... | 29 |
| 4. | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 41 |
| 4.1. | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 41 |
| 4.2. | COLETA DE DADOS | 45 |
| 4.2.1. | Coleta de dados - Instituto Mineiro de Gestão das Águas..... | 45 |
| 4.2.2. | Coleta de dados - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento | 46 |
| 4.3. | CÁLCULO DOS ÍNDICES PARA AS CIRCUNSCRIÇÕES HIDROGRÁFICAS | 46 |
| 4.3.1. | Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH)..... | 47 |
| 4.3.2. | Índice de Coleta de Esgoto (ICE), Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) e Índice de Perdas por Ligação (IPL) | 48 |
| 4.4. | MAPAS DE VULNERABILIDADES E OPORTUNIDADES PARA A SEGURANÇA HÍDRICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS | 50 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 5.1. | ORGANIZAÇÃO, SELEÇÃO E REPRESENTATIVIDADE DA AMOSTRA | 53 |
| 5.1.1. | Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos | 53 |

| | | |
|--------|---|------------|
| 5.1.2. | Índice de Coleta de Esgoto, Índice de Tratamento de Esgoto e Índice de Perdas por Ligação..... | 53 |
| 5.2. | ESTATÍSTICA DESCRITIVA - ICE, ITE E IPL | 59 |
| 5.2.1. | Índice de Coleta de Esgoto | 59 |
| 5.2.2. | Índice de Tratamento de Esgoto | 61 |
| 5.2.3. | Índice de Perdas por Ligação..... | 63 |
| 5.3. | MAPAS DE VULNERABILIDADE E OPORTUNIDADES..... | 65 |
| 5.3.1. | Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos | 65 |
| 5.3.2. | Índice de Coleta de Esgoto | 70 |
| 5.3.3. | Índice de Tratamento de Esgoto | 74 |
| 5.3.4. | Índice composto ICE e ITE | 80 |
| 5.3.5. | Índice de Qualidade da Água..... | 83 |
| 5.3.6. | Índice de Perdas por Ligação..... | 85 |
| 5.3.7. | Análise conjunta dos indicadores..... | 92 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 94 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 96 |
| | ANEXO I - Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais | 108 |
| | ANEXO II - Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais | 109 |
| | ANEXO III - Índice de Qualidade da Água para As Circunscrições Hidrográficas - Cenário 2020..... | 110 |
| | APÊNDICE - Resultados dos indicadores IGRH, ITE e IPL por Circunscrição Hidrográfica e Cenários de Alocação | 111 |

1. INTRODUÇÃO

O nível de universalização de acesso ao saneamento básico em uma bacia hidrográfica e a qualidade dos serviços prestados são um dos fatores que influenciam a segurança hídrica, termo entendido pela UN-Water (2013), Inter-Agência da Organização das Nações Unidas (ONU), como:

A capacidade de acessibilidade segura e sustentável da população a quantidades aceitáveis de água de boa qualidade, para manutenção dos meios de subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico, de forma a garantir proteção contra poluição e desastres relacionados à água e preservar ecossistemas, em um ambiente de paz e estabilidade política. (UN-Water, 2013, p. 10).

Dentre os princípios fundamentais do saneamento básico preconizados pela Lei Federal nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento, consta a sua relevância para a saúde pública, conservação dos recursos naturais e proteção do meio ambiente (Brasil, 2020).

Outro princípio destacado pela referida lei é que os eixos abastecimento de água e esgotamento sanitário tenham sua prestação concomitante. Essa prerrogativa pode ser explicada pelo fato de o setor de abastecimento ser o segundo maior usuário de água no Brasil, atrás apenas do setor de irrigação (ANA, 2020a). Por outro lado, o lançamento de efluentes domésticos é um dos grandes poluidores, principalmente quando o esgoto é lançado nos corpos d'água *in natura* ou após tratamento ineficiente.

Além de ser um dos maiores consumidores desse precioso recurso, o setor de abastecimento possui índices relevantes de perdas de água. De acordo com dados disponibilizados pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MDR por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, as perdas na distribuição no país alcançaram 40,1% em 2020. Em relação às perdas por ligação de água, o volume perdido no Brasil foi 343,4 litros/ligação/dia (MDR, 2021a). Salienta-se que as perdas citadas incluem água perdida por vazamentos ao longo do sistema de abastecimento e a água não faturada devido a fraudes e submedição do hidrômetro.

No que se refere ao eixo de esgotamento sanitário tem-se as problemáticas que envolvem a universalização da coleta e do tratamento de efluentes domésticos. Segundo o último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto divulgado pelo SNIS, em 2020 as redes de coleta de esgoto atenderam apenas 55,0% da população total do Brasil - 114,6 milhões de habitantes - e 63,2% da população urbana - 112,4 milhões habitantes. Adicionalmente, o Diagnóstico apresenta os índices médios de tratamento do esgoto gerado e coletado em

2020 no país que foram, respectivamente, 50,8% e 79,8% considerando as áreas urbanas e rurais (MDR, 2021a).

Sob a ótica das bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais, dados da publicação Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais, disponibilizada em 2020 pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), indicam que em 2018 as duas bacias com os piores resultados eram a dos afluentes mineiros do médio São Francisco e a dos afluentes mineiros do rio Pardo, que atendiam menos de 20% da população com o serviço de coleta de esgoto. Já as bacias com melhores resultados eram as do rio Araguari e dos afluentes mineiros dos rios Preto e Paraibuna, que apresentavam mais de 90% da população atendida com coleta. Salienta-se que 20 bacias não alcançaram 80% de atendimento (IGAM, 2020a).

Sendo assim, o nível de deterioração dos corpos d'água e a pressão imposta aos usos de mananciais superficiais e subterrâneos são realidades que evidenciam, de forma concreta, como são desenvolvidas as políticas públicas no território e a situação da população no que se refere ao acesso a um ambiente saudável e sustentável.

Diante do exposto, é notável que as infraestruturas e os serviços públicos de saneamento básico, destaque para os eixos abastecimento de água e esgotamento sanitário, apresentam interação direta com a gestão eficiente dos recursos hídricos, aspecto destacado no inciso XII do artigo 2º da Lei Federal nº 14.026 de 2020 (Brasil, 2020).

Conforme afirmado por Santos (2017):

Não há como afastar a gestão dos rios das ações relativas a saneamento. São pontas da mesma linha condutora, na qual uma gestão turbulenta na área de saneamento provocará um desconcerto no meio ambiente, sendo este imprescindível à qualidade de vida e proteção da saúde pública. (Santos, 2017, p. 16).

Nesse contexto, a articulação entre a gestão das águas e o saneamento básico é imprescindível para enfrentar os desafios consolidados nas áreas de saúde pública e meio ambiente. Ademais, destaca-se que, com a atualização do marco legal do saneamento básico em 2020, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) ampliou seu escopo de atuação, o que vai ao encontro da necessidade de interlocução entre setores-chaves para ampliação e manutenção da disponibilidade e qualidade dos mananciais superficiais e subterrâneos.

O cenário de crise hídrica enfrentado por diversos Estados brasileiros nos últimos anos, incluindo Minas Gerais, impõe a urgência de ações direcionadas à gestão das águas,

movimento que, para além do saneamento básico, deve abranger a implementação e o monitoramento dos instrumentos preconizados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) - instituída pela Lei nº 9.433/97.

No que se refere aos instrumentos de gestão, de acordo com o Portal InfoHidro (IGAM, 2021a), a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos em Minas Gerais iniciou-se em 2010 e vem sendo adotada de forma gradativa. O objetivo desse instrumento é incentivar o uso racional da água, bem como arrecadar recursos financeiros para financiar ações com foco na melhoria da quantidade e qualidade da água previstas no Plano de Diretor da Bacia Hidrográfica. O Portal informa ainda, que dentre as 36 Circunscrições Hidrográficas mineiras, apenas 12 adotam esse instrumento econômico, que é regulamentado pelo Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021 (Minas Gerais, 2021a).

O recurso que deixa de ser arrecadado atrasa a implementação de ações no âmbito de bacia, como a elaboração de Planos de Saneamento Básico. Dados do IGAM (2021a), atualizados em junho de 2021, oferecem exemplos do montante passível de ser adquirido: a bacia hidrográfica dos rios Piracicaba e Jaguari arrecadaram, desde o início da cobrança, R\$ 1.227.268,67; já a do rio das Velhas, R\$ 95.280.248,84.

Diante das inúmeras ações necessárias para construção e manutenção da segurança hídrica nas bacias hidrográficas, tem-se como prerrogativa a definição de prioridades. Para isso, torna-se essencial a etapa de diagnóstico, a fim de que se possa ter uma visão das bacias hidrográficas em termos de locais críticos para, em bases seguras, planejar, executar e avaliar os resultados. A estratégia deve considerar, portanto, instrumento que permita a análise do desempenho, comparação entre diferentes bacias hidrográficas e *benchmarking* - confrontar com padrões e referências de interesse.

Ferramentas de controle são essenciais para se fazer gestão e os indicadores podem auxiliar nesse desafio. Conforme Mitchell (1996), os índices ou indicadores permitem reduzir um conjunto de informações em um formato mais simples, de forma a manter a essência das perguntas que estão sendo feitas aos dados analisados. De acordo com o dicionário brasileiro da língua portuguesa Michaelis (2021), o indicador “orienta sobre qualquer providência a ser tomada.”

Dentro deste contexto, os indicadores são ferramentas de organização e monitoramento de informações que podem contabilizar o nível de alcance a uma meta ou a um padrão

mínimo de desempenho. Por conseguinte, a partir do acompanhamento de dados, identifica-se as prováveis causas para a performance aquém do desejado e busca-se maneiras de melhorar o cenário ou, ainda, avalia-se o sucesso da implementação de estratégias.

Nesse sentido, a partir de uma visão integrada entre recursos hídricos e saneamento básico, é imperativo conhecer realidades pormenorizadas por meio de indicadores que auxiliem no detalhamento de problemáticas e na definição de ações locais, em nível de bacia hidrográfica, conhecida como unidade de planejamento e gestão das águas. Diante disso, este estudo propõe identificar áreas críticas em termos de gestão de recursos hídricos e saneamento básico, considerando a realidade das 36 Circunscrições Hidrográficas (CHs) de Minas Gerais, a fim de discutir as vulnerabilidades e oportunidades para ampliar a segurança hídrica no Estado.

A análise se dará a partir de dados secundários coletados no órgão gestor estadual de recursos hídricos e no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, a fim de verificar e discutir os seguintes indicadores no contexto das CHs: (i) *status* de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos; (ii) índice de coleta de esgoto sanitário; (iii) índice de tratamento de esgoto sanitário; e (iv) índice de perdas de água por ligação. Adicionalmente, pretende-se realizar uma discussão do índice de qualidade da água bruta no contexto das Circunscrições Hidrográficas considerando os resultados verificados para os serviços de esgotamento sanitário.

Dessa forma, será possível compreender os cenários em cada uma das bacias e verificar áreas prioritárias para ações por parte, por exemplo, de integrantes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dos atores envolvidos no setor de saneamento básico, em busca do aumento da segurança hídrica no âmbito de bacias. Neste estudo, optou-se por considerar apenas os aspectos da segurança hídrica que tratam da oferta de água, com abordagem em indicadores que contribuem para ampliar a qualidade e quantidade de recurso hídrico disponível nos mananciais.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Mapear vulnerabilidades e oportunidades para ampliação da segurança hídrica nas Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais com base em indicadores de gestão de recursos hídricos, perdas de água, esgotamento sanitário e qualidade da água bruta.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar e aplicar o Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH) nas Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais para o ano de 2020;
- Calcular o Índice de Coleta de Esgoto (ICE) e o Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) nas Circunscrições Hidrográficas (CH) do Estado de Minas Gerais para o ano de 2020;
- Relacionar o IGRH, ICE e ITE com o Índice de Qualidade da Água (IQA) nas CHs para o ano de 2020;
- Calcular o Índice de Perdas por Ligação (IPL) nas Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais para o ano de 2020; e
- Elaborar Mapas de Vulnerabilidades e Oportunidades para a Segurança Hídrica no Estado de Minas Gerais para o ano de 2020.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O embasamento teórico deste estudo aborda conceitos, ferramentas e normativos referentes a temas do saneamento básico e da gestão de recursos hídricos, bem como apresenta aspectos de interlocução entre os setores e como os indicadores podem auxiliar para a gestão integrada.

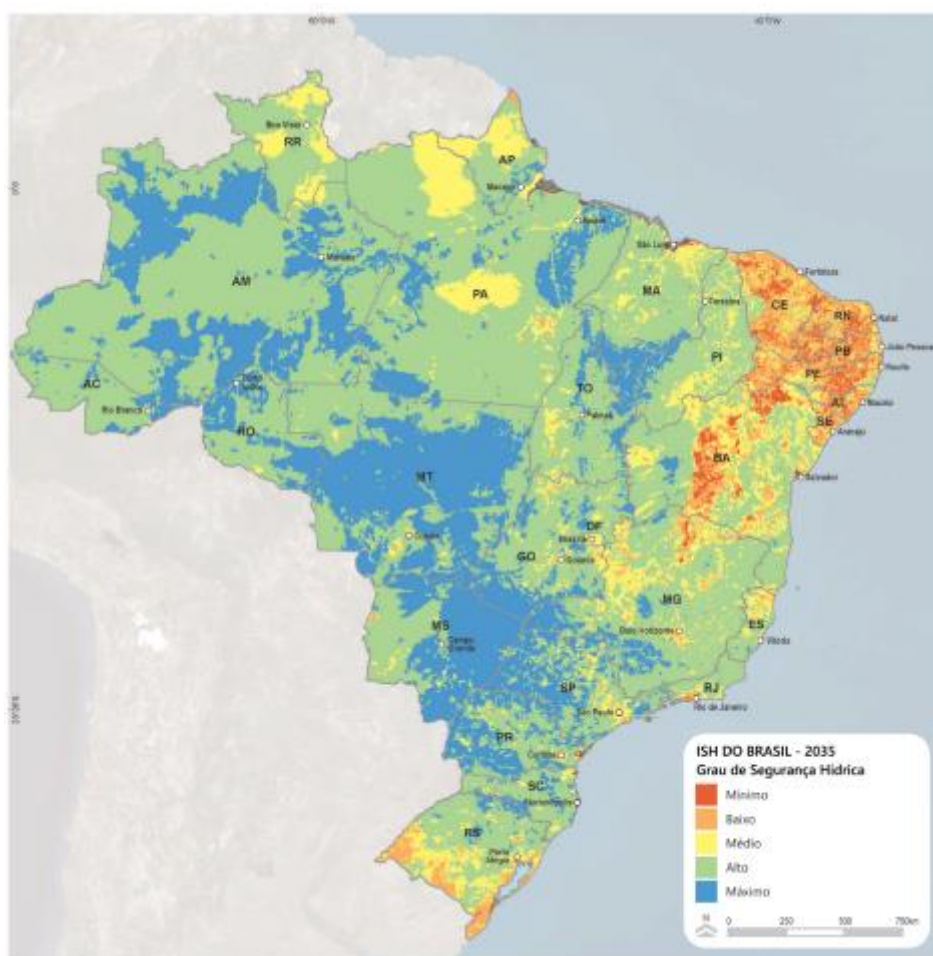
O capítulo está dividido em três tópicos: Segurança Hídrica e Saneamento Básico; Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento Básico; Indicadores para Gestão Integrada de Recursos Hídricos.

3.1. SEGURANÇA HÍDRICA E SANEAMENTO BÁSICO

A segurança hídrica é um aspecto estudado e monitorado em diversos países. No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) desenvolveu o Índice de Segurança Hídrica, a fim de apresentar o tema em quatro dimensões - humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência - de forma a retratar a diversidade do território nacional. De acordo com a entidade, a dimensão humana avalia a oferta de água para abastecimento de todas as cidades do país; a econômica, a garantia de água para os setores agropecuário e industrial; a ecossistêmica trata da vulnerabilidade dos mananciais para abastecimento humano e para atender aos usos múltiplos; a de resiliência traduz o potencial dos estoques de água superficiais e subterrâneos, bem como a espacialização da capacidade de renovação pela precipitação.

O último Boletim de Monitoramento do Plano Nacional de Segurança Hídrica, divulgado em 2021 pela ANA, apresenta o possível cenário de segurança hídrica do Brasil em 2035, caso não sejam tomadas novas providências no contexto da gestão de recursos hídricos (Figura 1). Percebe-se que na Região Nordeste do país predominam áreas com menor índice de segurança hídrica, no entanto, é possível observar regiões de risco espalhadas pelo território brasileiro.

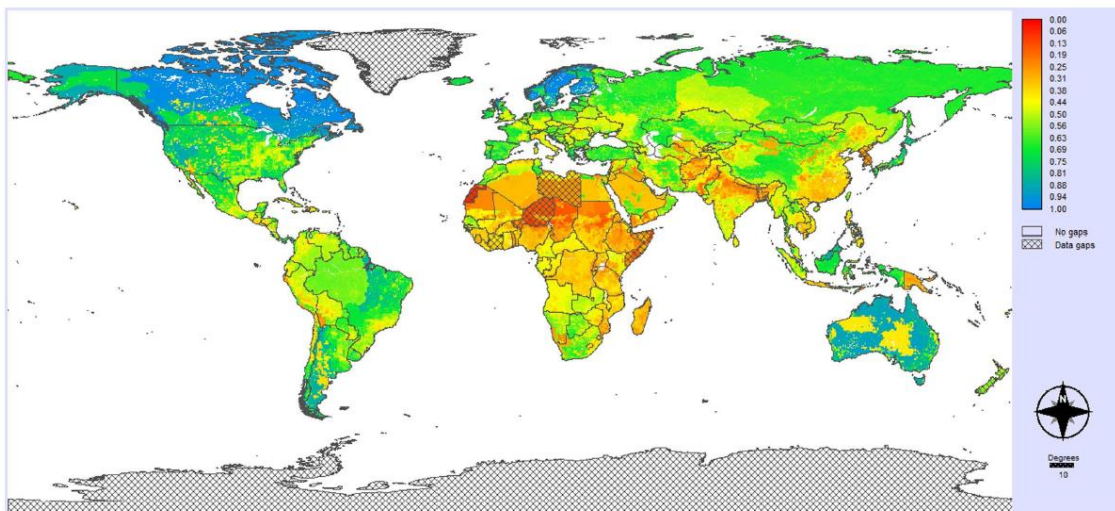
Figura 1 - Cenário de segurança hídrica do Brasil em 2035.



Fonte: ANA, 2021.

Em termos mundiais, Gain, Giupponi e Wada (2016) mediram a segurança hídrica global a partir dos objetivos de desenvolvimento sustentável. O termo segurança foi desagregado pelos autores nos aspectos gestão, disponibilidade de água, acessibilidade aos serviços de saneamento básico, segurança (frequência de eventos de inundações) e qualidade da água. O mapa gerado pelos autores é apresentado na Figura 2. Os resultados do estudo sugerem que países da África, sul da Ásia e do Oriente Médio experienciam uma baixa segurança hídrica. Além disso, indicam que áreas que vivenciam a escassez de água, como partes dos Estados Unidos, Austrália e sul da Europa, apresentam valores de segurança hídrica melhores devido ao desempenho nos temas de gestão, segurança, qualidade e acessibilidade.

Figura 2 - Segurança hídrica global no contexto dos objetivos de desenvolvimento sustentável.



Fonte: Gain, Giupponi e Wada (2016).

A fim de compreender a relevância do tema segurança hídrica, faz-se necessário assimilar o significado do termo. Sendo assim, no Quadro 1 são apresentadas definições por parte de entidades nacionais e internacionais.

Quadro 1 - Definições do termo Segurança Hídrica.

| | |
|--|---|
| <p>Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022a)</p> | <p>“Água disponível em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades humanas e econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, com um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias.”</p> |
| <p>Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp, 2020)</p> | <p>“Capacidade de uma população de ter o acesso sustentável a quantidades de água para manter o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, proteger contra desastres ambientais e preservar os ecossistemas.”</p> |
| <p>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco, 2022, tradução nossa)</p> | <p>“Para alcançar a segurança hídrica, devemos salvaguardar os sistemas hídricos vulneráveis, mitigar os impactos dos perigos relacionados à água, como enchentes e secas, proteger o acesso às funções e serviços hídricos e gerenciar os recursos hídricos de maneira integrada e equitativa.”</p> |
| <p>Global Water Partnership (GWP, 2000, tradução nossa)</p> | <p>“Em qualquer nível, desde o local até o global, cada pessoa tem acesso a água potável suficiente a um custo acessível para higiene e uma vida saudável e produtiva, garantindo simultaneamente que o ambiente natural está protegido e melhorado.”</p> |
| <p>Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2013, tradução nossa)</p> | <p>“Refere-se a gestão de quatro tipo de riscos: risco da escassez da falta de água para atender a demanda; risco da qualidade da água pela deterioração por contaminação dos sistemas hídricos; risco de excessos das inundações; e riscos da sustentabilidade de sistemas hídricos e ambientais.”</p> |

Diante das definições apresentadas, percebe-se que para estabelecer um cenário hídrico seguro são necessárias ações concretas no contexto de políticas públicas nas áreas

relacionadas, por exemplo, à implantação de infraestruturas básicas para acesso ao saneamento básico, à recuperação e proteção dos recursos naturais, ao controle dos impactos ambientais, à prevenção e previsão de eventos críticos. Pode-se dizer que as ações citadas colaboram para o equilíbrio das funções ecossistêmicas da natureza, que por consequência, reduzem a vulnerabilidade em termos de quantidade e qualidade de água.

Os serviços ecossistêmicos oferecidos pela natureza são necessários para o desenvolvimento das atividades econômicas e bem-estar da sociedade e podem ser divididos em: serviços de provisão, de regulação ou culturais. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, os serviços de provisão abarcam, dentre outros, alimentos e água; os de regulação referem-se aos benefícios provenientes dos ecossistemas como a regulação do clima e da qualidade do ar, o controle da erosão, a depuração biológica de efluentes; e os serviços culturais incluem o lazer e a recreação, por exemplo (MMA, 2021).

Com o intuito de ampliar e sustentar os serviços ecossistêmicos, faz-se necessário que os serviços ambientais resultantes das ações humanas sejam uma realidade. Quando se trata de segurança hídrica a provisão de água é aspecto prioritário, sendo assim, um serviço ambiental relevante é salvaguardar em qualidade e quantidade, nos mananciais superficiais e subterrâneos, esse recurso precioso que é a água.

Percebe-se que a segurança hídrica abarca diversas frentes e é inegável que uma delas é o saneamento, política que está diretamente interligada à questão dos recursos hídricos. De acordo com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, o termo saneamento tem origem no verbo sanear, palavra que significa tornar higiênico, remediar, tornar habitável (MDR, 2021b).

A Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela 14.026/2020, define saneamento básico como sendo o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2020). A referida lei tem como um de seus princípios fundamentais a universalização do saneamento básico, ou seja, a ampliação progressiva do acesso aos serviços por todos os domicílios ocupados.

Ênfase deve ser dada aos serviços de abastecimento de água potável, de coleta e tratamento de efluentes domésticos, visto que à medida que são ampliados favorecem a

oferta segura de água e, por consequência, amenizam a insegurança hídrica em uma bacia hidrográfica. Vale salientar que de acordo com dados enviados por prestadores de serviços de saneamento básico e divulgados no último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cerca de 37 milhões de pessoas não têm acesso à água potável via rede de abastecimento no país (MDR, 2021a).

Para o Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS, 2021), no setor de saneamento básico há uma desconexão entre a prestação dos serviços e a preocupação com os recursos hídricos, apesar da água ser a matéria-prima do negócio.

Tucci e Chagas (2017) entendem que uma das principais vulnerabilidades hídricas é a ausência de tratamento de esgoto, responsável por poluir os corpos d'água, cenário que favorece a escassez dos recursos hídricos. Conforme exposto pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR, 2021b), a ausência dos serviços de saneamento é um obstáculo para realizar outras políticas públicas, como a de recursos hídricos.

Informações do SNIS indicam que o índice médio de tratamento de esgoto gerado em 2020 no Estado de Minas Gerais foi de 41,6% e o índice médio de tratamento de esgoto coletado foi de 54,3%, considerando áreas urbanas e rurais (MDR, 2021a). Esse cenário revela que um significativo volume de esgoto *in natura* é lançado nos mananciais do Estado, favorecendo a deterioração dos corpos d'água a longo prazo.

A Declaração Ministerial de Haia sobre Segurança Hídrica no Século XXI destacou a segurança hídrica como um objetivo a ser alcançado a partir de ações baseadas na gestão integrada dos recursos hídricos atentando-se aos fatores sociais, econômicos e ambientais e à integração entre as águas superficiais, subterrâneas e os ecossistemas (The Hague, 2000).

No entanto, de acordo com a Declaração, o alcance da segurança hídrica envolve alguns desafios, como: garantir o acesso seguro e suficiente ao saneamento básico; capacitar pessoas para colaborarem com a gestão participativa da água; aumentar a segurança alimentar; proteger os ecossistemas; promover a cooperação pacífica para os diversos usos da água; gerenciar riscos a fim de fornecer segurança contra inundações, secas, poluição; gerir a água de uma forma que reflita as suas características econômicas, sociais, ambientais e culturais; garantir a boa governança (The Hague, 2000).

Para além do exposto, mas ainda no âmbito do saneamento básico, tem-se a redução e o controle de perdas de água em sistemas de abastecimento como outro aspecto contribuinte para a segurança hídrica em bacias hidrográficas. A água desperdiçada em sistemas de distribuição poderia compor o volume disponível para abastecimento público, de forma a colaborar para a universalização do serviço de abastecimento de água, conforme preconiza a Lei Federal nº 14.026/2020. Além disso, quanto maior o volume de água que deixa de ser perdido, maiores as chances de postergar a exploração de outros mananciais de captação de água bruta para fins de tratamento e abastecimento público. No contexto do Estado de Minas Gerais, em 2020, a cada 100 litros de água tratada distribuída 37,5 litros foram perdidos (MDR, 2021a), podendo ter sido desperdiçados, consumidos ilegalmente ou submetidos a medição inexata.

Segundo o inciso XIII do artigo 2º da lei que atualiza o marco legal do saneamento básico, um dos princípios fundamentais para a prestação dos serviços de abastecimento de água é a redução e o controle das perdas (Brasil, 2020). O estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil afirma que 3,815 bilhões de m³ de água tratada desperdiçada em 2017 seriam quase que suficientes para suprir demanda adicional de 4,337 bilhões de m³ prevista para 2040, sem acarretar pressão extra sobre os mananciais superficiais e subterrâneos (Instituto Trata Brasil, 2020).

Para o Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS, 2021), a segurança hídrica inclui o estímulo ao uso racional e eficiente, a promoção do reuso e do aproveitamento da água de chuva, a redução das perdas de água em sistemas de abastecimento, a prioridade de não poluir as águas, a proteção das áreas de entorno dos mananciais.

Diante da realidade de escassez de água em diversas regiões do mundo, desperdiçar água tratada e poluir os corpos d'água com efluentes domésticos não tratados ou tratados de maneira ineficiente não é coerente. De acordo com o Atlas *Aqueduct Water Risk*, elaborado pela organização não governamental *World Resources Institute*, em termos mundiais, um quarto da população está submetida a um estresse hídrico extremo (WRI, 2019). Na classificação que avaliou 189 países, o Brasil ocupa a posição 116. Informações disponibilizadas pelo Instituto indicam que regiões nos Estados da Bahia, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte possuem risco extremamente alto de crise hídrica, situação análoga à de países do Oriente Médio (WRI, 2019).

Dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), apontam que 40% da população mundial vivencia a escassez de água e alerta que as mudanças

climáticas podem ampliar esse cenário a longo prazo. Para 2050, o prognóstico é que uma em cada quatro pessoas seja afetada pela carência de água (PNUD, 2021). Em paralelo, a demanda pela água aumenta diante dos diversos usos múltiplos, ampliando a pressão sobre as bacias hidrográficas. Conforme informações da organização *Water Resilience Coalition*, o estresse hídrico ocorre em âmbito mundial, sendo que mais de 25% da população vive em regiões com escassez de água (WRC, 2021).

Uma iniciativa relevante no Brasil que está inserida no contexto de segurança hídrica é o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6 (ODS 6), que trata da disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento universal (Nações Unidas Brasil, 2022). Esse compromisso faz parte da Agenda 2030, composta por dezessete objetivos de desenvolvimento sustentável, e foi firmado com a Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015.

Destaque para as seguintes metas do ODS 6 que envolvem questões de qualidade da água, saneamento básico e gestão de perdas de água:

(6.1) até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água para consumo humano, segura e acessível para todos e todas;

(6.2) até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todo;

(6.3) até 2030, melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente e;

(6.4) até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez.

Em 2020, com a publicação da atualização do marco legal do saneamento, Lei Federal nº 14.026, uma meta mais branda foi estabelecida. Isso porque, o artigo 11-B preconiza que até 2033 99% da população deve ser atendida com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto (Brasil, 2020). Em relação a metas para perdas de água, o acesso a recursos públicos e financiamentos está condicionado ao cumprimento de índice de perdas de água na distribuição, conforme regras estabelecidas pela Portaria nº 490/2021

(MDR, 2021c). Para fins de exemplificação, para ser beneficiado, o município deve apresentar resultados menores ou iguais a 95% da média nacional para os índices de perdas na distribuição e por ligação nos anos de 2023 e 2024, já em 2033, a meta é 70% da média nacional. A referência para monitoramento dos dados é o SNIS.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) tem papel vital para melhorar o cenário de saneamento básico no país. A partir da promulgação da Lei Federal nº 14.026/2020, a ANA tornou-se a responsável pelo estabelecimento de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, sendo, portanto, um ente chave para integrar as políticas de gestão das águas e do saneamento. De acordo com o Observatório das Águas (2021a), essa integração é um dos requisitos fundamentais para garantir a segurança hídrica no território nacional. Para Howard Wheeler, que escreveu um artigo para o Correio da Unesco (2019), os principais desafios da segurança hídrica têm relação com a governança, dependendo, portanto, de quem tem o poder de tomar decisões e como essas decisões são tomadas.

Marques, Cançado e Souza (2021) destacam aspectos relevantes para a universalização do saneamento básico: articulação entre os entes federativos; manutenção dos subsídios, como a tarifa social; níveis constantes de investimentos; controle social; fortalecimento das entidades reguladoras.

Cumprido salientar a discussão de que a atuação do setor privado, em detrimento na modalidade de consórcios públicos, na prestação dos serviços públicos de saneamento básico poderia auxiliar a universalização dos serviços. Esse tema foi fortalecido com a Lei Federal nº 14.026/2020, que trouxe a obrigatoriedade da delegação dos serviços municipais por meio de licitação. O objetivo é atrair investimentos privados e desestatizar o setor de forma gradual. No entanto, como destacado por Marques, Cançado e Souza (2021), a população que reside em áreas rurais, municípios com menores populações e em áreas vulneráveis de grandes cidades, não interessam ao capital privado. Oliveira, Cruz e Accioly (2020) entendem que a participação dos entes federativos no saneamento continuará sendo uma realidade, sobretudo nas regiões mais pobres, seja pela prestação dos serviços ou pelo financiamento cedido a iniciativa privada.

Segundo informações apresentadas no Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG):

Os investimentos em esgotamento sanitário necessários para a universalização dessa componente até o ano de 2041, foram estimados em R\$ 47,55 bilhões,

distribuídos em medidas estruturais (79,3% desse montante) e estruturantes (20,7% desse montante). No horizonte de médio prazo (2033), os investimentos correspondem a cerca de 71,9% do montante estimado para o horizonte de longo prazo (2041). Os investimentos em medidas estruturais, até o ano de 2041, são da ordem de R\$ 37,75 bilhões, sendo divididos em duas parcelas: (i) expansão das infraestruturas (64,2%); e (ii) reposição/adequação/manutenção daquelas já existentes em 2021 (35,8%). (Cobrape, 2022)

3.2. INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO BÁSICO

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e é um guia para o gerenciamento e a gestão. Nesse aspecto, a referida lei estabelece que a PNRH e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) devem acontecer no âmbito das bacias hidrográficas, tendo um enfoque descentralizado e participativo, de forma a envolver o poder público, a sociedade civil e o setor privado (Brasil, 1997).

Além disso, a promulgação da Lei das Águas trouxe para o contexto da gestão de recursos hídricos a diretriz de integração, o que evidencia as conexões entre as políticas de águas e as políticas dos setores que fazem uso dos recursos hídricos e que colaboram, muitas vezes, para a sua degradação, como é o caso, por exemplo, dos serviços de saneamento básico.

A referida lei estabeleceu os seguintes instrumentos de gestão de recursos hídricos: (i) planos de recursos hídricos; (ii) enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes; (iii) outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; (iv) cobrança pelo uso de recursos hídricos; e (v) sistema de informações sobre recursos hídricos.

Cumprir informar que no contexto do Estado de Minas Gerais, além dos instrumentos de gestão destacados na lei federal, o normativo estadual traz outros três instrumentos, quais sejam: a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos; o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; e as penalidades decorrentes do descumprimento do disposto na lei (Minas Gerais, 1999). Esses aspectos não serão abordados neste trabalho.

Nos termos da Lei das Águas, o Plano de Recursos Hídricos tem como finalidade fundamental e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país (Brasil, 1997).

Segundo o Observatório das Águas (2021b), as bacias hidrográficas são unidades territoriais de planejamento da política de recursos hídricos, sendo importante considerá-las na organização do setor de saneamento básico, inclusive na definição dos blocos regionais, previstos na Lei Federal nº 14.026/2020. Para a entidade, a falta de integração poderá acarretar impactos negativos para as águas. Conforme a referida lei federal, os planos de saneamento básico devem ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas e com os planos diretores dos municípios (Brasil, 2020).

Em âmbito estadual, a gestão das águas em Minas Gerais é regida pela Lei nº 13.199/1999. De acordo com o IGAM (2022a), a lei preconiza que o Plano de Recursos Hídricos tem como finalidade estabelecer a agenda das águas para as bacias hidrográficas do Estado, de maneira a identificar e priorizar ações e investimentos com foco na sustentabilidade da bacia, envolvendo os poderes públicos estadual e municipal, a sociedade civil e os usuários. Salienta-se que o artigo 6º da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 54/2017 estabelece que os planos de bacia devem ser elaborados considerando um horizonte de planejamento de no mínimo 20 anos (Minas Gerais, 2017).

Conforme explicitado pela ANA (2013), o plano de bacia tem o papel de orientar a implementação dos demais instrumentos, isso porque o plano deve:

Estabelecer ou dar as diretrizes para a definição das metas de qualidade da água (enquadramento dos corpos de água); apontar as prioridades para outorga de direito de uso; estabelecer diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e ser feito com base em um sistema de informações. (ANA, 2013, p. 20).

Percebe-se que o Plano de Bacia estabelece metas de qualidade da água a serem alcançadas ou mantidas em trechos dos corpos d'água, de acordo com os usos pretendidos. Entende-se, portanto, que o enquadramento esteja integrado ao planejamento da bacia hidrográfica.

De acordo com o artigo 3º da Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos “A proposta de enquadramento deverá ser desenvolvida em conformidade com o plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante a sua elaboração” (MMA, 2008). Conforme explicitado pela ANA (2020b), caso não seja possível efetivar a proposta de enquadramento dos corpos de água em concomitância com a elaboração do plano, é conveniente que as definições sejam concretizadas no processo de implementação ou de revisão do documento.

O enquadramento dos corpos de água em classes objetiva garantir aos recursos hídricos uma qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinados, bem como reduzir os custos para combater a poluição das águas a partir de ações preventivas permanentes (Brasil, 1997). Esse instrumento permite conectar a gestão da qualidade e da quantidade da água, fato que vai ao encontro de uma das diretrizes da lei, que preconiza que a gestão dos recursos hídricos não pode dissociar os aspectos qualidade e quantidade. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019), por estar relacionado ao alcance e à manutenção das metas de qualidade dos recursos hídricos, o enquadramento colabora para a segurança sanitária e é instrumento de cunho preventivo em termos econômicos. Exemplos práticos são a tendência a reduzir os casos de doenças de veiculação hídrica, a redução dos custos de combate à poluição e a economia com os custos de tratamento de água para fins de consumo humano. Percebe-se, portanto, a estreita relação entre o instrumento de gestão enquadramento dos corpos d'água e o saneamento básico.

Para se ter um exemplo da dependência entre o tratamento de água para fins de abastecimento público e a qualidade do corpo hídrico, tem-se o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005: águas doces classificadas na classe 1 (especial) podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; já as de classe 2, apenas após tratamento convencional; as águas doces de classe 3 necessitam de tratamento convencional ou avançado; por outro lado, as enquadradas na classe 4 não são recomendadas para tal finalidade pela CONAMA (MMA, 2005). Salienta-se, no entanto, que quanto pior a qualidade do corpo hídrico, mais oneroso será o tratamento de água voltado ao abastecimento público (ANA, 2013).

No contexto dos serviços de esgotamento sanitário, os efluentes domésticos devem ser tratados e atender aos padrões de lançamento preconizados pelo órgão ambiental de forma a não comprometer o enquadramento dos corpos hídricos receptores e, por consequência, os usos pretendidos, como, por exemplo, o abastecimento humano. Outro exemplo são os processos ecológicos essenciais que se desenvolvem no meio aquático ou que são dependentes dele (ANA, 2019). Salienta-se que o tratamento de efluentes industriais e a destinação adequada dos resíduos sólidos também são essenciais para o alcance e a manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

No contexto do Estado de Minas Gerais, o IGAM (2022b) explica que os procedimentos gerais para enquadrar os corpos d'água seguem o disposto na Resolução do Conselho

Nacional de Recursos Hídricos nº 91/2008 e o apresentado na Deliberação Normativa Conjunta Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) - Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) nº 06/2017, que estão de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

A outorga pelo uso da água visa assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (Brasil, 1997). Em termos de saneamento básico, dependem desse instrumento usos que alterem o regime dos corpos d'água, a quantidade ou a qualidade da água de mananciais superficiais e subterrâneos, como a captação de água para abastecimento público e o lançamento de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não.

O aspecto quantitativo refere-se ao controle dos volumes retirados e lançados no corpo d'água, já o qualitativo relaciona-se à concessão de outorga de lançamento quando a qualidade dos efluentes atender ao enquadramento do corpo receptor. Vale destacar as perdas de água ao longo do sistema de abastecimento, pois são volumes que compõem o volume outorgado para fins de captação de água bruta, mas que foram desperdiçados.

A cobrança depende da implantação da outorga, tendo como finalidades reconhecer a água como um bem econômico, incentivar a racionalização e obter recursos financeiros para atendimento a programas e intervenções previstas nos Planos de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). O saneamento básico é um setor que requer água para prestar seus serviços, devendo pagar pelos volumes captados nos mananciais superficiais e subterrâneos, bem como pelo lançamento de efluentes nos corpos hídricos. No Estado de Minas Gerais, a cobrança pelo uso da água foi regulamentada pelo Decreto nº 48.160/2021. Segundo a ANA (2013), as obras de saneamento exigem um volume expressivo de recursos financeiros, fato que evidencia a necessidade de articulação política e institucional para priorizar esse tipo de investimento nas bacias hidrográficas.

É importante diferenciar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e os valores pagos pelos usuários dos serviços públicos de saneamento básico. Diferente do instrumento de gestão, as tarifas de água e de esgoto incluem diversos custos relacionados com os serviços de abastecimento de água potável - captação, tratamento, adução e distribuição - e de esgotamento sanitário - coleta, afastamento, tratamento e disposição final de efluentes e lodos.

O Sistema de Informações de Recursos Hídricos, outro instrumento estabelecido pela Lei nº 9.433 de 1997, é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores relacionados à gestão. Esse instrumento tem como objetivo reunir, dar consistência e divulgar os dados e as informações acerca da situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no país, bem como atualizar as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos no território nacional e prover subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). No Estado de Minas Gerais esse sistema é denominado InfoHidro - Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (IGAM, 2022c).

Cabe citar que a atuação das instituições que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH é fator essencial para integrar a gestão das águas e o saneamento básico, incluindo a ANA, os Comitês de Bacias, os Conselhos de Recursos Hídricos e os Órgãos Gestores (Observatórios das Águas, 2021b).

Segundo o IGAM (2020a), os últimos 21 anos foram marcados pelo desenvolvimento do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo as instituições que o compõem ampliadas e fortalecidas. Além disso, a instituição destaca que nesse período as Circunscrições Hidrográficas e seus respectivos comitês de bacias foram criados, bem como instituído o Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Esses aspectos foram, portanto, basilares para iniciar a implementação dos instrumentos de gestão.

Mas quais seriam os entraves para instituir todos os instrumentos? Uma discussão nesse sentido foi realizada no Estado de São Paulo para os instrumentos Plano de Recursos Hídricos e cobrança pelo uso de recursos hídricos. Malheiros, Prota e Pérez (2013), analisaram o processo de participação no âmbito de um comitê de bacia hidrográfica do Estado e suas implicações na implementação dos referidos instrumentos de gestão. A pesquisa destacou as faltas recorrentes em plenárias e em reuniões de câmaras técnicas como aspecto relevante no quesito participação dos representantes em processos decisórios do comitê. Um exemplo apresentado pelos autores foi que a presença de municípios é maior quando a pauta de reunião aborda assuntos de interesse financeiro. Temáticas relacionadas à gestão da bacia, por outro lado, ainda não atraem a atenção necessária de parte dos membros do comitê.

Para além do papel do município nas discussões de gestão de recursos hídricos em comitês de bacia, Sousa *et al.* (2021) destacam que o ente municipal pode contribuir com a implantação de mecanismos básicos de gestão dos recursos hídricos no âmbito do

saneamento básico, como: plano, fundo e conselho municipais, além de leis para o setor. Nesse sentido, o município atua como um agente catalizador das políticas públicas.

No contexto de Minas Gerais, Borges *et al.* (2019) destacaram que o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso de recursos hídricos ainda não estavam implementados de maneira satisfatória no período estudado e salientaram a importância da integração de todos os instrumentos de gestão. Sugeriram que a precariedade de informações disponíveis no sistema poderia dificultar essa necessária integração. Para IGAM (2020b, p. 49), a inexistência de sistema de informações “afeta o planejamento e a difusão de informações sobre a gestão de recursos hídricos que poderiam contribuir para a evolução da bacia”.

Ainda no âmbito do Estado de Minas Gerais, Rocha *et al.* (2021), verificaram os desafios na implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos afluentes dos rios Preto e Paraibuna e rios Pomba e Muriaé. Os autores destacaram que a falta de experiência e informação sobre os trâmites burocráticos foram as primeiras dificuldades enfrentadas. Outro ponto desafiador no processo foi a falta de conhecimento técnico dos conselheiros acerca da metodologia da cobrança. Como conclusão, Rocha *et al.* (2021) afirmam que é importante que as estratégias iniciais de implantação da cobrança sejam mais simples tecnicamente, a fim de facilitar as discussões.

3.3. INDICADORES PARA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Meadows (1998), os indicadores são parte essencial do fluxo de informações necessárias para compreender o mundo, tomar decisões e planejar ações. As ações a serem realizadas dependem da discrepância entre o estado desejado - objetivo - e o estado percebido. Para a autora, os indicadores são reflexos parciais da realidade, tendo como bases as incertezas e os modelos imperfeitos.

O Serviço Social da Indústria (Sesi, 2010) assinala que as informações que compõem os indicadores orientam os tomadores de decisões, favorecendo que as atividades sejam realizadas de maneira mais eficiente, eficaz e efetiva. Diante de cenários conhecidos, é possível identificar as mudanças necessárias, definir prioridades, estabelecer objetivos, traduzi-los em metas e, dessa forma, monitorar e avaliar os processos. O Sesi apresenta, ainda, as diferenças entre os termos indicadores, monitoramento e índices:

- Indicadores: variáveis definidas com o objetivo de medir um conceito abstrato, alusivo a uma interpretação de aspecto social, econômico ou ambiental, com a

finalidade de orientar a tomada de decisão acerca de determinado evento de interesse;

- Monitoramento: acompanhamento do comportamento de um indicador, a partir da comparação de valores observados ao longo do tempo para o mesmo indicador;
- Índice (ou indicador sintético): associação de variáveis que resumem, em um único valor, um conceito abstrato complexo, de maneira a facilitar a comparação, a criação de classificações e valores de referência e colaborar para estabelecer políticas, investimentos e ações comuns, por exemplo. Um exemplo de conceito abstrato complexo é o desenvolvimento humano de um país, um assunto amplo cuja avaliação envolve diversos quesitos, sendo necessários vários indicadores - o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) associa indicadores relacionados à saúde, renda e educação, originando um único valor que permite comparar países.

Em relação à construção de um bom indicador, Meadows (1998) expõe diversos aspectos ideais, como: clareza das variáveis e do sentido preferencial do indicador; quantidade de informações envolvidas, não devendo ser insuficiente e nem em demasia; relevância diante dos atores envolvidos; capacidade de fornecer subsídios para tomada de decisões tempestivas.

Em termos práticos serão apresentados alguns índices relevantes no âmbito do Brasil e do Estado de Minas Gerais e que evidenciam aspectos da gestão das águas e do saneamento básico.

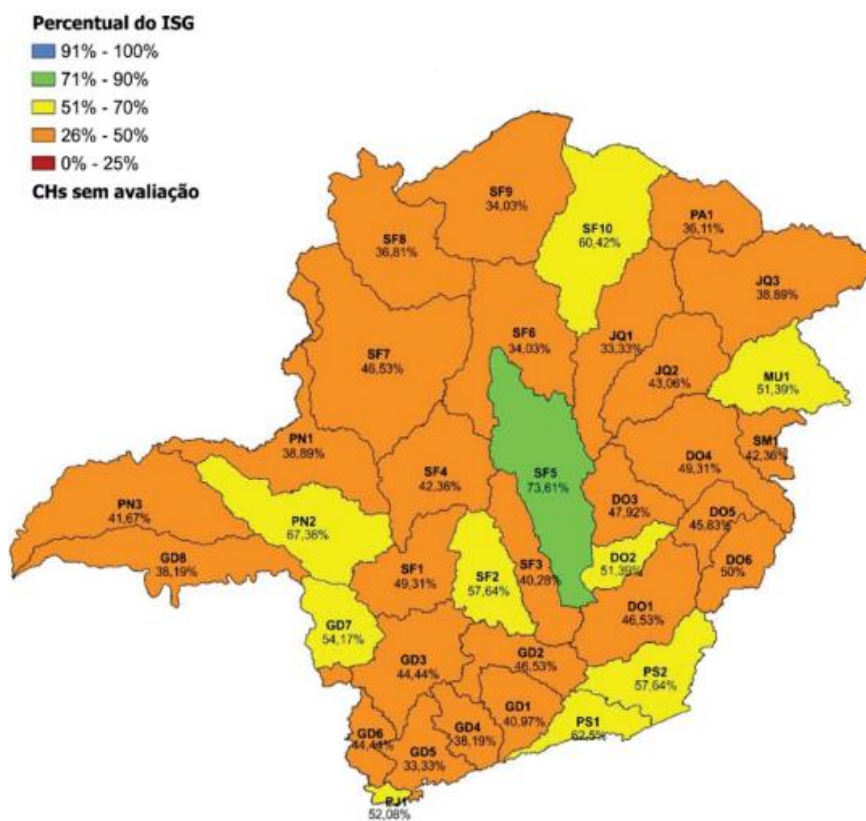
A fim de avaliar a implementação da Política de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) publicou a Deliberação Normativa CERH nº 61/2018. A avaliação é realizada a partir da mensuração do desempenho de indicadores e índices específicos dos seguintes aspectos de gestão do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos: ambiente institucional e relações intergovernamentais; capacidades estatais para a execução da política; implementação dos instrumentos da política; e interação Estado e sociedade (Minas Gerais, 2018).

No que se refere à dimensão instrumentos da política, o último ciclo de monitoramento realizado em 2020 avaliou o Índice de Suporte à Gestão (ISG) das Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais. O referido índice inclui em seu cálculo um conjunto de indicadores que visam compreender a situação dos instrumentos de gestão, da aplicação

dos recursos financeiros nas bacias hidrográficas e da participação dos comitês de bacia e segmentos que os apoiam. Destaque para os seis indicadores que fazem referência direta aos instrumentos de gestão de recursos hídricos: plano diretor de recursos hídricos, enquadramento de corpos de água, sistema de informações, cobrança pelo uso, outorga de direito de uso e outorga de lançamento de efluentes. De acordo com o documento publicado pela entidade, a depender do grau de implementação do instrumento a circunscrição hidrográfica recebe uma determinada nota.

O resultado obtido em 2020 para o ISG está disponível no 2º Relatório de Monitoramento da Governança da Gestão das Águas de Minas Gerais divulgado em 2021 e é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Índice de Suporte à Gestão de Minas Gerais para 2020.



Fonte: IGAM, 2021b.

O Relatório afirma que a capacidade média de suporte à gestão das Circunscrições Hidrográficas em 2020 foi 46,33%, evidenciando uma melhoria quando comparado ao resultado obtido em 2019 - 41,1%. No entanto, o índice permanece no nível “Ruim”. Ressalta-se que foram adicionados dez novos indicadores e que a análise por Circunscrições Hidrográficas evidenciou avanços em diversas regiões. Esse fato poderá

cooperar para aprimorar a implementação dos instrumentos de gestão nos próximos anos (IGAM, 2021b).

No âmbito do saneamento básico, destacam-se quatro indicadores que abordam questões intrínsecas com a gestão das águas, conforme abordado no item 3.1 deste referencial teórico - Segurança Hídrica e Saneamento Básico. São eles: Índice de Coleta de Esgoto, Índice de Tratamento de Esgoto, Índice de Qualidade da Água e Índice de Perdas de Água.

No que se refere à qualidade dos recursos hídricos, uma das ferramentas utilizadas para acompanhar informações acerca da poluição de mananciais superficiais é o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (IGAM, 2022d).

De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, o IQA:

Reflete a contaminação das águas em decorrência da matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes e sintetiza em um único número a interpretação de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas. (IGAM, 2009).

O IQA monitorado em Minas Gerais considera a formulação multiplicativa e abarca os resultados e respectivos pesos para as seguintes variáveis para cálculo: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfato total, variação da temperatura, turbidez, sólidos totais (IGAM, 2022d). Observa-se que alguns dos parâmetros utilizados no cálculo do índice estão relacionados à indicação de contaminação por lançamento de esgotos domésticos, como a demanda bioquímica de oxigênio, os nitratos, o fosfato e os sólidos totais. Conforme exposto pelo IGAM (2022d), o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Para o órgão gestor das águas do Estado de Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas está conectado aos instrumentos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, enquadramento e outorga, sendo, portanto, essencial para estabelecer ações e políticas a serem desenvolvidas pelo Estado. Além disso, afirma que alguns fatores exercem pressão na qualidade da água como, por exemplo, o lançamento de esgotos sem tratamento (IGAM, 2021c). De forma complementar, ANA (2022b) afirma que monitorar e avaliar a qualidade das águas é essencial quando se trata de gerir adequadamente os recursos hídricos, de forma a caracterizar e analisar tendências em bacias hidrográficas e cooperar para o planejamento e a implementação da outorga, da cobrança e do enquadramento dos cursos de água.

O resultado do IQA varia de 0 a 100 e pode ser enquadrado em uma das cinco classes de qualidade de água bruta, conforme o Quadro 2. A tabela destaca também o significado do resultado em relação ao tipo de tratamento de água para fins de abastecimento público.

Quadro 2 - Classificação do IQA.

| Categoria | Ponderação | Significado |
|------------------|----------------------------|---|
| Excelente | $90 < \text{IQA} \leq 100$ | Águas apropriadas para tratamento convencional visando abastecimento público. |
| Bom | $70 < \text{IQA} \leq 90$ | |
| Médio | $50 < \text{IQA} \leq 70$ | |
| Ruim | $25 < \text{IQA} \leq 50$ | Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados. |
| Muito Ruim | $\text{IQA} \leq 25$ | |

Fonte: Adaptado de IGAM, 2022d.

É importante que o resultado do IQA seja analisado levando em consideração os valores individuais dos parâmetros, a fim de compreender quais variáveis contribuem em maior ou menor proporção para a alteração da qualidade da água bruta para fins de tratamento de água, por exemplo. Salienta-se que o IQA possui limitações, visto que não considera outras variáveis significativas para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas e que as que alteram a qualidade organoléptica.

No que se refere às perdas de água nos sistemas de abastecimento, Tardelli Filho (2016) explicita que conhecê-las e controlá-las são a melhor maneira de avaliar a operação e manutenção de um sistema de abastecimento de água, sendo uma interpretação da eficiência operacional.

Importante diferenciar as tipologias de perdas: as perdas reais ou físicas referem-se ao volume perdido por meio de vazamentos, rompimentos e extravasamentos, já as aparentes fazem referência ao consumo não autorizado, ou seja, ao volume de água consumido pelos usuários e que não é faturado, abarcando os erros de medição e o furto (Lambert e Hirner, 2000).

Morais *et al.* (2010) destacam que as perdas de água ocorrem, em sua maioria, na distribuição, seja devido a questões de manutenção da infraestrutura ou pela proximidade do usuário, que pode fraudar a ligação de água.

Lambert e Hirner (2000) ressaltam a confiabilidade da medição dos volumes de água ao longo do sistema de abastecimento no contexto da determinação das perdas. Para os

autores, é essencial medir o volume captado, o volume na saída do tratamento, a água importada e exportada e os volumes de entrada nos setores do sistema de distribuição.

Para exemplificar alguns dos indicadores calculados e monitorados no contexto de perdas de água, segue o rol disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o âmbito nacional: Índice de Perdas de Faturamento (%), Índice de Perdas na Distribuição (%), Índice Bruto de Perdas Lineares (m³/dia/km) e Índice de Perdas por Ligação (L/ligação/dia) (MDR, 2021a). Destaque para o Índice de Perdas da Distribuição (IPD), identificado pelo SNIS como IN049, que considera os volumes distribuídos e consumidos, e o Índice de Perdas por Ligação (IPL), IN051 no SNIS, que pode ser lido como o volume diário perdido por ligação e que contempla os volumes distribuídos e consumidos, bem como o número de ligações ativas.

De acordo com Miranda e Koide (2003), os indicadores de perdas devem possibilitar:

- o planejamento de ações voltadas para a redução e o controle de perdas;
- a análise do desempenho e a comparação entre diferentes sistemas e operadores;
- a tomada de decisões e o planejamento de ações para redução e controle de perdas;
- a definição de políticas públicas para o setor de saneamento, fomentando contratos, planos e diretrizes para melhoria da eficiência.

Conforme exposto por Bastos, Hamdan e Campos (2022), no sentido da comparabilidade, o IPL é mais indicado por ponderar o volume perdido pelas ligações ativas de água, sendo cada vez mais utilizado em substituição ao IPD. Independentemente do tamanho do sistema de abastecimento de água, o IPL indica a quantidade de água desperdiçada diariamente por ligação do sistema. Para Lambert e Hirner (2000), a perda de água expressa em percentual não é adequada quando se trata de obter a eficiência da gestão sobre sistemas de distribuição.

Miranda e Koide (2003) destacam que indicadores de perdas expressos em percentual estão sendo substituídos por indicadores compostos, em que são considerados aspectos como extensão de rede, quantidade de ligações, pressão média de operação da rede de distribuição para homogeneização dos indicadores, principalmente quando se trata da comparação de desempenho.

Um outro aspecto pontuado por Bastos, Hamdan e Campos (2022) é que o IPL não considera as perdas inevitáveis - inerentes aos sistemas devido a impedimentos técnicos

e/ou financeiros. Dessa forma, na comparação entre sistemas, pode ocorrer de um dos sistemas de abastecimento possuir um IPL maior, mas ter suas perdas reais próximas aos patamares inevitáveis. Além disso, para direcionar as ações de redução e controle de perdas é interessante que o IPL seja segregado em perdas reais e aparentes.

Segundo informações do Prosun - Regulação por Exposição, desenvolvido pela Arsae-MG (2021), alguns aspectos podem influenciar as perdas de água como: tipo de prestador de serviços; número de habitantes; relevo da região em que o sistema de abastecimento está instalado. Prestadores de serviços regionais, quando comparados aos da administração pública direta, por exemplo, tendem a possuir mais recursos técnicos e econômicos e esse fato pode influenciar na gestão de perdas. Municípios com populações maiores são mais suscetíveis a perdas de água, pois quanto maior a população atendida pelo sistema de abastecimento de água, maiores são as extensões das redes de distribuição e o número de ligações e, portanto, uma maior área deverá ser alvo de controle de pressão, monitoramento e correção de vazamentos, verificação de fraudes e ligações clandestinas (Arsae-MG, 2021).

A topografia dos municípios também influencia nas perdas de água, regiões mais acidentadas demandam um maior número de estações elevatórias e maiores pressões de operação, situação que favorece a ocorrência de vazamentos na rede de distribuição (Arsae-MG, 2021). Percebe-se, portanto, a multiplicidade dos fatores de influência, fato que pode dificultar a comparação de sistemas de abastecimento.

De acordo com dados do SNIS, em 2020 as perdas na distribuição de água no Brasil variaram entre 34,2% na região Centro-Oeste e 51,2% na Norte, já as perdas por ligação de água alcançaram 235,9 L/ligação/dia no Centro-Oeste e 595,9 L/ligação/dia na região Norte. No Estado de Minas Gerais, a cada 100 litros de água produzida, 37,5 litros foram perdidos ao longo dos sistemas de abastecimento, no âmbito da macrorregião Sudeste, o valor foi de 38,1 litros (MDR, 2021a). Em termos de Índice de Perdas por Ligação, Tardelli Filho (2016) associa o desempenho dos sistemas de abastecimento conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Faixas Situacionais para o Índice de Perdas por Ligação.

| Faixas Situacionais | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------------|
| | Muito Baixo | Baixo | Moderado | Alto | Muito Alto |
| IPL (L/ligação/dia) | < 100 | 100 a 150 | 150 a 250 | 250 a 500 | > 500 |

Fonte: Adaptado de Tardelli Filho, 2016.

De acordo com o artigo 50 da Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020, uma das condições para os municípios terem acesso a recursos públicos é o cumprimento dos índices de perda de água conforme regras estabelecidas pela Portaria nº 490/2021 (MDR, 2021c). Essa referência nacional preconiza que para ser beneficiado o município deve apresentar resultados menores ou iguais a:

- 100% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2021 e 2022;
- 95% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2023 e 2024;
- 90% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2025 e 2026;
- 85% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2027 e 2028;
- 80% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2029 e 2030;
- 75% da média nacional do IPD e IPL nos anos de 2031 e 2032;
- 70% da média nacional do IPD e IPL no ano de 2033; e
- 65% da média nacional do IPD e IPL a partir do ano de 2034.

A portaria indica que a base de dados de referência é o SNIS e que os resultados ficam limitados ao mínimo de 25% para o Índice de Perdas na Distribuição e de 216,0 L/lig./dia para o Índice de Perdas por Ligação.

Em âmbito internacional, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (ERSAR, 2021) traz, em seu Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços, indicadores de perdas para avaliar os serviços prestados pelos entes regulados, dentre eles destaque para:

- Perdas reais (m³/ano);
- Volume de perdas reais por unidade de comprimento de rede (m³/km/dia);
- Volume de perdas reais por ramal (L/ramal/dia);
- Perdas de água por erros de medição (m³/ano).

De acordo com *European Federation of National Associations of Water Services* (EurEau, 2021), na Europa e União Europeia as perdas médias no abastecimento variam de menos de 5% a mais de 50% - tendo como referência o volume de água captada. A entidade explica que diversos fatores influenciam essa variação, como a idade e a manutenção do sistema, o comprimento da rede, o número de ligações, a topografia, o solo e as condições climáticas, o preço da água, as estratégias de controle de vazamentos, a forma como a água é valorizada pela sociedade.

Em relação aos serviços de esgotamento sanitário, o SNIS divulga diversos indicadores no âmbito do território nacional, como, por exemplo, o Índice de Coleta de Esgoto e o Índice de Tratamento de Esgoto, ambos apresentados em percentual. Os resultados para tais índices evidenciam a robustez ou a precariedade dos serviços de coleta e tratamento de efluentes domésticos, fator que poderá influenciar a provisão de água nos mananciais ao longo do tempo, desequilibrar os ecossistemas, influenciar os custos do tratamento de água e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

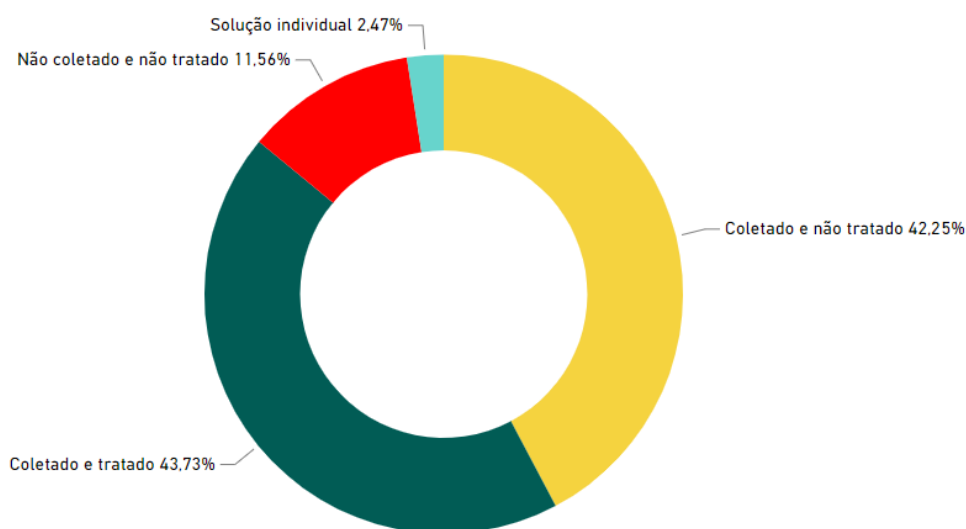
Heller (1997) e Brasil (2021b) indicam a relação entre as ações de saneamento básico e a promoção e manutenção da saúde. De acordo com o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR, 2021b, p.13), os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas “estão intimamente interligados e interferem diretamente na qualidade de vida da população e na qualidade do ambiente em que se vive”.

Segundo informações do Atlas Esgotos - Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2017a), no Brasil 9,1 toneladas de esgoto são geradas por dia, sendo que: 3,9 mil toneladas são encaminhadas para tratamento; 2,4 mil toneladas são despejadas *in natura* no meio ambiente; 1,7 toneladas são coletadas, mas não são submetidas ao tratamento; e 1,1 mil toneladas são encaminhadas para fossas sépticas. Além disso,

Mais de 110 mil km de trechos de rio estão com a qualidade comprometida devido ao excesso de carga orgânica, sendo que em 83.450 km não é mais permitida a captação para abastecimento público devido à poluição e em 27.040 km a captação pode ser feita, mas requer tratamento avançado. (ANA, 2017a).

A Figura 4 apresenta, sob a ótica do Estado de Minas Gerais, quais são os destinos dos esgotos gerados, evidenciando o longo caminho para a universalização dos serviços de coleta e esgoto. Conforme os dados, no Estado, apenas 43,73% dos esgotos eram coletados e tratados e 42,25% eram coletados, mas não tratados (ANA, 2017b).

Figura 4 - Caminhos dos esgotos gerados no Estado de Minas Gerais.



Fonte: Atlas Esgotos (ANA, 2017b).

De maneira complementar, cumpre apresentar os resultados do Índice de Avaliação do Sistema de Esgotamento Sanitário Municipal (IESM), elaborado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais. O referido índice é composto pelos indicadores percentual de coleta, percentual de tratamento e regularização ambiental. Este último é composto de três subindicadores: estação de tratamento de esgoto regularizada, monitoramento ambiental e ICMS Ecológico (com critério para o saneamento). Os resultados divulgados evidenciam que em 2020, 563 dos municípios mineiros estavam em situação considerada “alarmante”, 50 estavam em situação “ruim”, 123 foram classificados como “médio” e 112 como “bom” (Minas Gerais, 2022). Os resultados confirmam que é imperativo priorizar investimentos no setor de esgotamento sanitário.

Conforme mencionado, a Lei Federal nº 14.026/2020 traz no artigo 11-B que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico devem prever metas voltadas para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário, sendo que no mínimo 90% da população do município deve dispor de coleta e tratamento de esgoto até dezembro de 2033 (Brasil, 2020). Um mecanismo que pode colaborar para universalizar o serviço de esgotamento sanitário é o pagamento pela disponibilidade. Caso a rede pública de coleta de esgoto esteja disponível para o usuário e a ligação não seja solicitada, o cidadão estará sujeito ao pagamento de taxas, tarifas e outros preços públicos (Brasil, 2020).

Para melhor compreensão, segue trecho da Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020:

Art. 45. As edificações permanentes urbanas serão conectadas às redes públicas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário disponíveis e sujeitas ao pagamento de taxas, tarifas e outros preços públicos decorrentes da disponibilização e da manutenção da infraestrutura e do uso desses serviços. (grifo do autor)

No entanto, existem situações em que instalar sistema de esgotamento dinâmico pode ser inviável economicamente. Segundo Brasil (2019), em áreas onde as residências são mais isoladas, como nas regiões rurais, ou em áreas de baixa densidade habitacional, os custos envolvidos com a instalação de rede coletora de esgoto são elevados, fato que inviabiliza sua implantação. Sendo assim, sugere-se a adoção de sistema de esgotamento sanitário estático, uma solução alternativa que consiste em coletar localmente o esgoto e direcioná-lo à tanque séptico seguido de tratamento complementar e disposição final segura do efluente e dos subprodutos. A Lei Federal nº 14,026/2020 traz essa previsão:

Art. 45
§ 1º Na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos. (grifo do autor)

Diante do exposto, quais seriam os principais entraves para universalizar os serviços de esgotamento sanitário? O Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR, 2021b), no documento Panorama do Saneamento Básico, aborda algumas das possíveis causas para a precariedade dos serviços de esgotamento sanitário: descontinuidade de políticas públicas quando das mudanças de governo, ausência de planejamento, ineficiência na gestão dos prestadores de serviços, carência de recursos financeiros por parte dos entes federativos, fragilidade da fiscalização, regulação incipiente no setor, ligações factíveis. De acordo com o inciso LXVI, art. 2º, da Resolução Arsae-MG nº 131/2019, define-se usuário factível de esgoto como:

pessoa física ou jurídica ocupante de imóvel situado em logradouro atendido por rede pública de coleta e tratamento de esgoto, mas que não possui conexão entre seu ramal interno de esgoto e o ponto de ligação de esgoto do prestador de serviços, mesmo com viabilidade técnica de conexão. (Arsae-MG, 2019)

Outro desafio são os domicílios localizados em áreas irregulares, fato que dificulta a instalação de redes de esgotos e evidencia uma desarticulação entre as políticas de planejamento urbano e de saneamento básico (MDR, 2021b). O Panorama do Saneamento Básico também aborda sobre o maior foco dado às áreas urbanas em comparação às rurais. Os serviços de esgotamento sanitário na área rural, em geral,

referem-se a tecnologias alternativas, como fossa séptica, fossa filtro, círculo de bananeiras. Cumpre salientar que segundo Junho (2021), a grande maioria da população do Estado de Minas Gerais reside em zona rural. A autora destacou que em cidades menos populosas foram observados casos em que mais da metade da população reside em zona rural, por outro lado, em cidades mais populosas praticamente não se verificou população residente em zona rural.

Lisboa, Heller e Silveira (2013) identificaram as principais dificuldades no processo de planejamento do saneamento básico a nível municipal, principalmente em municípios de menor porte. A pesquisa teve como base estudo realizado com 15 municípios localizados na Zona da Mata de Minas Gerais. Os autores perceberam que os principais obstáculos ao planejamento são: a escassez de recursos financeiros, a limitação da qualificação profissional e capacidade técnica municipal, desarticulação entre as entidades, falta de vontade política.

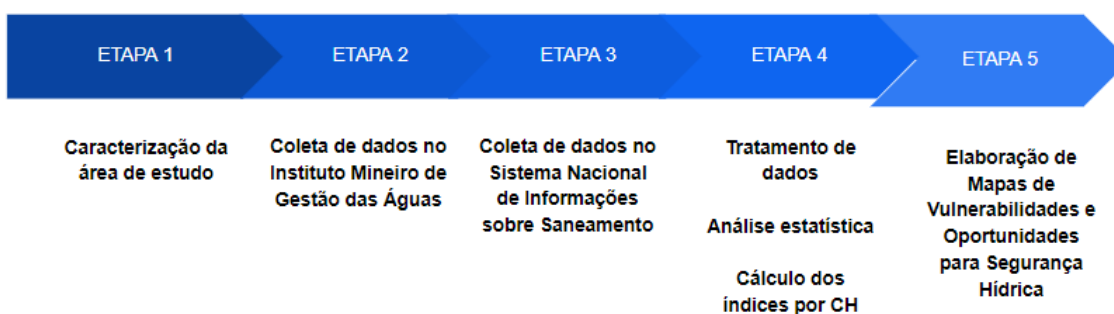
Diante do exposto no Referencial Teórico, percebe-se que o saneamento básico é um parceiro na construção da segurança hídrica nas bacias hidrográficas e que os indicadores são ferramentas que podem auxiliar na compreensão dos cenários e para tomada de decisão. Atuar na expansão dos índices de coleta e tratamento de efluentes domésticos - melhoria e manutenção da qualidade da água bruta - e na redução e no controle de perdas de água - incrementa a disponibilidade de água para os usos múltiplos - são caminhos para ampliar a segurança hídrica nos mananciais superficiais e subterrâneos, principalmente no que concerne ao aspecto da oferta de água.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em dados secundários disponibilizados por entidades públicas foram realizadas análises quantitativas de aspectos relacionados à gestão das águas e ao saneamento básico em nível de bacia hidrográfica, de forma a identificar áreas críticas e discutir a importância da interlocução e cooperação entre os referidos setores para incrementar a segurança hídrica em Minas Gerais, principalmente no sentido de ampliar a oferta de água em quantidade e qualidade.

A metodologia aplicada neste trabalho seguiu o fluxograma de atividades apresentado na Figura 5. A descrição de cada uma das cinco etapas metodológicas é detalhada nos tópicos a seguir.

Figura 5 - Fluxograma de atividades desta pesquisa.

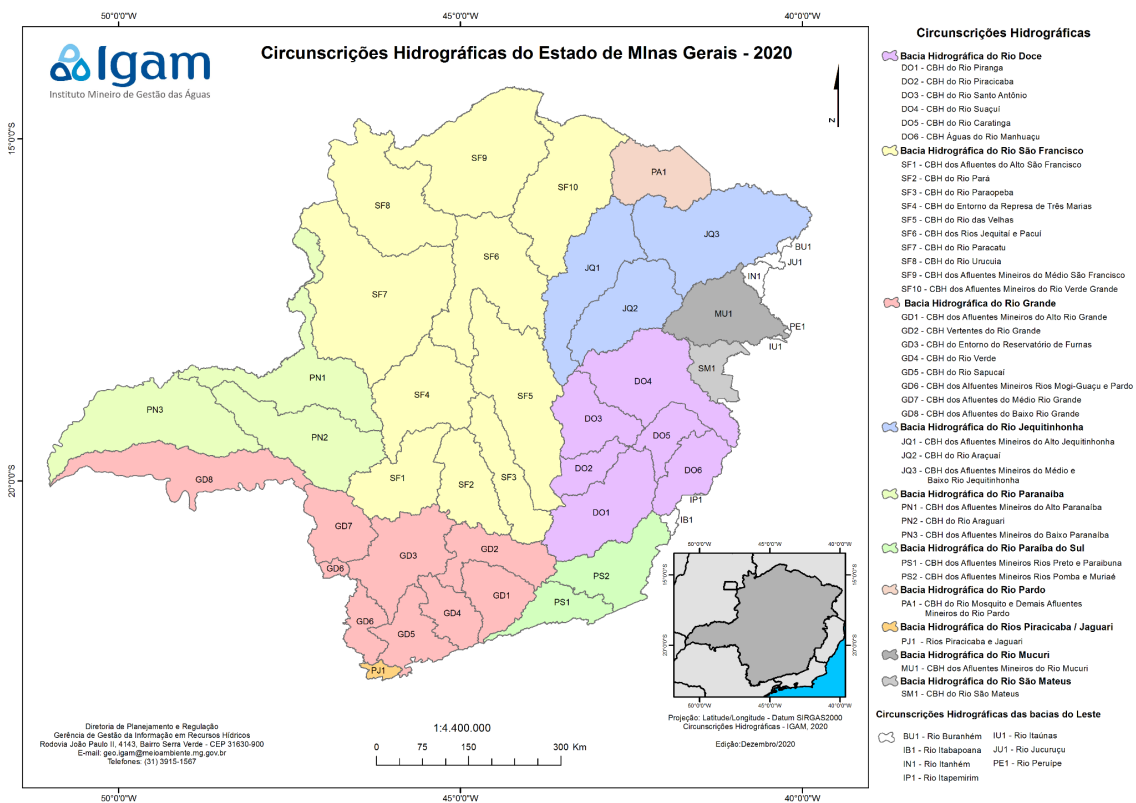


4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho abrange as 36 Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 6.

A referida figura é apresentada em folha A3 no Anexo I deste trabalho.

Figura 6 - Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.



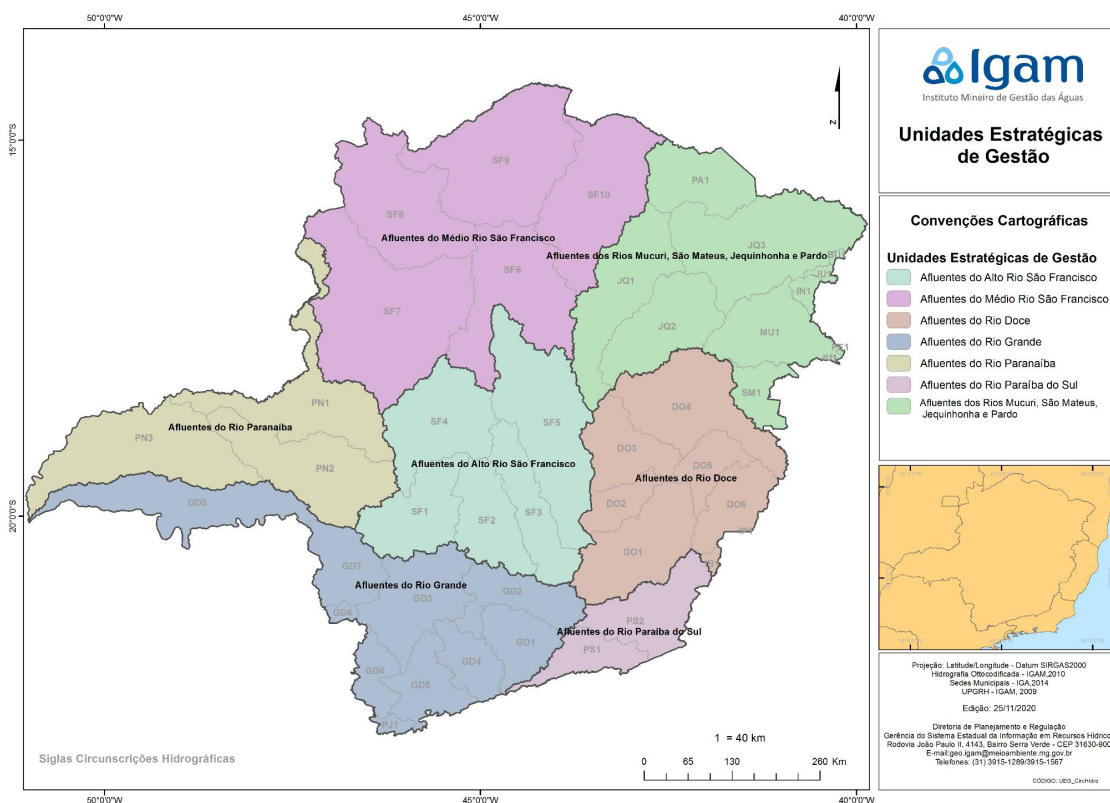
Fonte: IGAM, 2022e.

A Deliberação Normativa CERH-MG nº 71/2021, estabelece sete Unidades Estratégicas de Gestão (UEG) do Estado de Minas Gerais e as 36 Circunscrições Hidrográficas (CH) que as compõem. As UEG são regiões hidrográficas que possuem características de usos, demandas e disponibilidades hídricas comuns ou similares e são consideradas para fins de gestão, já as CH orientam a estruturação e a formação dos comitês de bacia hidrográfica (Minas Gerais, 2021b).

Este estudo considerou as Circunscrições Hidrográficas, pois as informações acerca do *status* de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos estão relacionadas com cada comitê de bacia. No entanto, na etapa de discussão dos resultados aborda-se também os cenários obtidos para as UEG.

A Figura 7 apresenta as Unidades Estratégicas de Gestão (IGAM, 2022e). A referida figura é apresentada em folha A3 no Anexo II deste trabalho.

Figura 7 - Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais.



Fonte: IGAM, 2022e.

O Anexo I da Deliberação Normativa CERH-MG nº 71/2021 apresenta as Unidades Estratégicas de Gestão e os códigos das respectivas Circunscrições Hidrográficas, já o Anexo II apresenta os códigos e nomeia as Circunscrições Hidrográficas. O Quadro 3 apresenta as informações de forma compilada.

Quadro 3 - UEG e CH do estado de Minas Gerais.

(continua).

| Código | Unidade Estratégica de Gestão e Circunscrição Hidrográfica |
|---------------------|---|
| <u>UEG 1</u> | <u>Afluentes do Alto Rio São Francisco</u> |
| SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco |
| SF2 | Rio Pará |
| SF3 | Rio Paraopeba |
| SF4 | Entorno da Represa de Três Marias |
| SF5 | Rio das Velhas |
| <u>UEG 2</u> | <u>Afluentes do Médio Rio São Francisco</u> |
| SF6 | Rios Jequitaí e Pacuí |
| SF7 | Rio Paracatu |
| SF8 | Rio Urucuia |
| SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco |
| SF10 | Rio Verde Grande |

Quadro 3 - UEG e CH do estado de Minas Gerais.

(continuação)

| Código | Unidade Estratégica de Gestão e Circunscrição Hidrográfica |
|----------------------------|--|
| <u>UEG 3</u> | <u>Afluentes do Rio Grande</u> |
| GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande |
| GD2 | Vertentes do Rio Grande |
| GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas |
| GD4 | Rio Verde |
| GD5 | Rio Sapucaí |
| GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo |
| GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande |
| GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande |
| PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari |
| <u>UEG 4</u> | <u>Afluentes do Rio Doce</u> |
| DO1 | Rio Piranga |
| DO2 | Rio Piracicaba |
| DO3 | Santo Antônio |
| DO4 | Rio Suaçuí |
| DO5 | Rio Caratinga |
| DO6 | Rio Manhuaçu |
| IP1 | Bacia desconsiderada neste estudo* |
| <u>UEG 5</u> | <u>Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo</u> |
| JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha |
| JQ2 | Rio Araçuaí |
| JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha |
| MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri |
| PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiros do Rio Pardo |
| SM1 | Rio São Mateus |
| PE1, BU1, IN1, IU1, JU1 | Bacias desconsideradas neste estudo* |
| <u>UEG 6</u> | <u>Afluentes do Rio Paranaíba</u> |
| PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba |
| PN2 | Rio Araguari |
| PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba |
| <u>UEG 7</u> | <u>Afluentes do Rio Paraíba do Sul</u> |
| PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna |
| PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé |
| IB1 | Bacia desconsiderada neste estudo* |

*Não há informações disponíveis acerca do *status* de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no sítio eletrônico do IGAM. São rios de domínio da União que não constituem CH no Estado de Minas Gerais.

4.2. COLETA DE DADOS

Os dados para esta pesquisa foram coletados no órgão gestor estadual de recursos hídricos, Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, e no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS.

Para cálculo do Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH), Índice de Coleta de Esgoto (ICE), Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) e Índice de Perdas por Ligação (IPL) nas Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais definiu-se como referência para coleta de informações o ano de 2020, período mais atual disponível no SNIS na data do desenvolvimento desta pesquisa. Considerou-se a perspectiva anual para que as nuances sazonais sejam contempladas. Buscou-se dados para o ano coincidente no IGAM.

4.2.1. Coleta de dados - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

A coleta de informações no sítio eletrônico do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) foi realizada em fevereiro de 2022. Foram coletadas as seguintes informações:

- Nomes dos municípios que compõem cada Circunscrição Hidrográfica (CH) do Estado de Minas Gerais IGAM (2022f). Na referência citada constam a listagem de todos os Comitês de Bacia do Estado de Minas Gerais com a indicação das respectivas Circunscrições Hidrográficas, sendo que o acesso à CH de interesse leva ao item “Conheça a Bacia” que permite a verificação da listagem de municípios. Para municípios que pertencem a mais de uma CH, definiu-se a CH de alocação considerando a sede municipal, assim a repetição de informações em mais de uma bacia pôde ser evitada;
- *Status* de cada instrumento de gestão de recursos hídricos para cada uma das Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (IGAM, 2020b, 2022a, 2022b, 2022c, 2022g e 2022h). Salienta-se que para esse aspecto estudado não foi encontrado um histórico completo dos dados. Diante disso, realizou-se uma pesquisa no sítio eletrônico da entidade a fim de averiguar o *status* de cada instrumento de gestão no ano de 2020 no contexto de cada Circunscrição Hidrográfica. Em junho de 2022, diante da necessidade de informação adicional, solicitou-se via e-SIC dados ao órgão ambiental, sendo a resposta enviada no mês de julho de 2022 suficiente para o estudo;

- Mapa apresentando resultados qualitativos para o Índice de Qualidade da Água (IQA) por Circunscrição Hidrográfica (IGAM, 2021d). Os resultados de IQA apresentam as seguintes terminologias: excelente, bom, médio, ruim, muito ruim.

4.2.2. Coleta de dados - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

As informações e equações para cálculo do Índice de Coleta de Esgoto (ICE), Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) e Índice de Perdas por Ligação (IPL), são disponibilizadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), sendo que o ICE é denominado pelo SNIS de IN015 (Índice de Coleta de Esgoto), o ITE de IN016 (Índice de Tratamento de Esgoto) e o IPL de IN051 (Índice de Perdas por Ligação).

Para cálculo dos índices foi realizada em fevereiro de 2022 a coleta das séries históricas contendo os dados referentes às informações de água e esgoto consolidadas por municípios de Minas Gerais para o ano de 2020 (MDR, 2022a). Com base nos dados municipais, as informações foram consolidadas por CH, conforme explicado em tópicos posteriores.

Para auxiliar na análise dos resultados do IPL, este estudo também considerou a informação G12A, disponibilizada pelo SNIS, que se refere à população total residente dos municípios com abastecimento de água, segundo o IBGE, além da informação acerca da natureza jurídica do prestador de serviços de abastecimento de água.

4.3. CÁLCULO DOS ÍNDICES PARA AS CIRCUNSCRIÇÕES HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

A partir da base de dados coletadas foram calculados os seguintes indicadores para cada uma das Circunscrições Hidrográficas: (i) Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos; (ii) Índice de Coleta de Esgoto; (iii) Índice de Tratamento de Esgoto; e (iv) Índice de Perdas de Água por Ligação. Adicionalmente, verificou-se, para cada Circunscrição Hidrográfica, o Índice de Qualidade da Água Bruta. Os referidos indicadores foram escolhidos, pois possuem relação intrínseca com a segurança hídrica e podem auxiliar a traduzir na prática a interlocução entre a gestão das águas e o saneamento.

A seguir são apresentados detalhes sobre os cálculos dos índices considerados neste estudo.

4.3.1. Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH)

O IGRH foi desenvolvido neste estudo e seu resultado tem o intuito de traduzir qual o nível de implementação do conjunto de instrumentos de gestão de recursos hídricos em cada Circunscrição Hidrográfica, a saber: (i) Plano de Recurso Hídricos, (ii) Enquadramento, (iii) Outorga, (iv) Cobrança e (v) Sistema de Informações. Nesse sentido, cada CH possui um IGRH entre 0 e 100%, a depender do *status* de implementação do conjunto dos cinco instrumentos de gestão.

A fim de simplificar, este estudo optou por reduzir o número de nomenclaturas de nove para três, a saber: (i) instrumento não implementado; (ii) instrumento em processo de implementação; e (iii) instrumento implementado. Considerou-se que: o *status* instrumento não implementado abarca as nomenclaturas do IGAM correspondentes a “a ser elaborado” e “não possui”; o termo instrumento em processo de implementação considera as nomenclaturas “em elaboração” e “a ser aprovado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica/Conselho Estadual de Recursos Hídricos”; e o *status* instrumento implementado inclui os termos “concluído”, “concluído/atualizado”, “em atualização”, “vigente/em revisão” e “vigente”.

Determinou-se que cada *status* se refere a uma nota, sendo que se o instrumento não estiver implementado na CH a nota será 0 (zero); caso esteja em processo de implementação a nota será 0,5 e quando o instrumento já estiver implementado, a nota será 1,0 (um). Sendo assim, as escalas de avaliação do índice podem variar conforme as seguintes definições apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 - Escalas de avaliação do IGRH.

| Nota | Status do Instrumento de Gestão da Águas |
|-------------|---|
| 0 | instrumento não implementado |
| 0,5 | instrumento em processo de implementação |
| 1,0 | instrumento implementado |

Fonte: Autora deste estudo (2022).

Em relação ao peso de cada um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para cálculo do índice, definiu-se pesos iguais, pois para este trabalho considerou-se que todos os cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos possuem a mesma relevância para a gestão das águas.

Sendo assim, a Equação I apresenta a fórmula do IGRH, elaborada para este estudo, e calculada para cada CH do estado de Minas Gerais:

$$IGRH = \frac{\sum_{i=1}^5 I_i}{5} \times 100\% \quad (\text{Equação I})$$

Em que:

IGRH: Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos da CH, variando entre 0 e 100%;

I_i : nota do instrumento i de gestão de recursos hídricos.

4.3.2. Índice de Coleta de Esgoto (ICE), Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) e Índice de Perdas por Ligação (IPL)

A fim de determinar o ICE, ITE e IPL foram considerados dados para cada município mineiro que enviou informações ao SNIS, sendo os índices calculados para o conjunto de municípios que compõem cada Circunscrição Hidrográfica. Os dados municipais coletados no SNIS foram alocados em cada Circunscrição Hidrográfica.

Preliminarmente à etapa de cálculo dos indicadores, foi realizada uma verificação do rol de municípios para identificar aqueles que não enviaram uma ou mais informações essenciais para cálculo dos indicadores de interesse. Assim, foi possível determinar a aderência municipal ao envio de dados, utilizada como informação complementar para análise dos resultados obtidos para o ICE, ITE e IPL nas Circunscrições Hidrográficas, evidenciando resultados mais robustos à medida que o percentual de aderência fosse maior.

Para além da aderência municipal, no caso do IPL, foi realizado um tratamento de dados, sendo considerados apenas aqueles municípios com macromedição e micromedição simultaneamente iguais ou superiores a 90%, conforme sugerido por Arsae-MG (2021), no Projeto de Regulação por Exposição desenvolvido pela Arsae-MG - Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Essa condição vai ao encontro da importância das medições de volumes ao longo do sistema de abastecimento de água para fins de cálculo de indicadores de perdas, conforme abordado no referencial teórico.

As equações apresentadas a seguir consideraram as mesmas informações de cálculo do SNIS - as equações dos indicadores e as informações que compõem os cálculos estão disponíveis nos Glossários disponibilizados pelo SNIS (MDR, 2022b). No entanto, a fim

de obter os resultados dos índices por Circunscrição Hidrográfica, houve a inclusão do somatório das informações municipais (n) que compõem a equação para cada indicador de interesse.

As Equações II, III e IV apresentam, respectivamente, os cálculos do ICE, ITE e IPL:

$$ICE = \frac{\sum_{k=1}^n (ES005)}{\sum_{k=1}^n (AG010 - AG019)} \times 100\% \quad (\text{Equação II})$$

Em que:

ICE: Índice de Coleta de Esgoto em cada CH, variando entre 0 e 100%;

ES005: Volume de esgoto coletado no município k;

AG010: Volume de água consumido no município k;

AG019: Volume de água tratado exportado do município k;

$$ITE = \frac{\sum_{k=1}^n (ES006 + ES014 + ES015)}{\sum_{k=1}^n (ES005 + ES013)} \times 100\% \quad (\text{Equação III})$$

Em que:

ITE: Índice de Tratamento de Esgoto em cada CH, variando entre 0 e 100%;

ES005: Volume de esgoto coletado no município k;

ES006: Volume de esgoto tratado no município k;

ES013: Volume de esgoto bruto importado de outros municípios;

ES014: Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador;

ES015: Volume de esgoto bruto exportado e tratado nas instalações do importador.

$$IPL = \frac{\sum_{k=1}^n (AG006 + AG018 - AG010 - AG024)}{\sum_{k=1}^n AG002} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (\text{Equação IV})$$

Em que:

IPL: Índice de Perdas por Ligação em cada CH, em L/lig./dia;

AG002: Quantidade de ligações ativas de água no município k;

AG006: Volume de água produzido no município k;

AG010: Volume de água consumido no município k;

AG018: Volume de água tratada importado de outros municípios;

AG024¹: Volume de serviços no município k.

Para este estudo, apesar do cálculo dos indicadores ICE, ITE e IPL por Circunscrição Hidrográfica não considerar os índices municipais individuais, sua análise paralela torna-se fundamental para auxiliar a discutir os resultados obtidos por CH. Assim, para fins de análises estatísticas, as equações II, III e IV também foram aplicadas desconsiderando o somatório, ou seja, calculadas individualmente para cada um dos municípios que compõem as CH. Nessa etapa, foram gerados gráficos BoxPlot com o auxílio do *Excel*.

4.4. MAPAS DE VULNERABILIDADES E OPORTUNIDADES PARA A SEGURANÇA HÍDRICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

A fim de compreender visualmente os cenários de cada Circunscrição Hidrográfica do Estado de Minas Gerais em termos dos resultados dos índices - Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH), Índice de Coleta de Esgoto (ICE), Índice de Tratamento de Esgoto (ITE) e Índice de Perdas por Ligação (IPL) - foram elaborados quatro Mapas de Vulnerabilidades e Oportunidades para a Segurança Hídrica no Estado de Minas Gerais para o ano de estudo. Os mapas têm como objetivo de traduzir em cores os resultados dos índices, considerando: azul - cenário favorável; amarelo: cenário moderado; laranja: cenário de alerta.

A alocação dos resultados obtidos para o conjunto de municípios que compõem cada Circunscrição Hidrográfica em cada rótulo depende de classificação prévia, etapa que foi realizada neste estudo a partir da determinação de intervalos de valores para cada índice. Em relação ao IGRH, ICE e ao ITE, optou-se por ordenar os 36 valores encontrados para cada CH e dividi-los em quartis, classificando-os em: cenário favorável, cenário moderado e cenário de alerta. Assim, os 36 resultados obtidos para cada um dos índices no contexto de cada CH foi ordenado em ordem crescente, sendo que valores encontrados até a mediana foram considerados como cenário de alerta; valores maiores que a mediana, inclusive, até o terceiro quartil foram alocados no cenário moderado; e valores acima do terceiro quartil, inclusive, foram enquadrados no cenário favorável. O Quadro 4 apresenta as classificações adotadas para o IGRH, ICE e o ITE. Sendo assim, quanto maior o resultado obtido melhor o cenário da Circunscrição Hidrográfica em relação à adoção dos

¹ Valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado.

instrumentos de gestão das águas, no caso do IGRH, e da universalização dos serviços de coleta e de tratamento de esgoto sanitário, no que se refere ao ICE e ITE.

Quadro 4 - Classificação do IGRH, ICE e do ITE.

| Indicador | Classificação | | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| | Cenário de Alerta | Cenário Moderado | Cenário Favorável |
| IGRH (%) | IGRH < Mediana | Mediana ≤ IGRH < 3º quartil | IGRH ≥ 3º quartil |
| ICE (%) | ICE < Mediana | Mediana ≤ ICE < 3º quartil | ICE ≥ 3º quartil |
| ITE (%) | ITE < Mediana | Mediana ≤ ITE < 3º quartil | ITE ≥ 3º quartil |

Fonte: Autora deste estudo (2022).

Em relação ao IPL, optou-se por considerar uma referência nacional que classifica a performance do índice. Tardelli Filho (2016) associa as faixas de valores do IPL ao desempenho dos sistemas de abastecimento, conforme apresentado no referencial teórico - item Indicadores para Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Neste estudo, optou-se por aglutinar as classificações “muito baixo” e “baixo” para compor o cenário favorável; manter o cenário moderado; e agrupar as denominações “alto” e “muito alto” para constituir o cenário de alerta, conforme exposto na Tabela 3. Percebe-se que quanto menor o resultado do IPL, melhor o cenário da Circunscrição Hidrográfica em termos de desempenho do sistema de abastecimento em termos de gestão de perdas de água.

Tabela 3 - Classificação do IPL.

| Indicador | Classificação | | |
|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Cenário de Alerta | Cenário Moderado | Cenário Favorável |
| IPL (L/lig./dia) | IPL ≥ 250 | 150 ≤ IPL < 250 | IPL < 150 |

Fonte: Autora deste estudo (2022).

Por fim, quatro Mapas de Vulnerabilidades e Oportunidades para a Segurança Hídrica no Estado de Minas Gerais foram elaborados para o ano de 2020 com a ferramenta QGIS, *software* livre que permite visualizar, editar e analisar dados georreferenciados. As seguintes bases cartográficas em formato *shapefile* foram coletadas, em maio de 2022, no sítio eletrônico do IDE-Sisema: Circunscrições Hidrográficas, Unidades Estratégicas de Gestão dos Recursos Hídricos e Sedes Municipais.

No contexto dos mapas elaborados, que expõem os cenários encontrados a partir dos índices calculados (IGRH, ICE, ITE e IPL), bem como o mapa coletado no sítio eletrônico

do IGAM (2021d), que apresenta resultados do IQA em pontos de coleta inseridos nas Circunscrição Hidrográfica do Estado de Minas Gerais, foi possível analisar os resultados e discutir estratégias de melhorias para os panoramas obtidos.

Adicionalmente, elaborou-se Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades para o índice composto ICE e ITE, calculado multiplicando os resultados dos dois índices para cada uma das 36 Circunscrições Hidrográficas. A metodologia relativa à classificação do índice composto é a mesma para a adotada para o ICE e ITE.

No contexto dos mapas, as vulnerabilidades e oportunidades evidenciam Circunscrições Hidrográficas cujos índices estudados, nas condições consideradas neste trabalho, indicam oportunidades para agir em busca da redução da vulnerabilidade hídrica, principalmente no que se refere à oferta de água.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ORGANIZAÇÃO, SELEÇÃO E REPRESENTATIVIDADE DA AMOSTRA

5.1.1. Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

No que se refere ao *status* dos cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos para as 36 Circunscrições Hidrográficas, um total de 180 informações foram coletadas no órgão gestor de recursos hídricos, IGAM, que abarcam todo o Estado de Minas Gerais para o ano de 2020.

5.1.2. Índice de Coleta de Esgoto, Índice de Tratamento de Esgoto e Índice de Perdas por Ligação

As informações consolidadas e disponibilizadas pelo SNIS para o ano de 2020 referem-se aos 853 municípios do Estado de Minas Gerais. A alocação dos dados municipais de água e esgoto nas 36 Circunscrições Hidrográficas para fins de cálculo do Índice de Coleta de Esgoto, do Índice de Tratamento de Esgoto e do Índice de Perdas por Ligação, resultou em uma amostra preliminar de 846 municípios. Isso porque, os sete municípios restantes têm sua sede pertencente a bacias não estudadas neste trabalho - a verificação da localização da sede foi realizada com o auxílio do *software* QGis. Conforme explicado no item Materiais e Métodos, o IGAM não apresentou informações sobre os instrumentos de gestão de recursos hídricos para as bacias BU1, IB1, IN1, IP1, IU1, JU1 e PE1, pois tratam-se de bacias com rios que pertencem à União e, portanto, não são consideradas Circunscrições Hidrográficas em Minas Gerais.

Em relação à amostra preliminar, realizou-se uma verificação no que concerne à aderência municipal, a fim de excluir municípios que não enviaram informações essenciais para o cálculo dos índices de interesse. Importante salientar que o SNIS é um banco de dados cujas informações são disponibilizadas pelos próprios prestadores dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e, por isso, o envio e a confiabilidade dos dados podem variar entre os municípios.

Após considerar a aderência municipal para todos os índices e realizar o tratamento dos dados para o cálculo do Índice de Perdas por Ligação, conforme abordado na metodologia - exclusão dos municípios com macromedição e micromedição simultaneamente menores que 90%, tem-se que a amostra válida selecionada para este estudo corresponde a 70%

dos municípios do Estado para o cálculo do IPL, 98% para o ICE e 81% para o ITE, conforme apresentado na Tabela 4.

A partir da análise dos dados expostos observa-se que em relação ao IPL, 18 municípios foram desconsiderados por não terem enviado as informações para cálculo do indicador. No entanto, após tratamento de dados com os critérios mínimos de macromedição e micromedição, outros 240 municípios foram eliminados da amostra válida. No que se refere ao ICE e ITE, foram desconsiderados, respectivamente, 18 e 158 municípios diante da condição de envio de todas as informações para cálculo dos indicadores.

Para Babbie (2007, *apud* Cubula, 2013), uma taxa de resposta de pelo menos 50% é considerada adequada para analisar dados provenientes de pesquisas por amostragem. Van der Stede *et al.* (2005, *apud* Carneiro *et al.* 2015) indicam que, em geral, taxas de respostas abaixo de 20% tendem a não representar a realidade da população avaliada em pesquisas do tipo *survey*.

Diante disso, a partir dos dados apresentados na Tabela 4, a análise dos resultados para o IPL merece cautela nas seguintes Circunscrições Hidrográficas, cujas amostras válidas são inferiores a 50%: GD4 (Rio Verde), JQ1 (Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha), JQ2 (Rio Araçuaí), JQ3 (Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha), MU1 (Afluentes Mineiros do Rio Mucuri), SM1 (Rio São Mateus) e PS1 (Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna). Destaque para JQ1, que apresenta menos de 20% de amostra válida. A maior concentração de amostras inferiores a 50% é na UGE5 (Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo), onde das 06 Circunscrições Hidrográficas, 05 possuem amostras válidas inferiores a 50% para o IPL, a exceção é a PA1 (Rio Mosquito e demais Afluentes Mineiros do Rio Pardo), com 100% dos municípios válidos na amostra.

No caso do ITE, nota-se essa condição apenas para a SF9 (Afluentes Mineiros do Médio São Francisco), com 47% de amostra válida. Nenhuma Circunscrição Hidrográfica está nessa situação para o ICE.

Tabela 4 - Amostra preliminar, aderência e amostra válida de municípios para cálculo do IPL, ICE e ITE.

(continua).

| Código da UEG/CH | Bacia Hidrográfica | Amostra preliminar de municípios | Aderência de municípios para cálculo do IPL | Amostra válida de municípios para cálculo do IPL (macro e micro \geq 90%) | Aderência e amostra válida de municípios para cálculo do ICE | Aderência e amostra válida de municípios para cálculo do ITE |
|-------------------------|--|---|--|---|---|---|
| UEG1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | | | | | |
| SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | 19 | 18 | 12 | 18 | 18 |
| SF2 | Rio Pará | 27 | 27 | 24 | 27 | 27 |
| SF3 | Rio Paraopeba | 35 | 34 | 26 | 34 | 28 |
| SF4 | Entorno da Represa de Três Marias | 15 | 15 | 14 | 15 | 9 |
| SF5 | Rio das Velhas | 44 | 44 | 37 | 44 | 37 |
| UEG2 | Afluentes do Médio Rio São Francisco | | | | | |
| SF6 | Rios Jequitaiá e Pacuí | 19 | 19 | 14 | 19 | 12 |
| SF7 | Rio Paracatu | 12 | 11 | 08 | 11 | 08 |
| SF8 | Rio Urucuia | 08 | 08 | 07 | 08 | 06 |
| SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 17 | 17 | 17 | 17 | 08 |
| SF10 | Rio Verde Grande | 24 | 23 | 19 | 23 | 18 |
| UEG3 | Bacia Hidrográfica do Rio Grande | | | | | |
| GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 21 | 19 | 13 | 19 | 16 |
| GD2 | Vertentes do Rio Grande | 31 | 31 | 24 | 31 | 28 |
| GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | 35 | 35 | 26 | 35 | 33 |
| GD4 | Rio Verde | 23 | 20 | 11 | 20 | 19 |
| GD5 | Rio Sapucaí | 40 | 40 | 28 | 40 | 38 |
| GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo | 21 | 21 | 18 | 21 | 19 |
| GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande | 18 | 18 | 15 | 18 | 18 |
| GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande | 18 | 18 | 16 | 18 | 18 |
| PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari | 04 | 04 | 04 | 04 | 03 |

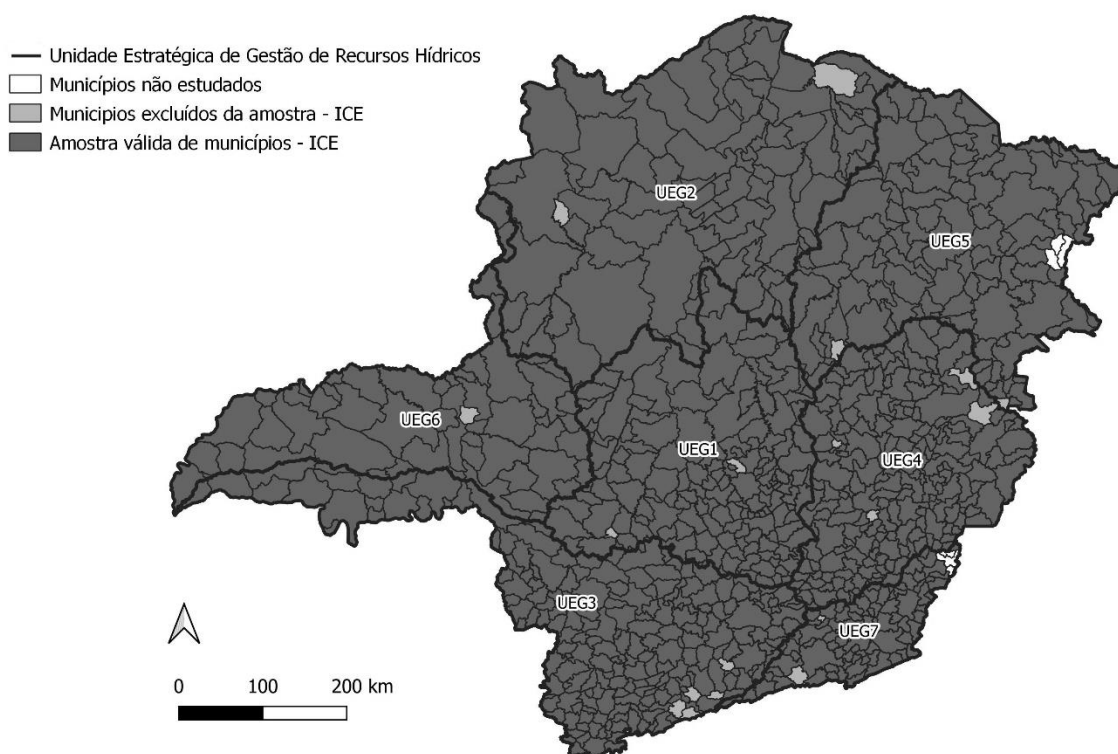
Tabela 4 - Amostra preliminar, aderências e amostras válidas de municípios para cálculo do IPL e ITE. (continuação).

| Código da UEG/CH | Bacia Hidrográfica | Amostra preliminar de municípios | Aderência de municípios para cálculo do IPL | Amostra válida de municípios para cálculo do IPL (macro e micro $\geq 90\%$) | Aderência e amostra válida de municípios para cálculo do ICE | Aderência e amostra válida de municípios para cálculo do ITE |
|---------------------------------------|---|---|--|--|---|---|
| UEG4 | Afluentes do Rio Doce | | | | | |
| DO1 | Rio Piranga | 63 | 62 | 43 | 62 | 46 |
| DO2 | Rio Piracicaba | 17 | 17 | 10 | 17 | 17 |
| DO3 | Santo Antônio | 23 | 22 | 12 | 22 | 15 |
| DO4 | Rio Suaçuí | 41 | 39 | 29 | 39 | 31 |
| DO5 | Rio Caratinga | 24 | 24 | 22 | 24 | 16 |
| DO6 | Rio Manhuaçu | 24 | 24 | 13 | 24 | 21 |
| UEG5 | Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo | | | | | |
| JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha | 10 | 10 | 01 | 10 | 07 |
| JQ2 | Rio Araçuaí | 21 | 20 | 06 | 20 | 19 |
| JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha | 29 | 29 | 12 | 29 | 24 |
| MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri | 14 | 14 | 04 | 14 | 14 |
| PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiros do Rio Pardo | 12 | 12 | 12 | 12 | 08 |
| SM1 | Rio São Mateus | 13 | 12 | 03 | 12 | 11 |
| UEG6 | Afluentes do Rio Paranaíba | | | | | |
| PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba | 18 | 17 | 12 | 17 | 14 |
| PN2 | Rio Araguari | 13 | 13 | 10 | 13 | 12 |
| PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba | 13 | 13 | 10 | 13 | 12 |
| UEG7 | Afluentes do Rio Paraíba do Sul | | | | | |
| PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 22 | 21 | 10 | 21 | 14 |
| PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé | 58 | 57 | 46 | 57 | 44 |
| TOTAL DE MUNICÍPIOS DA AMOSTRA | | 846 | 828 | 588 | 828 | 688 |

Em relação à representatividade espacial das amostras válidas para cálculo do Índice de Coleta de Esgoto, do Índice de Tratamento de Esgoto e do Índice de Perdas por Ligação, a Figura 8, a Figura 9 e a Figura 10 apresentam, respectivamente, para o ICE, ITE e IPL como se distribuem os municípios mineiros considerados neste estudo.

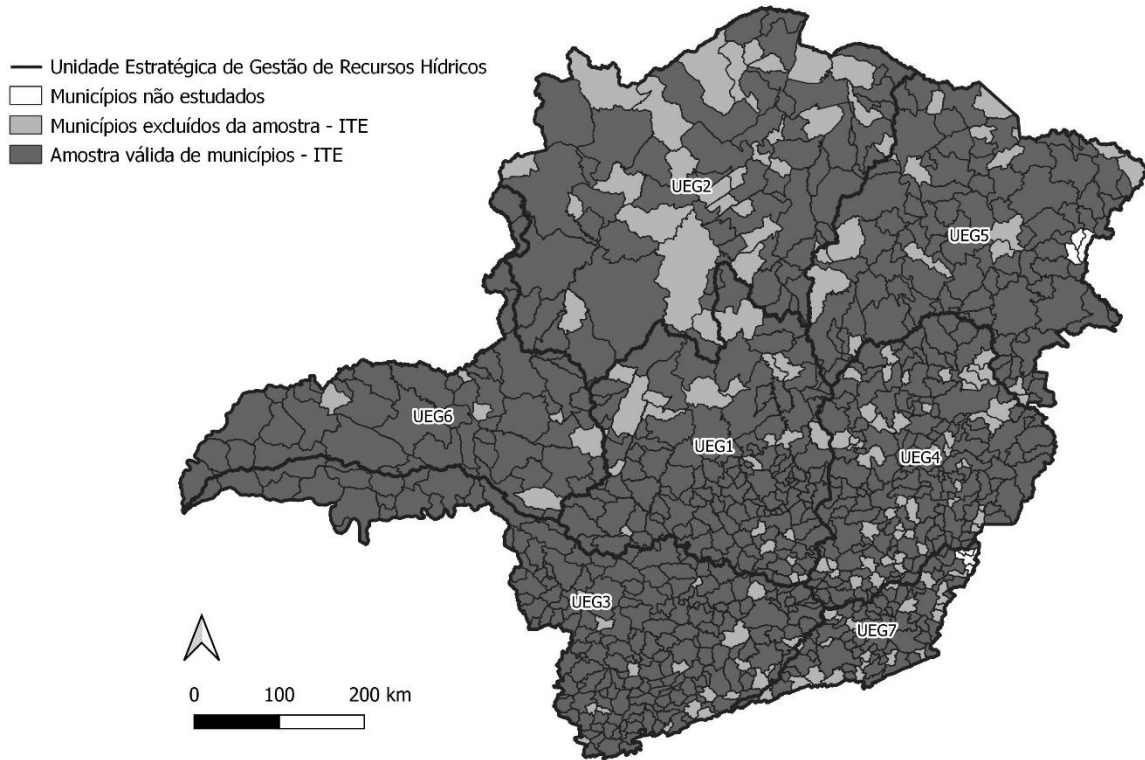
Verifica-se que os municípios das três amostras estão dispersos por todo o território de Minas Gerais, havendo municípios em todas as Unidades Estratégicas de Gestão de Recursos Hídricos, fato que indica a representatividade espacial da amostra. No entanto, observa-se a carência de municípios amostrados que representem a Bacia Hidrográfica dos Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo (UEG5) para cálculo do IPL. Esse fato justifica-se, principalmente, pela exclusão de municípios com macromedição e micromedição simultaneamente menores que 90%, o que evidencia a precariedade das medições dos volumes de água produzidos e distribuídos na região por parte dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento da região.

Figura 8 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Coleta de Esgoto.



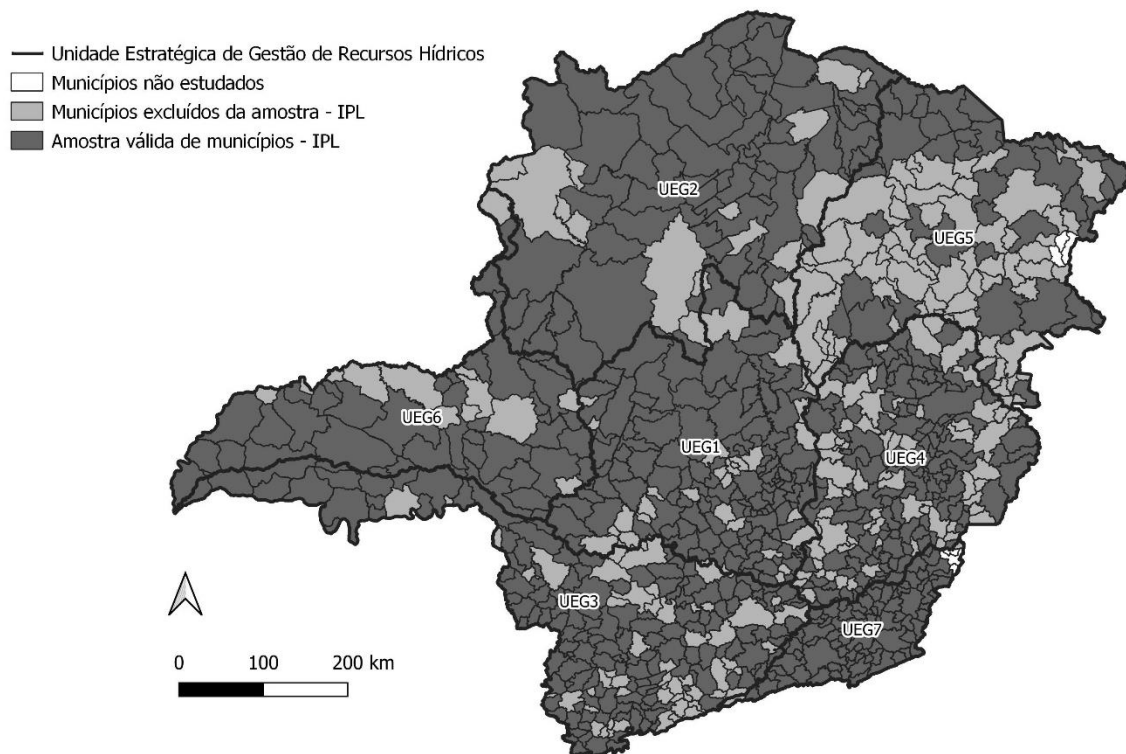
Fonte: Autora deste estudo (2023).

Figura 9 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Tratamento de Esgoto.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

Figura 10 - Representatividade espacial da amostra relativa ao Índice de Perdas por Ligação.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

5.2. ESTATÍSTICA DESCRITIVA - ICE, ITE E IPL

5.2.1. Índice de Coleta de Esgoto

O Gráfico 1 (a, b, c, d, e, f, g) apresenta gráficos *boxplot* para os Índices de Coleta de Esgoto calculados para os municípios estudados.

Gráfico 1 - *Boxplot* para os Índices de Coleta de Esgoto nas Circunscrições Hidrográficas.



O *boxplot* permite comparar de forma visual as amostras estudadas, de maneira a identificar a média, a mediana, bem como verificar a dispersão e os *outliers* da base de dados em estudo. Para este estudo, optou-se por apresentar os gráficos para todas as Circunscrições Hidrográficas considerando a subdivisão por Unidades Estratégicas de Gestão.

Diante dos gráficos *boxplot* apresentados no Gráfico 1, é possível observar que os Índices de Coleta de Esgoto calculados para os municípios apresentam significativa dispersão em todas as Unidades Estratégicas de Gestão, sendo verificados valores entre 0 e 100% em grande parte das Circunscrições Hidrográficas, com algumas exceções.

Para a UEG1, Afluentes do Alto Rio São Francisco, percebe-se que a SF2 - Rio Pará uma menor dispersão de dados quando comparada às demais CHs da UEG1, sendo o Índice de Coleta de Esgoto mínimo próximo de 40%. Por outro lado, na UEG2, Afluentes do Médio Rio São Francisco, a SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco apresenta resultado próximo a 40% para o valor máximo. Para a UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande, as Circunscrições Hidrográficas com resultados menos dispersos são a GD4 - Rio Verde; GD6 - Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo; GD7 - Afluentes do Médio Rio Grande; GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande. Além disso, percebe-se uma concentração de municípios com ICE acima de 60%, com exceção da PJ1 - Rios Piracicaba e Jaguari.

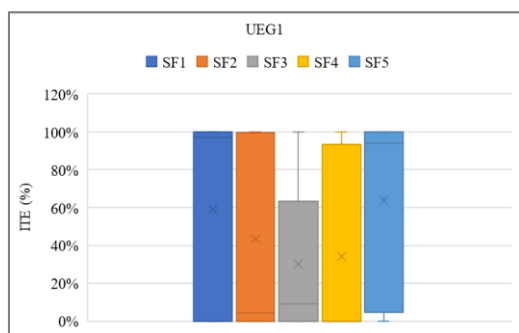
Na UEG4, Afluentes do Rio Doce, a dispersão de dados é menor na DO2 - Rio Piracicaba. Em relação à UEG5, Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo, destaque para a SM1 - Rio São Mateus, com pouca dispersão dos resultados entre os municípios. Na UEG6, Afluentes do Rio Paranaíba, essa situação é verificada na PN2 - Rio Araguari.

No que se refere aos valores considerados discrepantes nas amostras, os denominados *outliers*, destaque para a UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande. No entanto, esse fato não indica que os referidos dados devem ser desconsiderados. Isso porque, no caso de uma mesma CH, por exemplo a GD4, o Índice de Coleta de Esgoto da maioria dos municípios é mais elevado em comparação com poucas localidades, que apresentaram valores mais baixos, e que, por isso, tiveram o ICE indicado como *outlier*. Sendo assim, os *outliers* não foram excluídos neste estudo.

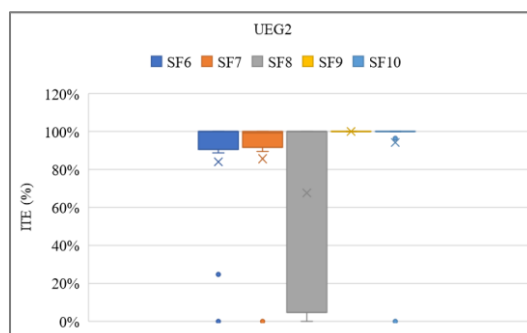
5.2.2. Índice de Tratamento de Esgoto

O Gráfico 2 (a, b, c, d, e, f, g) apresenta gráficos *boxplot* para os Índices de Tratamento de Esgoto calculados para os municípios estudados.

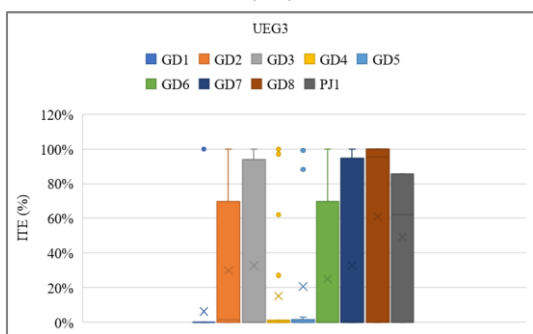
Gráfico 2 - *Boxplot* para os Índices de Tratamento de Esgoto nas Circunscrições Hidrográficas.



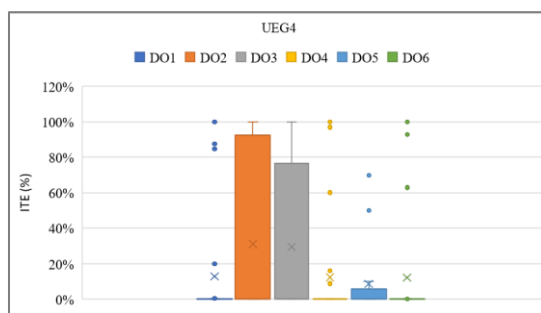
(2.a)



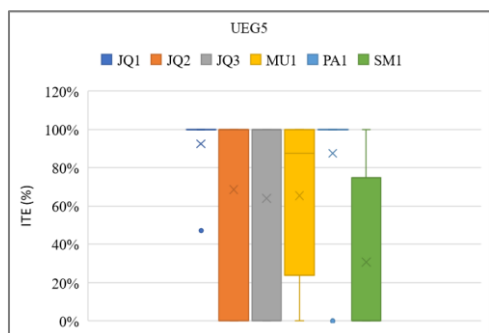
(2.b)



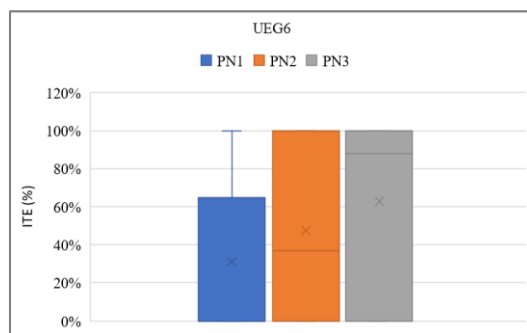
(2.c)



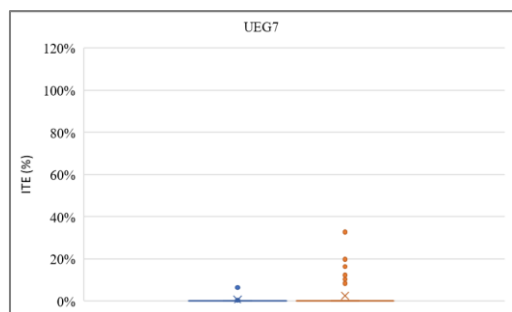
(2.d)



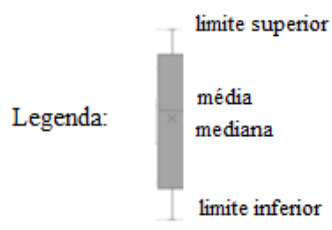
(2.e)



(2.f)



(2.g)



Diante dos gráficos boxplot apresentados no Gráfico 2 , é possível observar que os Índices de Tratamento de Esgoto calculados para os municípios apresentam significativa dispersão na maioria das Unidades Estratégicas de Gestão, sendo verificado valores entre 0 e 100% em grande parte das Circunscrições Hidrográficas.

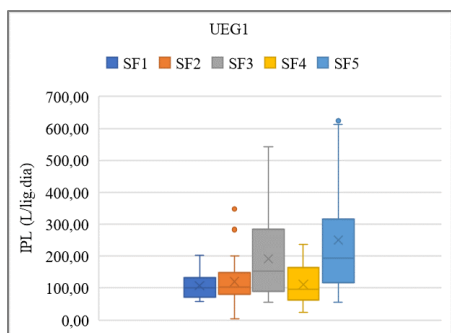
No entanto, percebe-se que para outras CHs o diagrama de caixa não está representado ou aparece de forma tênue, diante da mínima ou nenhuma dispersão dos resultados para o ITE entre os municípios que compõem as amostras. Para essas CHs observam-se também *outliers*. É o caso das seguintes Circunscrições Hidrográficas: SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco; SF10 - Rio Verde Grande; GD1 - Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande; GD4 - Rio Verde; GD5 - Rio Sapucaí; DO1 - Rio Piranga; DO4 - Rio Suaçuí; DO5 - Rio Caratinga; DO6 - Rio Manhuaçu; JQ1 - Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha ; PA1 - Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo; PS1 - Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna e PS2 - Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé.

Os *outliers* verificados nas Circunscrições Hidrográficas das UEG3, UEG4 e UEG7 representam municípios cujos Índices de Tratamento de Esgoto são mais elevados, sendo discrepantes pois estão afastados do valor médio e da dispersão dos dados, que são próximos de 0% ou mesmo iguais a zero. Esses *outliers* são, na verdade, exemplos a serem seguidos pelos demais municípios da mesma CH. Sendo assim, os *outliers* não foram excluídos neste estudo.

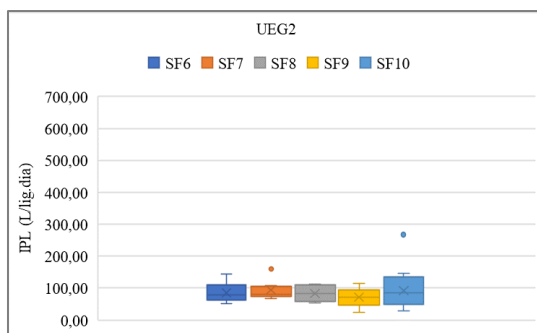
5.2.3. Índice de Perdas por Ligação

O Gráfico 3 (a, b, c, d, e, f, g) apresenta gráficos *boxplot* para os Índices de Perdas por Ligação calculados para os municípios estudados.

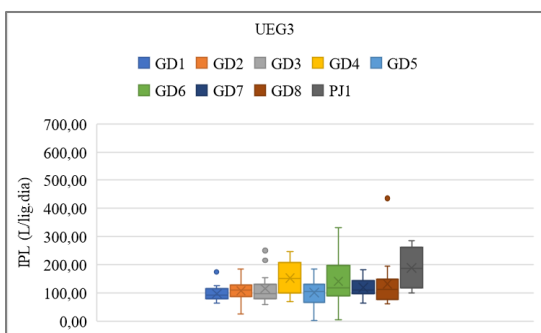
Gráfico 3 - Boxplot para os Índices de Perdas por Ligação nas Circunscrições Hidrográficas.



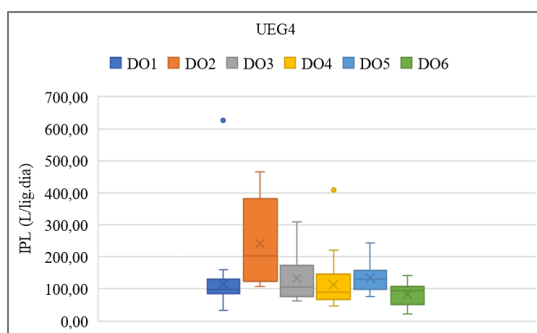
(3.a)



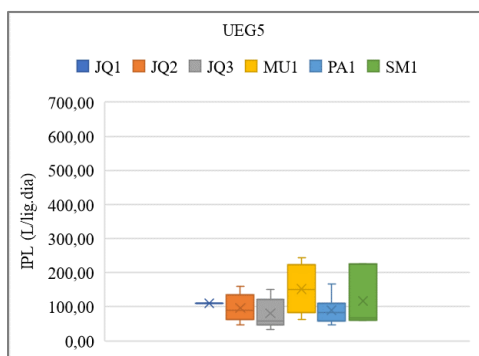
(3.b)



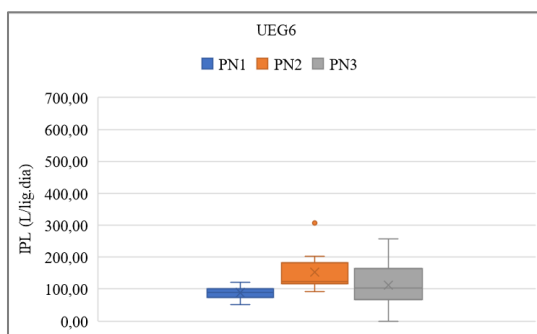
(3.c)



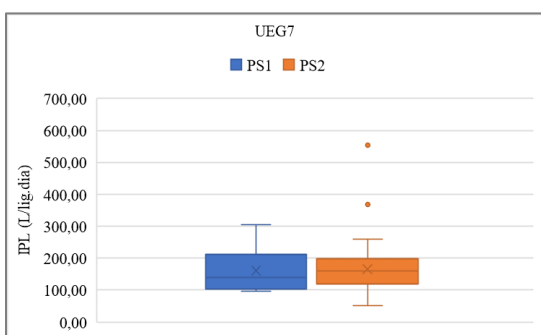
(3.d)



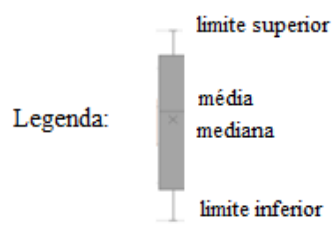
(3.e)



(3.f)



(3.g)



Diante dos gráficos boxplot apresentados no Gráfico 3 , é possível observar que os Índices de Perdas por Ligação calculados para os municípios apresentam, em geral, dispersão, sendo mais significativas nas Circunscrições Hidrográficas: SF3 - Rio Paraopeba; SF5 - Rio das Velhas; GD6 - Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo; DO2 - Rio Piracicaba; MU1- Afluentes Mineiros do Rio Mucuri; SM1 - Rio São Mateus; e PN3 - Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba.

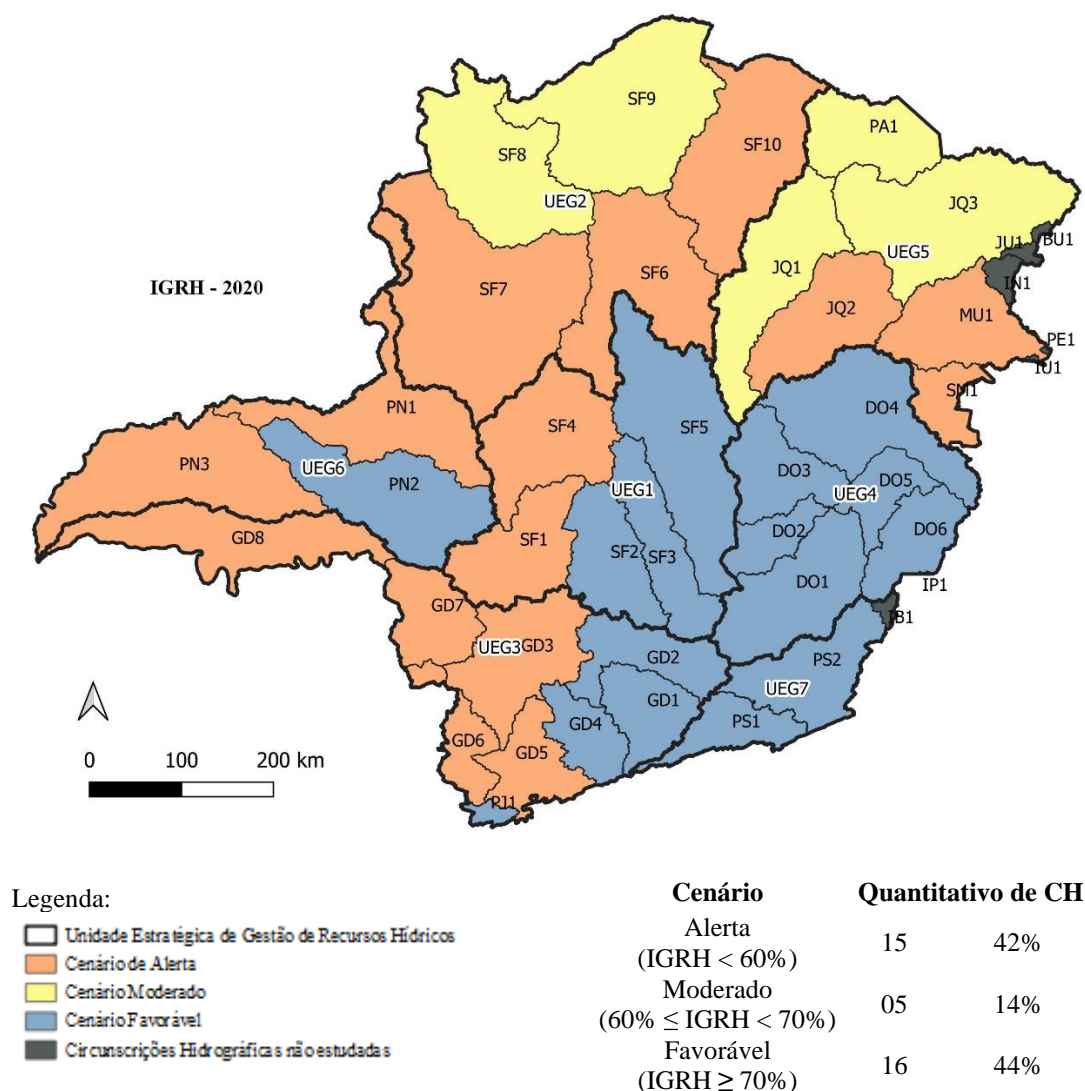
Em relação aos valores considerados discrepantes nas amostras, destaque para a SF2 - Rio Pará localizada na UEG1, Afluentes do Alto Rio São Francisco, e a GD3 - Entorno do Reservatório de Furnas localizada na UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Para essas CHs, os *outliers* representam municípios cujos índices estão piores em relação às demais localidades da CH, mas não, necessariamente, devem ser desconsiderados. Sendo assim, os *outliers* não foram excluídos neste estudo.

5.3. MAPAS DE VULNERABILIDADE E OPORTUNIDADES

5.3.1. Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

A Figura 11 apresenta o cenário de 2020 para o Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades referente ao Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos. Os resultados detalhados para o IGRH por Unidade Estratégica de Gestão e por Circunscrição Hidrográfica estão disponíveis no Apêndice único deste trabalho.

Figura 11 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (IGRH) - Cenário 2020.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

Pela análise das informações apresentadas na Figura 11 é possível perceber que, pela metodologia adotada neste trabalho, foram alocadas no cenário de alerta 15 Circunscrições Hidrográficas, o que representa 42% do total de 36 CHs; no cenário moderado 05 CHs, 14%; e no cenário favorável 16 CHs, 44%. Os cenários moderado e de alerta estão

localizados, principalmente, nas regiões do Vale do Mucuri, Jequitinhonha, Norte, Noroeste, Triângulo Mineiro e Sudoeste de Minas Gerais.

No ano de 2020, o cenário de alerta justifica-se, principalmente, pela ausência dos instrumentos (i) enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes e (ii) cobrança pelo uso de recursos hídricos - apenas na Circunscrição Hidrográfica SF1 (Afluentes do Alto Rio São Francisco) o enquadramento estava em processo de implementação. A ausência de cobrança pelo uso de recursos hídricos foi resolvida em 2022 nas Circunscrições Hidrográficas GD3 (Entorno do Reservatório de Furnas), PN1 (Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba) e PN3 (Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba).

Dentre as 15 Circunscrições Hidrográficas em situação de alerta para implementação dos cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos, a MU1 (Afluentes Mineiros do Rio Mucuri) e a SM1 (Rio São Mateus) obtiveram o pior resultado, sendo que o IGRH resultou em 40%. Nas referidas CHs, apenas o instrumento de outorga estava totalmente implementado em 2020. Para as outras 13 Circunscrições Hidrográficas desse cenário, o IGRH resultou em 50%.

Em relação ao cenário moderado, o IGRH para todas as cinco Circunscrições Hidrográficas resultou em 60%, sendo a situação igual para todas no ano de 2020: o plano de recursos hídricos e a outorga estavam concluídos; o enquadramento estava em processo de aprovação pelo Comitê de Bacia e Conselho Estadual de Recursos Hídricos; a cobrança não estava implementada e o sistema de informações estava em processo de implementação.

No cenário favorável, destaque para a Região Metropolitana de Belo Horizonte e as regiões da Zona da Mata e do Vale do Rio Doce. Observa-se que na UEG4 - Afluentes do Rio Doce, as seis Circunscrições Hidrográficas foram alocadas no cenário favorável. Isso porque, dos cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos, três já estavam implementados em 2020 em todas as Circunscrições: plano de recursos hídricos, outorga e cobrança. O enquadramento estava vigente e em fase de revisão na Bacia do Rio Piracicaba (DO2) e em processo de implementação nas demais Circunscrições.

Outro destaque é a UEG7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul, pois as duas CHs que a compõem, PS1 (Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna) e PS2 (Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé), também constituem o rol do cenário favorável. Em relação à

PS1, apenas o sistema de informações está pendente. Já para a PS2, além do sistema de informações, o enquadramento precisa ser implementado.

No que se refere ao IGRH para as CHs em cenário favorável no ano de 2020, os resultados variaram entre 70% e 90%. O resultado mínimo foi observado nas seguintes CHs: SF3 (Rio Paraopeba), GD1 (Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande), GD2 (Vertentes do Rio Grande), GD4 (Rio Verde), PJ1 (Rios Piracicaba e Jaguari), PN2 (Rio Araguari) e PS2 (Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé). A ausência de cobrança pelo uso de recursos hídricos foi resolvida em 2022 na Circunscrição Hidrográfica Rio Paraopeba. O resultado máximo de 90% foi verificado em apenas quatro CHs: SF2 (Rio Pará), SF5 (Rio das Velhas), DO2 (Rio Piracicaba) e PS1 (Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna).

A Tabela 5 apresenta o quantitativo de Circunscrições Hidrográficas em termos de instrumentos de gestão de recursos hídricos implementados, em processo de implementação e pendentes de efetivação.

Tabela 5 - Quantitativo de Circunscrição Hidrográfica e *status* de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em 2020.

| Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos | Número de CHs com instrumento implementado | Número de CHs com instrumento em processo de implementação | Número de CHs com instrumento não implementado |
|---|---|---|---|
| Plano de Recursos Hídricos | 33 | 03 | - |
| Enquadramento | 08 | 11 | 17 |
| Outorga | 36 | - | - |
| Cobrança | 12 | - | 24 |
| Sistema de Informações | - | 36 | - |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Como observado, em 2020, apenas o instrumento de outorga estava implementado em todas as Circunscrições Hidrográficas do Estado. Já o sistema de informações estava em processo de implementação em todas as CHs. A cobrança pelo uso de recursos hídricos estava efetivada em 12 CHs (33%). O enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes não havia sido adotado em 17 CHs (47%), estava aprovado em 08 CHs (22%) e em processo de efetivação em 11 CHs (31%), sendo que em 05 CHs o instrumento estava em processo de aprovação pelo Comitê de Bacia e Conselho Estadual de Recursos Hídricos e em 06 CHs o processo de elaboração já havia iniciado.

Diante do exposto, é possível verificar que a implantação da cobrança, do enquadramento e do sistema de informações são primordiais para a melhoria dos resultados do Índice de Implantação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos - IGRH. Salienta-se que

com a efetivação da cobrança nas bacias hidrográficas, mais recurso financeiro estará disponível para custear ações relevantes no âmbito da gestão dos recursos hídricos, inclusive no setor de saneamento básico.

Já o sistema de informações é essencial para apoiar a condução da política de recursos hídricos, além de garantir o acesso aos dados pela sociedade. O enquadramento, por outro lado, é instrumento de cunho preventivo, visto que estabelece níveis de qualidade a serem alcançados ou sustentados ao longo do tempo. Relaciona-se com os usos da água, incluindo o lançamento de efluentes domésticos em corpos d'água. A consolidação desse instrumento pode resultar, portanto, em um ganho para o meio ambiente e para a qualidade de vida da sociedade.

Diante de resultados aquém do cenário favorável em 56% das Circunscrições Hidrográficas, quais seriam alguns dos desafios e possíveis caminhos a serem avaliados para implementar os instrumentos em todo o Estado de Minas Gerais?

Em primeiro lugar, cabe lembrar que o Referencial Teórico apresentou o Índice de Suporte à Gestão (ISG) das Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais. Em 2020, o ISG resultou em 46,33%, nível classificado como ruim (IGAM, 2021b). O índice considera a situação dos instrumentos de gestão, a aplicação dos recursos financeiros nas bacias hidrográficas e a participação dos comitês de bacia e segmentos que os apoiam. Sendo assim, o órgão gestor já diagnosticou pontos de atenção para melhoria da gestão dos recursos hídricos, incluindo a problemática dos instrumentos.

Fato é que 15 CHs estavam em situação de alerta em 2020, situação que pode ter evoluído, mas que enseja esforços das instituições envolvidas para garantir a implementação de todos os instrumentos de gestão e, assim, fortalecer a gestão dos recursos hídricos em Minas Gerais.

Conforme discutido no Referencial Teórico, alguns dos desafios a serem vencidos são: as faltas recorrentes em plenárias e em reuniões de câmaras técnicas (Malheiros, Prota e Pérez, 2013); a precariedade de informações disponíveis no sistema de informações (Borges *et al.*, 2019); a falta de experiência e informação sobre os trâmites burocráticos, conhecimento técnico precário dos conselheiros acerca da metodologia da cobrança (Rocha *et al.*, 2021).

Cumprе salientar que o Decreto Estadual nº 48.160, de 24 de março de 2021, pode auxiliar na implantação do instrumento de cobrança na totalidade das bacias hidrográficas de Minas

Gerais. Isso porque, os artigos 26 e 27 trazem prazo para definição de metodologia de cálculo e fixação de tarifa, conforme apresentado a seguir:

Art. 26. O CERH-MG deverá estabelecer, no prazo de um ano a contar da data de publicação deste decreto, diretrizes gerais para a metodologia de cálculo e a fixação das tarifas a serem adotadas nas bacias hidrográficas de rios de domínio do Estado, nos termos do inciso VII do art. 41 da Lei nº 13.199, de 1999.

Art. 27. Os CBH encaminharão ao CERH-MG, no prazo de dois anos a contar da data de publicação deste decreto, a proposta de metodologia para o cálculo das tarifas referentes à CRH, na sua área de atuação, nos termos do art. 43 da Lei nº 13.199, de 1999.

Parágrafo único. Para os CBH que não se manifestarem no prazo estabelecido no caput será adotada metodologia estabelecida pelo CERH-MG. (Minas Gerais, 2021a)

Diante do apresentado, no que se refere ao estabelecimento dos instrumentos de gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas de Minas Gerais, seguem possíveis ações a serem avaliadas pelas entidades envolvidas no tema:

- Qualificar conselheiros dos comitês de bacia hidrográfica com o intuito de aprofundar questões de ordens técnicas e políticas.

Responsabilidades: órgão gestor de recursos hídricos e comitês de bacia.

Benefício: facilitar as discussões nos comitês de bacia hidrográfica.

- Pesquisar exemplos de sucesso - *benchmarking* - acerca da implementação dos instrumentos de gestão em referências nacionais e internacionais.

Responsabilidades: órgão gestor e comitê de bacia.

Benefícios: aplicar boas práticas, fortalecer os processos decisórios, ser exemplo de sucesso.

- Planejar ações de curto, médio e longo prazos dos comitês de bacia, com estabelecimento de metas específicas e mensuráveis.

Responsabilidades: comitês de bacia e órgão gestor de recursos hídricos, que pode oferecer qualificação voltada ao tema planejamento estratégico.

Benefício: fortalecimento dos processos decisórios.

- Sensibilizar sobre a importância da presença de membros do comitê e envolvimento da sociedade nas discussões acerca de recursos hídricos, com divulgação das principais pautas tratadas em câmaras técnicas em redes sociais, universidades, meios de comunicação em massa.

Responsabilidades: Governo do Estado, órgão gestor e representantes de comitês de bacia.

Benefícios: construção de senso de pertencimento e de responsabilidade dos cidadãos, aproximação e interesse pelo tema pelas entidades públicas, privadas e pela sociedade.

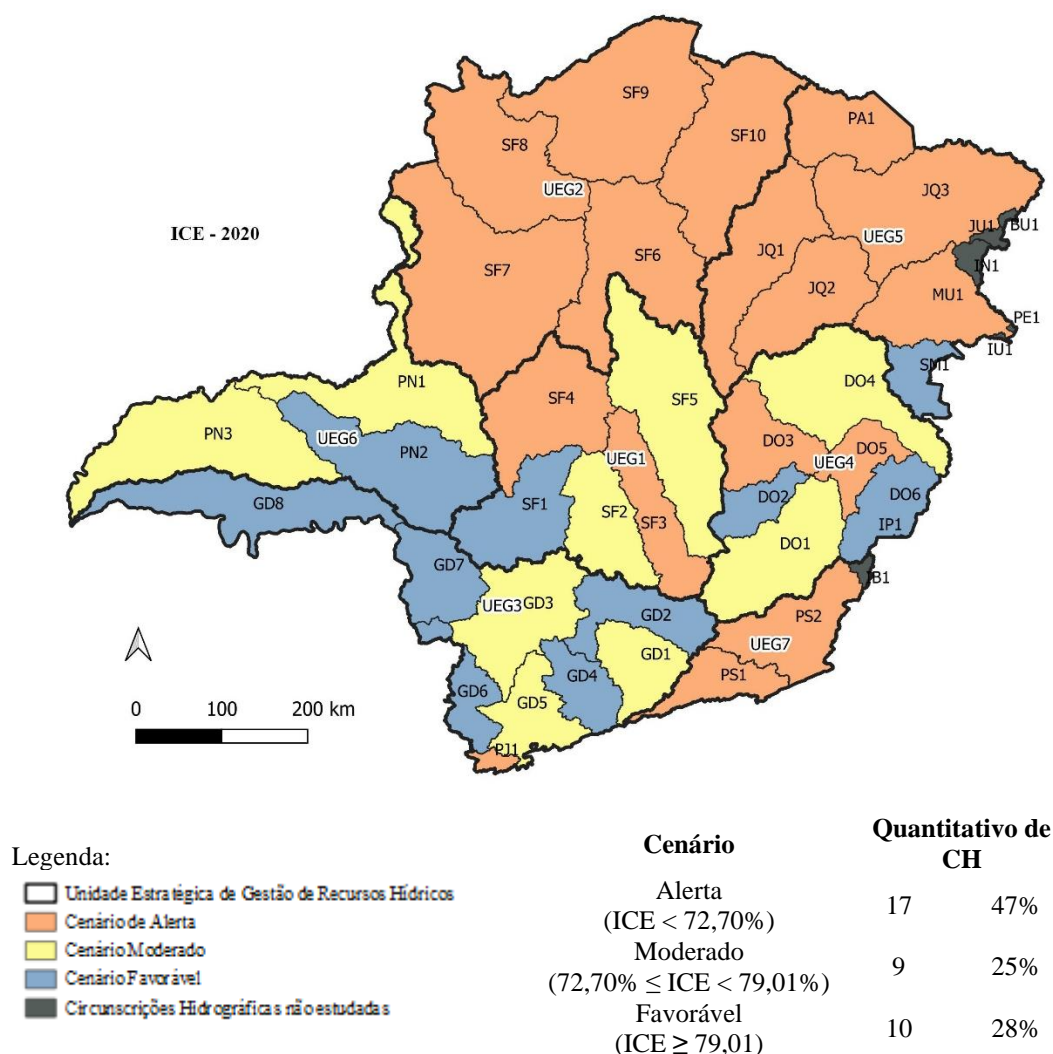
Outra ação relevante e que pode ser realizada pelos comitês de bacia, com apoio do órgão gestor caso necessário, é documentar os procedimentos que envolvem os processos de implementação e revisão dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em um formato de fluxo, por exemplo, a fim de facilitar o entendimento acerca das etapas a serem seguidas e os responsáveis por cada atividade.

5.3.2. Índice de Coleta de Esgoto

A Figura 12, apresenta Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades do Estado de Minas Gerais referente ao ano de 2020 para o Índice de Coleta de Esgoto. Os resultados detalhados para o ICE por Unidade Estratégica de Gestão e por Circunscrição Hidrográfica estão disponíveis no Apêndice único deste trabalho.

Diante das informações apresentadas na Figura 12 percebe-se que, pela metodologia adotada neste trabalho, foram alocadas no cenário de alerta 17 Circunscrições Hidrográficas, o que representa 47% do total de 36 CHs; no cenário moderado 09 CHs, 25%; e no cenário favorável 10 CHs, 28%.

Figura 12 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Coleta de Esgoto - Cenário 2020.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

O cenário de alerta está localizado, principalmente, nas regiões do Vale do Mucuri, Jequitinhonha, Zona da Mata, Norte e Nordeste de Minas Gerais. Na UEG2, Afluentes do Médio Rio São Francisco, todas as Circunscrições Hidrográficas foram alocadas no cenário de alerta. Conforme pode ser verificado na Tabela 6, os resultados para o Índice de Coleta de Esgotos em 2020 na UEG2 variaram entre 19,85% na SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco e 62,72% na SF7 - Rio Paracatu.

Em relação à UEG5, Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo, cinco das seis CHs estão no cenário de alerta. Nas referidas CHs, o ICE variou entre 36,20%, resultado observado na PA1 - Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo a 58,15%, valor referente à MU1 - Afluentes Mineiros do Rio Mucuri. Em relação à UEG7, Afluentes do Rio Paraíba do Sul, o cenário de alerta abrange as duas CHs que a compõem,

sendo observado os seguintes resultados para o ICE: 72,10% para a PS2 - Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé e 72,21% para a PS1 - Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna.

Tabela 6 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020.

| Cenário de Alerta | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|---|-------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | ICE (%) | |
| UEG1 | SF3 | Rio Paraopeba | 59,68 |
| | SF4 | Entorno da Represa de Três Marias | 51,11 |
| | SF6 | Rios Jequitaiá e Pacuí | 34,66 |
| | SF7 | Rio Paracatu | 62,72 |
| UEG2 | SF8 | Rio Urucuaia | 47,43 |
| | SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 19,85 |
| | SF10 | Rio Verde Grande | 55,03 |
| UEG3 | PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari | 57,22 |
| UEG4 | DO3 | Santo Antônio | 60,68 |
| | DO5 | Rio Caratinga | 68,14 |
| | JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha | 51,13 |
| | JQ2 | Rio Araçuaí | 55,73 |
| UEG5 | JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha | 53,86 |
| | MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri | 58,15 |
| | PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiros do Rio Pardo | 36,20 |
| UEG7 | PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 72,21 |
| | PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé | 72,10 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Na UEG1, Afluentes do Alto Rio São Francisco, na UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande, e na UEG4, Afluentes do Rio Doce, que contemplam os três cenários, destacam-se as Circunscrições Hidrográficas dispostas no cenário de alerta e os respectivos resultados para o Índice de Coleta de Esgoto: SF3 - Rio Paraopeba (59,68%); SF4 - Entorno da Represa de Três Marias (51,11%); PJ1 - Rios Piracicaba e Jaguari (57,22%); DO3 - Santo Antônio (60,68); e DO5 - Rio Caratinga (68,14%).

A Tabela 7 elenca as Circunscrições Hidrográficas alocadas no cenário moderado para o Índice de Coleta de Esgotos em 2020. Conforme pode ser verificado, as CHs SF5 - Rio das Velhas e DO1 - Rio Piranga apresentaram o menor resultado para ICE, 72,70. O maior resultado no cenário moderado para o referido índice, 78,76%, foi observado na GD3 - Entorno do Reservatório de Furnas.

Tabela 7 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020.

| Cenário Moderado | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---|----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | | ICE (%) |
| UEG1 | SF2 | Rio Pará | 76,95 |
| | SF5 | Rio das Velhas | 72,70 |
| | GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 74,31 |
| UEG3 | GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | 78,76 |
| | GD5 | Rio Sapucaí | 78,20 |
| | DO1 | Rio Piranga | 72,70 |
| UEG4 | DO4 | Rio Suaçuí | 78,72 |
| | PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba | 77,40 |
| UEG6 | PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba | 73,27 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

A UEG6, Afluentes do Rio Paranaíba, abrange os cenários moderado e favorável, sendo que o Índice de Coleta de Esgoto na Circunscrição Hidrográfica PN2 - Rio Araguari é favorável, alcançando 83,63% em 2020, conforme pode ser observado na Tabela 8. A Circunscrição Hidrográfica com melhor resultado para o Índice de Coleta de Esgoto, 90,89%, é a GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande, localizada na UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Por outro lado, a SM1 - Rio São Mateus apresentou o menor resultado para o cenário, 79,01%.

Tabela 8 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Coleta de Esgoto para 2020.

| Cenário Favorável | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | | ICE (%) |
| UEG1 | SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | 82,78 |
| | GD2 | Vertentes do Rio Grande | 79,79 |
| | GD4 | Rio Verde | 81,94 |
| UEG3 | GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo | 88,52 |
| | GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande | 81,66 |
| | GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande | 90,89 |
| UEG4 | DO2 | Rio Piracicaba | 84,76 |
| | DO6 | Rio Manhuaçu | 82,42 |
| UEG5 | SM1 | Rio São Mateus | 79,01 |
| UEG6 | PN2 | Rio Araguari | 83,63 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Perante os resultados apresentados para o Índice de Coleta de Esgoto nas Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais para o ano de 2020, é possível verificar que a maioria das CHs está no cenário de alerta (47%). Além disso, para o cenário favorável não consta CH com 100% do esgoto coletado, ou mesmo resultado próximo deste valor, sendo observada

apenas uma CH com coleta de esgoto acima de 90%: GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande, localizada na UEG3. Esse fato evidencia a necessidade urgente de investimento em coleta de esgoto em todo o Estado de Minas, a fim de alcançar a universalização deste serviço. Salienta-se que o artigo 11-B da Lei Federal nº 14.026/2020 preconiza que no mínimo 90% da população de cada município deve dispor de coleta de esgoto até dezembro de 2033. Cumpre esclarecer, que o indicador apresentado neste estudo considera o volume de esgoto coletado e não a população atendida com o serviço de coleta. Assim, o alcance de 90% do esgoto coletado não garante o atingimento da meta de 90% da população com coleta de esgoto.

Alguns desafios e possíveis caminhos para melhoria do índice de coleta de esgotos sanitários serão apresentados no item a seguir, em conjunto com as questões que envolvem o tratamento de esgoto.

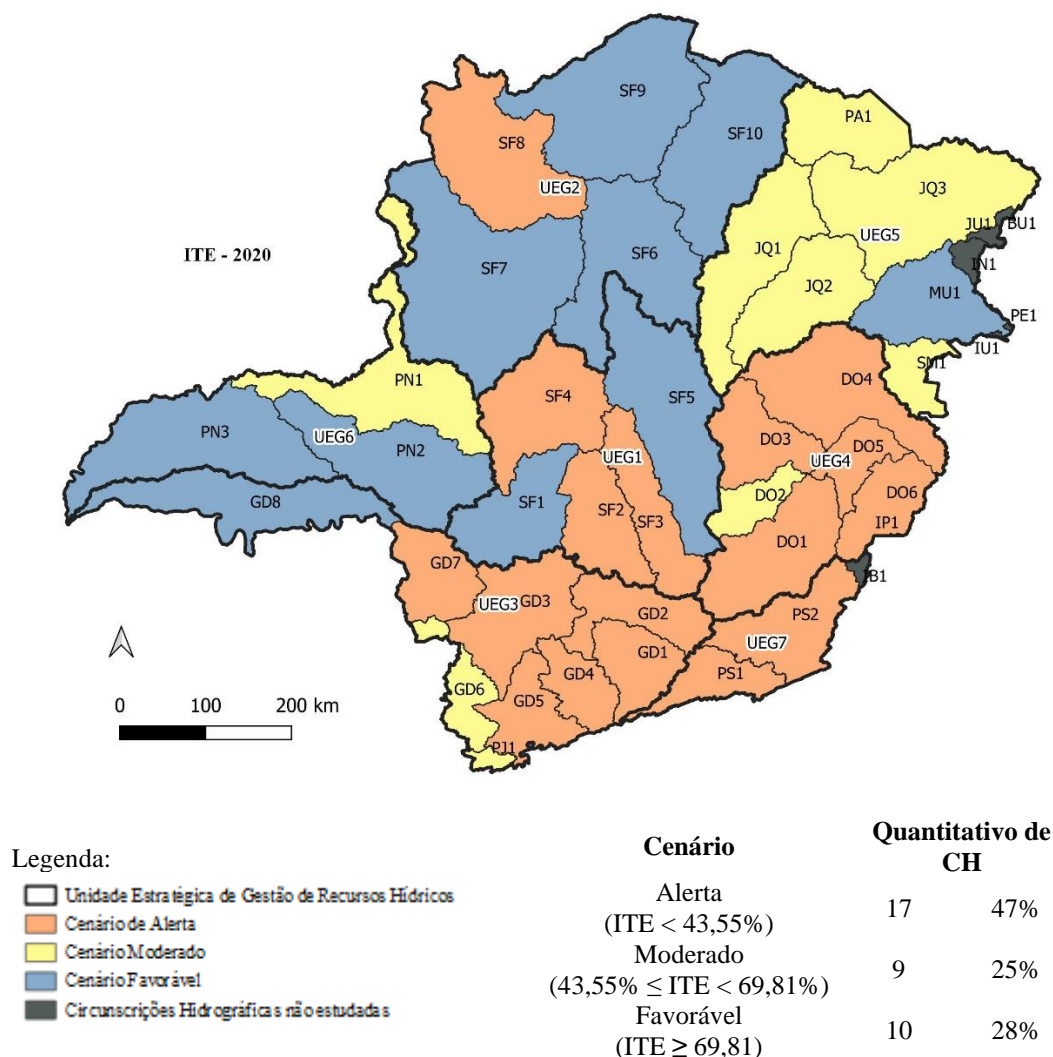
5.3.3. Índice de Tratamento de Esgoto

Para além do serviço de coleta de esgoto, tem-se o tratamento do esgoto coletado, serviço que é essencial no que concerne à qualidade dos corpos d'água e que colabora, portanto, para o estabelecimento e a manutenção da segurança hídrica em bacias hidrográficas. O Índice de Tratamento de Esgoto considerado neste estudo tem como informação de cálculo o volume de esgoto coletado, ou seja, o resultado do referido índice evidencia o percentual de esgoto coletado que é tratado. Assim, a fim de que as conclusões não sejam equivocadas, é importante salientar que as Circunscrições Hidrográficas alocadas em cenário favorável para o Índice de Tratamento de Esgoto devem ser avaliadas considerando os resultados verificados para o Índice de Coleta de Esgoto, apresentados anteriormente.

A Figura 13, apresenta Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades do Estado de Minas Gerais referente ao ano de 2020 para o Índice de Tratamento de Esgoto. Os resultados detalhados para o ITE por Unidade Estratégica de Gestão e por Circunscrição Hidrográfica estão disponíveis no Apêndice único deste trabalho.

Pela análise das informações apresentadas na Figura 13 é possível perceber que, pela metodologia adotada neste trabalho, foram alocadas no cenário de alerta 17 Circunscrições Hidrográficas, o que representa 47% do total de 36 CHs; no cenário moderado 09 CHs, 25%; e no cenário favorável 10 CHs, 28%.

Figura 13 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Tratamento de Esgoto - Cenário 2020.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

O cenário de alerta está localizado, principalmente, nas regiões do Vale do Rio Doce, Zona da Mata, Central, Oeste, Sul e Sudoeste de Minas Gerais. Conforme pode ser verificado na Tabela 9, os resultados para o Índice de Tratamento de Esgoto nesse cenário variaram entre 4,94% na DO1 - Rio Piranga, localizada na UEG4, Afluentes do Rio Doce, e 41,78% na GD5 - Rio Sapucaí, que compõe a UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Vale lembrar que ambas as bacias foram enquadradas no cenário moderado no âmbito do Índice de Coleta de Esgoto, sendo os resultados para o referido índice 72,70% para a bacia do Rio Piranga e 78,20% para a do Rio Sapucaí. Ou seja, a bacia do Rio Piranga, apesar de já ter avançado minimamente no serviço de coleta de esgoto, ainda necessita progredir significativamente no serviço de tratamento. A bacia do Rio Sapucaí, em comparação com a do Rio Piranga, evidenciou uma melhoria no índice de esgoto coletado e que é tratado.

Tabela 9 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020.

| Cenário de Alerta | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|---|-------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | ITE (%) | |
| | SF2 | Rio Pará | 38,43 |
| UEG1 | SF3 | Rio Paraopeba | 32,67 |
| | SF4 | Entorno da Represa de Três Marias | 29,65 |
| UEG2 | SF8 | Rio Urucuia | 25,97 |
| | GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 12,98 |
| | GD2 | Vertentes do Rio Grande | 22,10 |
| UEG3 | GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | 40,96 |
| | GD4 | Rio Verde | 30,51 |
| | GD5 | Rio Sapucaí | 41,78 |
| | GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande | 40,99 |
| | DO1 | Rio Piranga | 4,94 |
| | DO3 | Santo Antônio | 15,69 |
| UEG4 | DO4 | Rio Suaçuí | 10,44 |
| | DO5 | Rio Caratinga | 21,46 |
| | DO6 | Rio Manhuaçu | 11,59 |
| UEG7 | PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 5,44 |
| | PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé | 7,70 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Observa-se, ainda, que na UEG7, Afluentes do Rio Paraíba do Sul, as duas CHs estão alocadas no cenário de alerta, sendo que ambos os resultados não alcançam 10% de tratamento do esgoto coletado. Salienta-se que as referidas CHs também foram enquadradas no cenário de alerta para coleta de esgoto.

A Figura 13 evidencia que o cenário moderado se localiza, principalmente, nas regiões do Jequitinhonha, Vale do Mucuri e alcança pontualmente o Triângulo Mineiro e o Sudoeste de Minas Gerais. Destaque para a Circunscrição DO2 - Rio Piracicaba, única bacia na UEG4, Afluentes do Rio Doce, que está no cenário moderado, sendo as outras cinco alocadas no cenário de alerta.

Conforme observado na Tabela 10, a bacia do Rio Piracicaba trata 43,55% do esgoto coletado, menor valor encontrado para o referido índice dentre às CHs no cenário moderado. A referida bacia foi enquadrada no cenário favorável para a coleta de esgoto, sendo o ICE igual a 84,76%. O maior valor encontrado nesse cenário para o Índice de Tratamento de Esgoto foi 62,72%, na PJ1 - Rios Piracicaba e Jaguari, localizada na UEG3, Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Para o Índice de Coleta de Esgoto, a bacia dos Rios

Piracicaba e Jaguari foi alocada no cenário de alerta, pois 57,22% do esgoto gerado na região era coletado.

Tabela 10 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020.

| Cenário Moderado | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | | ITE (%) |
| UEG3 | GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo | 46,94 |
| | PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari | 62,72 |
| UEG4 | DO2 | Rio Piracicaba | 43,55 |
| | JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha | 60,32 |
| | JQ2 | Rio Araçuaí | 61,43 |
| UEG5 | JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha | 60,09 |
| | PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo | 62,32 |
| | SM1 | Rio São Mateus | 51,96 |
| UEG6 | PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba | 44,38 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Em relação ao cenário favorável, a análise deve ser realizada com cautela, pois, conforme explicado anteriormente, o Índice de Tratamento de Esgoto evidencia o volume de esgoto coletado que é tratado. Assim, as Circunscrições Hidrográficas alocadas no cenário favorável avançaram no tratamento de esgoto que é coletado na região, não sendo possível afirmar, portanto, que alcançaram valores satisfatórios em relação ao tratamento de esgoto gerado.

Diante do observado na Figura 13, o cenário favorável localiza-se, principalmente, no Norte, Nordeste de Minas Gerais, Triângulo Mineiro, Região Metropolitana de Belo Horizonte, alcançando pontualmente o Vale do Mucuri e Oeste do Estado.

Em relação aos resultados para o Índice de Tratamento de Esgoto para o cenário favorável, optou-se por apresentá-los juntamente com os valores observados nas respectivas Circunscrições Hidrográficas quando da avaliação do Índice de Coleta de Esgoto, conforme Tabela 11.

Verifica-se que os resultados para o Índice de Tratamento de Esgoto variaram entre 69,81%, valor encontrado para a SF6 - Rios Jequitaí e Pacuí, e 100% na SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco, ambas localizadas na UEG2, Afluentes do Médio Rio São Francisco. Ressalta-se que na bacia dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco, o Índice de Coleta de Esgoto foi de 19,85% - cenário de alerta. Assim, apesar de todo o esgoto coletado ser tratado na referida bacia, a universalização da coleta ainda é uma realidade distante, visto que 80,15% do esgoto gerado não é coletado. Cumpre lembrar,

que a amostra válida para a SF9 é inferior a 50% e, por isso, a análise dos dados deve ser realizada com cautela.

Tabela 11 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020.

| | | Cenário Favorável | | ICE (%) | Cenário |
|---------------|-----------------------------------|---|--------|----------------|----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | ITE (%) | | | |
| UEG1 | SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | 70,83 | 82,78 | Favorável |
| | SF5 | Rio das Velhas | 87,06 | 72,70 | Moderado |
| | SF6 | Rios Jequitaiá e Pacuí | 69,81 | 34,66 | Alerta |
| UEG2 | SF7 | Rio Paracatu | 94,02 | 62,72 | Alerta |
| | SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 100,00 | 19,85 | Alerta |
| | SF10 | Rio Verde Grande | 99,79 | 55,03 | Alerta |
| UEG3 | GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande | 82,31 | 90,89 | Favorável |
| UEG5 | MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri | 82,03 | 58,15 | Alerta |
| | PN2 | Rio Araguari | 88,91 | 83,63 | Favorável |
| UEG6 | PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba | 79,45 | 73,27 | Moderado |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Diante das informações apresentadas na Tabela 11, percebe-se que além da bacia dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco, também estão na situação de alerta para coleta de esgoto as Circunscrições Hidrográficas SF6 - Rios Jequitaiá e Pacuí, SF7 - Rio Paracatu, SF10 - Rio Verde Grande e MU1 - Afluentes Mineiros do Rio Mucuri. Sendo assim, apesar das referidas CHs terem avançado no tratamento do esgoto coletado, ainda é necessário ampliar o volume de esgoto gerado que é coletado.

Por outro lado, as Circunscrições Hidrográficas SF1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco, GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande e PN2 - Rio Araguari além de estarem alocados em cenário favorável para tratamento de esgoto, também se encontram em cenário favorável para a coleta de esgoto.

Por fim, vale destacar quais foram os cenários para coleta e tratamento de esgoto nas Circunscrições Hidrográficas enquadradas em cenário favorável para o Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos e que obtiveram resultado de 90% para o referido indicador: SF2 - Rio Pará, SF5 - Rio das Velhas, DO2 - Rio Piracicaba e PS1 - Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Em todas as CHs, exceto a SF2 e a PS1, observou-se que os cenários para coleta e tratamento de esgoto variaram entre moderado e favorável. Na bacia do Rio Pará, o cenário de tratamento de

esgoto coletado foi de alerta e para a dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, a coleta e o tratamento de esgoto estão em alerta.

Salienta-se que o artigo 11-B da Lei Federal nº 14.026/2020 preconiza que no mínimo 90% da população de cada município deve dispor de tratamento de esgoto até dezembro de 2033. Cumpre esclarecer, que o indicador apresentado neste estudo é calculado tendo como referência o volume de esgoto coletado que é tratado e não a população atendida pelo serviço de tratamento de esgoto sanitário. Assim, o alcance de 90% do esgoto tratado em relação ao coletado não garante o atingimento da meta de 90% da população com coleta e tratamento de esgoto.

Diante dos resultados aquém do cenário favorável em termos de coleta e tratamento de efluentes domésticos, quais os entraves e possíveis caminhos para ampliar os serviços de esgotamento sanitários em todo o Estado de Minas Gerais?

Alguns desafios que podem ser destacados, conforme abordagem realizada no Referencial Teórico, são: descontinuidade de políticas públicas quando das mudanças de governo, ausência de planejamento, ineficiência na gestão dos prestadores de serviços, fragilidade da fiscalização, regulação incipiente no setor, ligações factíveis, domicílios localizados em áreas irregulares (MDR, 2021b); carência de recursos financeiros (MDR, 2021b e Lisboa, Heller e Silveira, 2013); limitação da qualificação profissional e capacidade técnica municipal, desarticulação entre as entidades, falta de vontade política (Lisboa, Heller e Silveira, 2013). Outro aspecto relevante refere-se a significativa população residente em área rural no Estado de Minas Gerais (Junho, 2021).

Perante o exposto, em relação à coleta e ao tratamento de efluentes domésticos, destacam-se como ações importantes a serem consideradas pelos responsáveis e envolvidos com políticas públicas:

- Qualificar equipes das secretarias municipais e estaduais com o intuito de aprofundar questões de ordens técnicas e políticas.

Responsabilidades: Estado e municípios.

Benefícios: facilitar as discussões com o prestador de serviços, incentivar a inovação no saneamento, reduzir o desperdício de recurso público, fortalecer a continuidade das ações.

- Pesquisar exemplos de sucesso - *benchmarking*. O foco inicial podem ser os municípios do próprio Estado e que já estão próximos da universalização dos serviços de coleta e tratamento.

Responsabilidades: Estado, municípios e prestadores de serviços.

Benefícios: aplicar boas práticas, fortalecer os processos decisórios, ser exemplo de sucesso.

- Planejar ações de curto e médio prazos, com estabelecimento de metas específicas e mensuráveis aplicadas à realidade municipal, com vistas ao alcance da meta de referente ao ano de 2033, quando, no mínimo, 90% da população de cada município deve dispor de coleta e tratamento de esgoto, conforme preconizado pela legislação federal.

Responsabilidades: prestadores de serviços, municípios e Estado, que pode oferecer treinamento no tema planejamento estratégico aos municípios.

Benefícios: fortalecer os processos decisórios, promover maior confiança e previsibilidade para cumprir a meta prevista para 2033.

- Fortalecer a obrigatoriedade, consolidar a regulamentação e fiscalizar a ligação dos usuários à rede coletora de esgoto.

Responsabilidades: municípios, prestadores de serviços e agências reguladoras de saneamento básico.

Benefícios: reduzir o lançamento de efluentes domésticos na rede de drenagem e destinar o esgoto para a tratamento, quando disponível.

- Atuar em áreas de vulnerabilidade social, de maneira a mobilizar e capacitar pontos focais para atuarem como incentivadores do saneamento básico. Moradores de áreas urbanas vulneráveis podem ser contratados pelos prestadores de serviços ou município com o intuito de sensibilizar os demais cidadãos sobre a importância da coleta e do tratamento de esgoto.

Responsabilidades: Estado, municípios, prestadores de serviços, agências reguladoras.

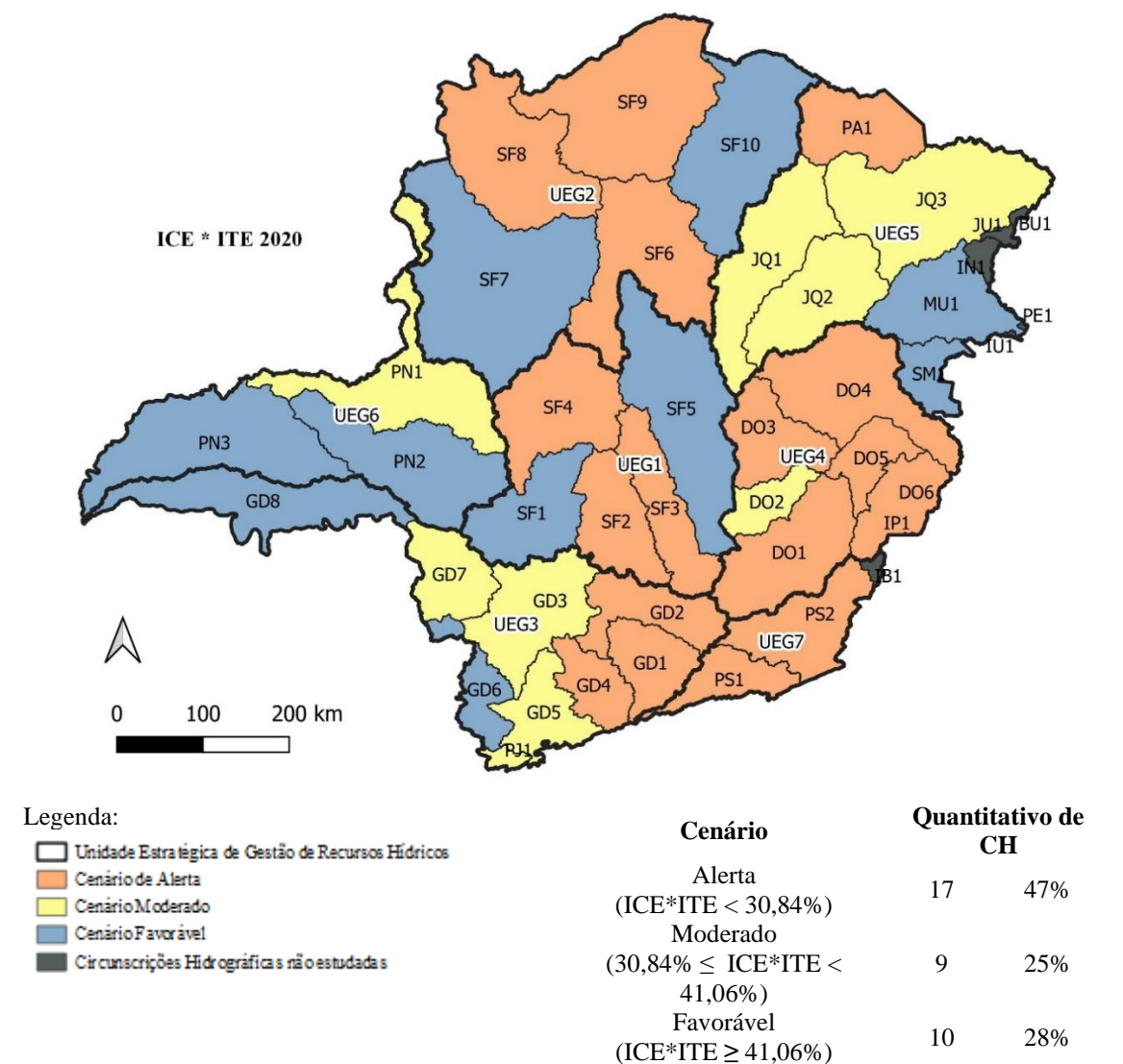
Benefícios: construir senso de pertencimento, valorizar o cidadão, gerar renda.

5.3.4. Índice composto ICE e ITE

A fim de verificar a sobreposição dos mapas de coleta e tratamento do esgoto coletado, a Figura 14 apresenta mapa considerando a multiplicação dos Índices de Coleta e de

Tratamento de Esgoto (em relação ao coletado) para o ano de 2020, de maneira a apresentar o tratamento de esgoto em termos gerais nas Circunscrições Hidrográficas.

Figura 14 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice Composto ICE e ITE - Cenário 2020.



Fonte: Autora deste estudo (2023).

O cenário de alerta está localizado, principalmente, nas regiões do Vale do Rio Doce, Zona da Mata, Campo das Vertentes, Sul, Central, Região Metropolitana de Belo Horizonte, Norte e Nordeste de Minas Gerais, sendo que um total de 17 CHs foram alocadas no cenário de alerta. No cenário moderado constam 9 CHs e no favorável 10 circunscrições.

A Tabela 12 apresenta as Circunscrições Hidrográficas alocadas no cenário de alerta para o índice composto ICE e ITE e que apresentaram cenários distintos para os resultados individualizados para ICE ou ITE (destacados em negrito).

Tabela 12 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário favorável e resultados do Índice de Tratamento de Esgoto para 2020.

| Código | Circunscrição Hidrográfica | ICE (%) | Cenário | ITE (%) | Cenário | ICE*ITE (%) | Cenário | |
|---------------|-----------------------------------|--|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|--------|
| UEG1 | SF2 | Rio Pará | 76,9 | Moderado | 38,43 | Alerta | 29,57 | Alerta |
| | SF6 | Rios Jequitaiá e Pacuí | 34,7 | Alerta | 69,81 | Favorável | 24,20 | Alerta |
| UEG2 | SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 19,9 | Alerta | 100,00 | Favorável | 19,85 | Alerta |
| | GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 74,3 | Moderado | 12,98 | Alerta | 9,65 | Alerta |
| UEG3 | GD2 | Vertentes do Rio Grande | 79,8 | Favorável | 22,10 | Alerta | 17,63 | Alerta |
| | GD4 | Rio Verde | 81,9 | Favorável | 30,51 | Alerta | 25,00 | Alerta |
| | DO1 | Rio Piranga | 72,7 | Moderado | 4,94 | Alerta | 3,59 | Alerta |
| UEG4 | DO4 | Rio Suaçuí | 78,7 | Moderado | 10,44 | Alerta | 8,22 | Alerta |
| | DO6 | Rio Manhuaçu | 82,4 | Favorável | 11,59 | Alerta | 9,55 | Alerta |
| UEG5 | PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo | 36,2 | Alerta | 62,32 | Moderado | 22,56 | Alerta |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Pela análise da Tabela 12, nota-se que para as CHs SF6 - Rios Jequitaiá e Pacuí e SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco o cenário é favorável para o índice de tratamento de esgoto que é coletado, no entanto as bacias ainda precisam avançar na coleta de esgoto - enquadradas no cenário de alerta, considerando as condições estabelecidas neste trabalho. Por outro lado, as CHs GD2 - Vertentes do Rio Grande, GD4 - Rio Verde e DO6 - Rio Manhuaçu já avançaram na coleta de esgoto - alocadas no cenário favorável, mas ainda precisam ampliar o tratamento do esgoto coletado, considerando que foram enquadradas no cenário de alerta. Assim, apesar das CHs citadas estarem alocadas no cenário de alerta para o índice composto, demandam ações distintas quando a análise dos índices é realizada separadamente.

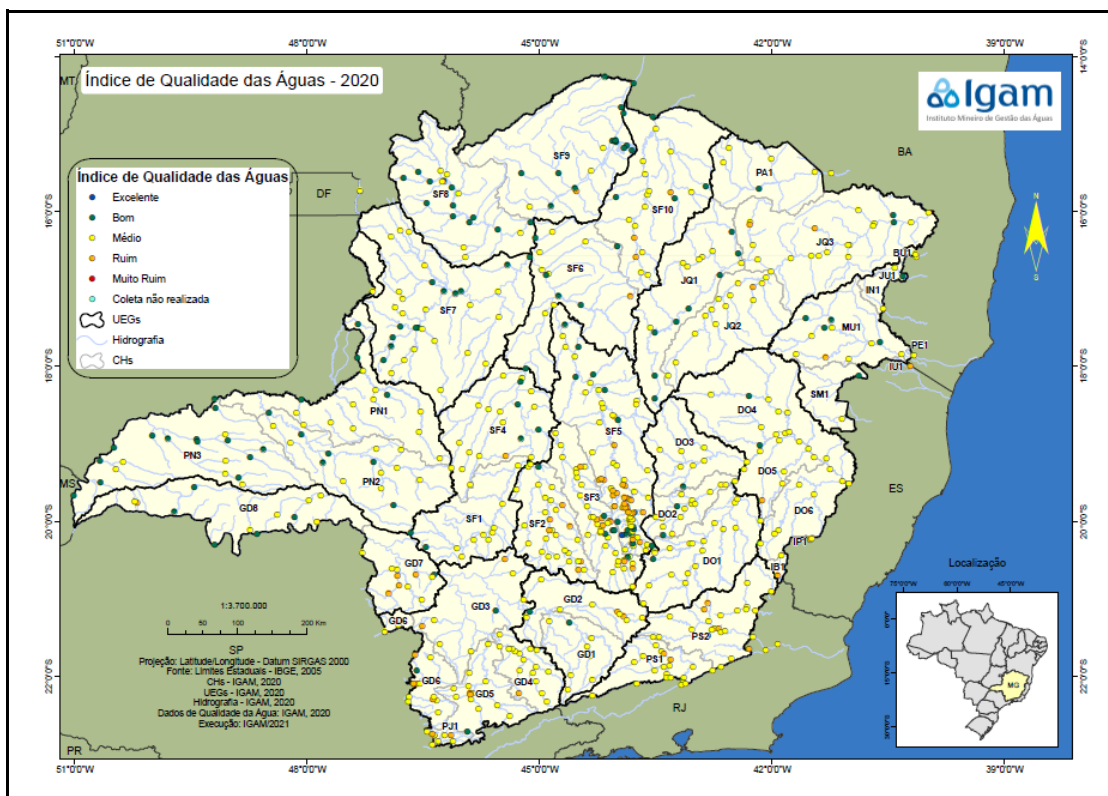
Cumprе salientar, portanto, que a análise do referido mapa pode resultar em uma interpretação equivocada da situação real da CH. Sugere, portanto, que a análise de quais Circunscrições Hidrográficas demandam investimentos em coleta, quais CHs precisam ampliar o tratamento de esgoto coletado ou, ainda, quais as CHs precisam avançar em ambos os serviços seja realizada considerando os mapas individuais para cada índice e as considerações realizadas nos tópicos anteriores deste trabalho.

5.3.5. Índice de Qualidade da Água

A carência de tratamento de esgoto e consequente lançamento *in natura* de efluentes domésticos nos corpos d'água exerce pressão na qualidade da água dos mananciais, sendo uma das causas do estresse hídrico. Nesse contexto, tem-se o Índice de Qualidade da Água - IQA como um indicador da situação qualitativa do recurso hídrico em trechos de cursos d'água de bacias hidrográficas. Conforme discutido nas referências bibliográficas deste trabalho, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos, bem como de outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

A Figura 15, disponibilizada pelo IGAM (2021d), mostra os resultados qualitativos para o IQA observados em 2020 em cursos d'água que fluem pelas Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas. As terminologias que expressam o resultado do indicador são: excelente, bom, médio, ruim e muito ruim. A referida figura também é apresentada no Anexo III deste trabalho em folha A3.

Figura 15 - Índice de Qualidade da Água para as Circunscrições Hidrográficas - Cenário 2020.



Fonte: IGAM (2021d).

Percebe-se que o principal resultado nos pontos de coleta é o IQA médio, sendo observados também locais com qualidade ruim e boa. Não foi verificado ponto de coleta com resultado muito ruim. Identificou-se apenas um resultado excelente, localizado na Circunscrição

Hidrográfica SF5 - Rio das Velhas, onde também é possível perceber pontos com IQA bom, médio e ruim. Na referida bacia hidrográfica os percentuais de coleta de esgoto e tratamento de esgoto coletado são, respectivamente, 72,70% (cenário moderado) e 87,06% (cenário favorável).

É possível verificar que nas Circunscrições Hidrográficas SF1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco e PN2 - Rio Araguari, onde os cenários para coleta e tratamento de esgoto são favoráveis, as medições de IQA nos corpos d'água foram enquadradas como médio e bom.

Em relação às Circunscrições Hidrográficas que foram alocadas no cenário de alerta para coleta e favorável para tratamento, tem-se que a SF6 - Rios Jequitaí, Pacuí, a SF9 - Afluentes Mineiros do Médio São Francisco, a SF10 - Rio Verde Grande e a MU1 - Afluentes Mineiros do Rio Mucuri apresentam pontos com IQA ruim, médio e bom. Por outro lado, a SF7 - Rio Paracatu, apresenta pontos com IQA médio e bom, sendo a CH com resultados simultaneamente maiores de coleta (62,72%) e tratamento de esgoto coletado (94,02%), quando comparados às elencadas acima.

Considerando que o monitoramento da qualidade das águas tem relação com os instrumentos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, enquadramento e outorga, cabe apresentar quais foram os resultados qualitativos para o IQA nas Circunscrições Hidrográficas enquadradas em cenário favorável para o Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos e que obtiveram resultado de 90% para o referido indicador: SF2 - Rio Pará, SF5 - Rio das Velhas, DO2 - Rio Piracicaba e PS1 - Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna. Na bacia hidrográfica do Rio Pará, o IQA variou entre ruim e bom; na do Rio das Velhas, entre excelente e ruim; na bacia do Rio Piracicaba e na dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna observou-se resultados médios e bons para o IQA.

No contexto da qualidade das águas dos mananciais superficiais, Vilarinho *et al.* (2021), realizaram um estudo para avaliar a cobrança pelo uso da água e sua eficácia na melhoria do IQA no Estado de Minas Gerais. Para a amostra de 91,67% das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos com cobrança instituída não se observou uma tendência de melhoria do IQA. De acordo com a pesquisa, para 63,63% houve piora ou pouca variação no período analisado. Já para 36,36% das bacias estaduais, que têm a cobrança implementada, observou-se melhora na classificação do índice. O estudo destacou que é necessário um direcionamento mais eficaz dos recursos arrecadados com o

referido instrumento, como, por exemplo, em coleta e tratamento de esgoto, a fim de que o referido instrumento de gestão não se seja um mero mecanismo de arrecadação pública.

Importante ressaltar que a ampliação da coleta e do tratamento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas, considerando, inclusive, a cobertura mínima, em termos de população, de 90% até 2033 preconizada Lei Federal nº 14.026/2020, é um fator que pode favorecer a melhoria dos resultados de IQA em Minas Gerais.

5.3.6. Índice de Perdas por Ligação

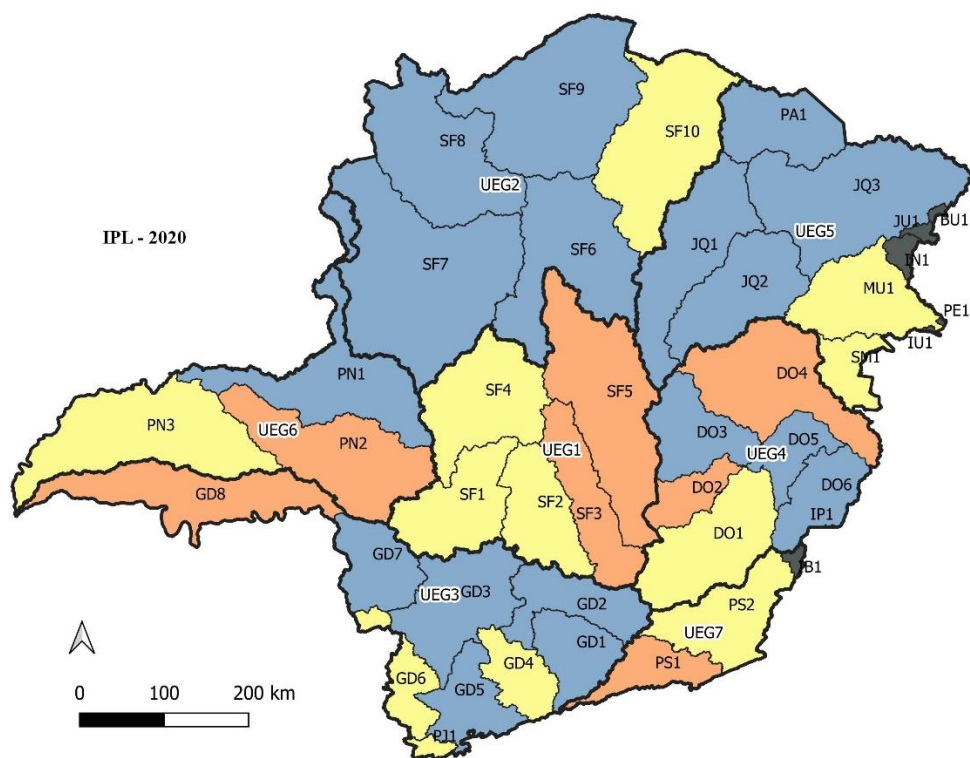
Em primeiro lugar é importante salientar que as perdas de água podem ser reais ou aparentes, sendo que uma parcela é inevitável. Conforme destacado no Referencial Teórico, não existe perda zero, pois existem limitações técnicas e/ou econômicas para reduzi-las (Bastos, Hamdan e Campos, 2022). Nesse contexto, quando dois ou mais sistemas de abastecimento são comparados, pode ocorrer de um possuir IPL maior, mas ter suas perdas reais próximas a um nível inevitável, por exemplo.

Aspectos destacados no Referencial Teórico devem ser lembrados para compreensão da multiplicidade de fatores que influenciam as perdas de água em sistemas de abastecimento e que dificultam a comparação entre sistemas: tipo de prestador de serviços, número de habitantes, topografia da região em que o sistema de abastecimento está instalado (Arsae-MG, 2021); operação do sistema (Tardelli, 2016).

A Figura 16, apresenta o Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades do Estado de Minas Gerais referente ao ano de 2020 para o Índice de Perdas por Ligação. Os resultados detalhados para o IPL por Unidade Estratégica de Gestão e por Circunscrição Hidrográfica estão disponíveis no Apêndice único deste trabalho.

Pela análise das informações apresentadas na Figura 16 é possível perceber que, pela metodologia adotada neste trabalho, foram alocadas no cenário de alerta 07 Circunscrições Hidrográficas, o que representa 19% do total de 36 CHs; no cenário moderado 12 CHs, 33%; e no cenário favorável 17 CHs, 47%.

Figura 16 - Mapa de Vulnerabilidades e Oportunidades - Índice de Perdas por Ligação (L/lig./dia) - Cenário 2020.



Legenda:

- Unidade Estratégica de Gestão de Recursos Hídricos
- Cenário de Alerta
- Cenário Moderado
- Cenário Favorável
- Circunscrições Hidrográficas não estudadas

| Cenário | Quantitativo de CH | |
|---|--------------------|-----|
| Alerta ($IPL \geq 250$ L/lig./dia) | 7 | 19% |
| Moderado ($150 \leq IPL < 250$ L/lig./dia) | 12 | 33% |
| Favorável ($IPL < 150$ L/lig./dia) | 17 | 47% |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Em relação aos cenários observados, o de alerta foi observado na Região Metropolitana de Belo Horizonte e pontualmente no Triângulo Mineiro, Vale do Rio Doce e Zona da Mata, abrangendo as seguintes Circunscrições Hidrográficas: SF3 (Rio Paraopeba), SF5 (Rio das Velhas), GD8 (Afluentes do Baixo Rio Grande), DO2 (Rio Piracicaba), DO4 (Rio Suaçuí), PN2 (Rio Araguari) e PS1 (Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna).

Os valores do Índice de Perdas por Ligação para esse cenário variaram entre 263,30 L/lig./dia, PN2 (Rio Araguari), e 441,38 L/lig./dia, SF5 (Rio das Velhas), resultados que podem ser verificados na Tabela 13. A referida tabela também apresenta o intervalo da

população municipal residente com abastecimento de água, segundo o IBGE, em cada uma das Circunscrições Hidrográficas.

Tabela 13 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário de alerta e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020.

| Cenário de Alerta | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|---|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | | IPL (L/lig./dia) | População (habitantes com serviço de água) |
| UEG1 | SF3 | Rio Paraopeba | 299,78 | 3.754 - 444.784 |
| | SF5 | Rio das Velhas | 441,38 | 2.202 - 2.521.564 |
| UEG3 | GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande | 298,97 | 1.992 - 337.092 |
| UEG4 | DO2 | Rio Piracicaba | 355,72 | 6.133 - 265.409 |
| | DO4 | Rio Suaçuí | 302,20 | 3.179 - 281.046 |
| UEG6 | PN2 | Rio Araguari | 263,30 | 3.643 - 699.097 |
| UEG7 | PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 284,56 | 2.987 - 573.285 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Nas bacias do Rio Paraopeba e Rio das Velhas, inseridas na UEG1, Afluentes do Alto Rio São Francisco, estão localizados municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde o controle de perdas de água em sistemas de abastecimento de água tem gestão mais complexa diante da densidade populacional e outras particularidades da região, como as áreas de vulnerabilidade social, regiões que, em geral, se concentram ligações clandestinas.

Destaque para Belo Horizonte, localizada na bacia do Rio das Velhas, com a maior população dentre as CHs dispostas no cenário de alerta - 2.521.564 habitantes com abastecimento de água, segundo o IBGE, e cujas perdas alcançaram 462,26 L/lig./dia em 2020. O referido município é composto por zona urbana, possui diversas ocupações irregulares em seu território, seu relevo é declivoso e o serviço de abastecimento de água é realizado por prestador regional. Outros municípios de destaque que compõem a Região Metropolitana são Contagem, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano, regiões populosas da SF5 onde o nível de perdas de água variou entre 454,59 e 624,55 L/lig./dia em 2020.

Em relação à SF3 - Rio Paraopeba, onde localizam-se, dentre outros municípios, Betim, Conselheiro Lafaiete, Ibirité e Esmeraldas, o nível de perdas de água variou em 2020 entre 194,03 L/lig./dia - Conselheiro Lafaiete - e 414,79 L/lig./dia - Betim.

Vale destacar que para a Circunscrição Hidrográfica PS1 - Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, a amostra válida de municípios para cálculo do IPL é inferior a 50%, evidenciando que os índices de macro e micromedição na referida bacia hidrográfica

precisam ser ampliados, diante do percentual mínimo de 90% considerado para este estudo. Salienta-se que a interpretação do resultado para a referida bacia deve ser feita com cautela, pois os municípios que compõem a amostra de estudo podem não representar a realidade.

Outra Circunscrição Hidrográfica que está entre as piores no cenário de alerta é a GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande, bacia que dentre outros municípios abrange Uberaba e Frutal, localidades que estão em situações bem distintas no âmbito de perdas de água, com, respectivamente, 435,56 e 97,60 L/lig./dia. Uberaba tem a maior população abastecida com água na bacia, 337.092 habitantes, sendo o serviço prestado pela administração direta. Frutal possui cerca de 60.000 habitantes e o serviço é de responsabilidade de prestador regional.

Diante do apresentado para o cenário de alerta, percebe-se que existem municípios com níveis maiores e menores de perdas de água, no entanto, pelas condições estabelecidas neste estudo, a situação das Circunscrições Hidrográficas elencadas é de alerta. Esse fato deve ser considerado pelos responsáveis pelos sistemas de abastecimento e pelo poder público, a fim de que os níveis ótimos de perdas sejam definidos - considerando as capacidades técnica e econômica, e que as ações contínuas para reduzir e controlar perdas de água sejam planejadas e executadas conforme as particularidades de cada sistema de abastecimento que compõe as CHs. Salienta-se que reduzir perdas significa captar menores volumes de água bruta para fins de tratamento e distribuição para atender uma mesma população. Como consequência espera-se um maior volume de recurso hídrico disponível nos mananciais para os usos múltiplos e conservação ambiental.

O cenário moderado foi observado nas regiões Central e Oeste do Estado e pontualmente no Triângulo Mineiro, Norte, Vale do Rio Doce, Zona da Mata e Vale do Mucuri, abrangendo Circunscrições Hidrográficas em todas as Unidades de Gestão de Recursos Hídricos. Os valores do Índice de Perdas por Ligação para esse cenário variaram entre 151,03 L/lig./dia, SF4 - Entorno da Represa de Três Marias, e 225,06 L/lig./dia, PJ1- Rios Piracicaba e Jaguari, conforme pode ser verificado na Tabela 14.

Tabela 14 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020.

| Cenário Moderado | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--|---|-----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | IPL (L/lig./dia) | População (habitantes com serviço de água) | |
| | SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | 151,80 | 776 - 40.380 |
| UEG1 | SF2 | Rio Pará | 167,43 | 3.152 - 240.408 |
| | SF4 | Entorno da Represa de Três Marias | 151,03 | 1.157 - 35.782 |
| UEG2 | SF10 | Rio Verde Grande | 196,28 | 3.164 - 413.487 |
| | GD4 | Rio Verde | 178,06 | 7.120 - 136.602 |
| UEG3 | GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo | 219,08 | 3.492 - 168.641 |
| | PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari | 225,06 | 6.297 - 36.951 |
| UEG4 | DO1 | Rio Piranga | 188,22 | 2.728 - 59.875 |
| UEG5 | MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri | 205,51 | 8.713 - 140.937 |
| | SM1 | Rio São Mateus | 193,02 | 3.573 - 27.647 |
| UEG6 | PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba | 173,20 | 4.284 - 105.255 |
| UEG7 | PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé | 196,87 | 1.587 - 116.797 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Em relação à SF4 - Entorno da Represa de Três Marias, o município com maior IPL em 2020 foi Pompéu, com 236,74 L/lig./dia - 32.035 habitantes abastecidos com água, e o menor foi Varjão de Minas, com 23,05 L/lig./dia, município com 7.138 habitantes. Já os municípios com maior e menor população abastecida com água, segundo o IBGE, são, respectivamente, São Gotardo, com 35.782 habitantes e IPL de 159,25 L/lig./dia e Cedro do Abaeté, com 1.157 habitantes e IPL alcançando 62,64 L/lig./dia em 2020. Todas as localidades citadas são atendidas por prestador regional. Já a PJ1- Rios Piracicaba e Jaguari, é composta por quatro municípios: Toledo, Camanducaia, Extrema e Itapeva, sendo que em todos o serviço de abastecimento é de responsabilidade de prestador regional. O maior IPL foi verificado em Extrema, 283,92 L/lig./dia, cidade com 36.951 habitantes, e o menor, 98,53 L/lig./dia, foi observado em Itapeva, com 9.881 habitantes abastecidos com água em 2020, segundo o IBGE.

Vale destacar que para as Circunscrições Hidrográficas GD4 - Rio Verde, MU1 - Afluentes Mineiros do Rio Mucuri e SM1 - Rio São Mateus, a amostra válida de municípios para cálculo do IPL é inferior a 50%, sendo assim, a interpretação dos resultados para as referidas bacias deve ser feita com cautela, visto que os municípios que compõem a amostra de estudo podem não representar com veracidade a situação das regiões.

O cenário favorável foi observado na região Norte, Nordeste, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, Sul, Sudoeste de Minas Gerais e pontualmente no Triângulo Mineiro. Os valores do Índice de Perdas por Ligação para esse cenário variaram entre 77,59 L/lig./dia, DO6 (Rio Manhuaçu), e 147,06 L/lig./dia, GD3 (Entorno do Reservatório de Furnas), como pode ser verificado na Tabela 15.

Tabela 15 - Circunscrições Hidrográficas classificadas no cenário moderado e resultados do Índice de Perdas por Ligação para 2020.

| Cenário Favorável | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--|---|-----------------|
| Código | Circunscrição Hidrográfica | IPL (L/lig./dia) | População (habitantes com serviço de água) | |
| | SF6 | Rios Jequitaí e Pacuí | 85,80 | 3.824 - 32.405 |
| UEG2 | SF7 | Rio Paracatu | 123,37 | 3.826 - 93.862 |
| | SF8 | Rio Urucuia | 86,19 | 9.688 - 17.173 |
| | SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 83,18 | 4.914 - 67.852 |
| | GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 95,64 | 2776 - 12.206 |
| UEG3 | GD2 | Vertentes do Rio Grande | 130,23 | 3.402 - 104.783 |
| | GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | 147,06 | 2.376 - 80.494 |
| | GD5 | Rio Sapucaí | 136,48 | 2.548 - 152.549 |
| | GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande | 125,16 | 4.244 - 71.445 |
| UEG4 | DO3 | Santo Antônio | 137,45 | 1.633 - 35.369 |
| | DO5 | Rio Caratinga | 142,70 | 3.466 - 92.603 |
| | DO6 | Rio Manhuaçu | 77,59 | 2.806 - 26.961 |
| UEG5 | JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha | 109,72 | 5.982 |
| | JQ2 | Rio Araçuaí | 102,09 | 4.105 - 38.057 |
| | JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha | 82,18 | 5.217 - 42.143 |
| | PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo | 89,67 | 4.764 - 34.397 |
| UEG6 | PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba | 95,82 | 1.387 - 153.585 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Vale destacar que para as Circunscrições Hidrográficas JQ1 - Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha, JQ2 - Rio Araçuaí e JQ3 - Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha, a amostra válida de municípios para cálculo do IPL é inferior a 50%. A interpretação dos resultados para as referidas bacias deve ser realizada com atenção, visto que os municípios que compõem a amostra de estudo podem não representar a realidade das regiões, destaque para a JQ1 com menos de 20% de amostra válida.

Por outro lado, destaque para a Circunscrição Hidrográfica PA1 - Rio Mosquito e demais Afluentes Mineiros do Rio Pardo, com 100% dos municípios válidos na amostra. As localidades com menor e maior IPL nesta Circunscrição Hidrográfica são, respectivamente,

Divisa Alegre, IPL de 56,85 L/lig./dia e 6.868 habitantes abastecidos com água, e Ninheira, com perdas de 166,57 L/lig./dia e 10.326 habitantes. A cidade com maior número de habitantes abastecidos com água é Taiobeiras, 34.397 habitantes, sendo que o IPL foi 74,45 L/lig./dia em 2020. Berizal, por outro lado, possui a menor população abastecida com água, 4.764 habitantes, e IPL de 63,16 L/lig./dia. Todos os municípios citados são atendidos por prestador regional.

No que se refere à GD3 - Entorno do Reservatório de Furnas, Campo Belo foi o município com maior IPL, 263,38 L/lig./dia, seguido de Três Pontas, com 250,35 L/lig./dia. Essas localidades possuem número de habitantes semelhantes, respectivamente, 54.186 e 56.940 habitantes e o serviço de abastecimento de água é prestado pela administração direta. Por outro lado, os menores IPL foram observados nos municípios de Carmo do Rio Claro, 59,08 L/lig./dia, com 21.268 habitantes, e Serrania, 62,66 L/lig./dia, com 7.668 habitantes, ambos com prestação regional do serviço de abastecimento.

As diversas particularidades envolvidas na gestão das perdas de água e alguns aspectos relevantes a serem considerados para melhoria dos índices foram tratados ao longo da discussão realizada para o tema. De maneira complementar, seguem exemplos de ações práticas que podem ser realizadas para possibilitar que mais água esteja disponível nos mananciais, colaborando para a segurança hídrica:

- Pesquisar exemplos de sucesso - *benchmarking* - em referências nacionais e internacionais, atentando-se para as particularidades dos sistemas de abastecimento.

Responsabilidades: prestadores de serviços e agências reguladoras.

Benefícios: aplicar boas práticas, fortalecer os processos decisórios, ser exemplo de sucesso.

- Planejar ações de curto, médio e longo prazos, com estabelecimento de metas específicas e mensuráveis aplicadas à realidade dos sistemas de abastecimento, com vistas ao atendimento do preconizado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional na Portaria nº 490, de 22 de março de 2021.

Responsabilidades: prestadores de serviços, com apoio das agências reguladoras.

Benefícios: fortalecer os processos decisórios, promover maior confiança e previsibilidade para cumprir as metas previstas, acessar recursos públicos em caso de cumprimento de metas.

- Regularizar incentivos tarifários relacionados aos índices de perdas de água.

Responsabilidade: agências reguladoras.

Benefícios: incentivar a gestão do controle e redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água, gerar economia de custos e mão de obra para tratamento de água de maneira, reduzir as tarifas pagas pelos usuários.

Outras ações envolvem a atuação em linhas de frente no âmbito operacional. Ressalta-se que a redução e o controle de perdas de água perpassam pela ação proativa e priorização do tema pelo responsável prestador de serviços. Cheung *et al.* (2009, p. 48) apresentam perguntas e estratégias que podem auxiliar no diagnóstico e direcionamento de condutas para fins de gestão de perdas de água:

- Quanto de água está sendo perdida?

Estratégias: verificar continuamente os medidores, calibrar os macromedidores, aprimorar os procedimentos de leitura.

- Onde a água está sendo perdida?

Estratégias: inspecionar os sistemas de adução e distribuição, investigar histórico dos clientes.

- Por que a água está sendo perdida?

Estratégias: investigar histórico de falhas do sistema, verificar se há práticas operacionais deficientes.

- Como melhorar o desempenho do sistema?

Estratégias: manter os registros dos sistemas atualizados, adotar a setorização, monitorar vazamentos, identificar caudas de perdas aparentes, elaborar planos de ação de curto, médio e longo prazos.

- Como sustentar o desempenho do sistema?

Estratégias: treinar e sensibilizar a equipe, monitorar os planos de ação, envolver a sociedade em programas de conservação de água.

5.3.7. Análise conjunta dos indicadores

Destacam-se na Tabela 16 as Circunscrições Hidrográficas que estão em cenário de alerta em pelo menos três indicadores, regiões onde sugere-se maior urgência no planejamento e efetivação de ações tangíveis em busca da melhoria dos índices. As cores laranja, amarelo e azul evidenciam, respectivamente, o cenário de alerta e os cenários moderado e favorável.

Tabela 16 - Circunscrições Hidrográficas classificadas em pelo menos três cenários de alerta e resultados para IGRH, ICE, ITE e IPL em 2020.

| Código | Circunscrição Hidrográfica | IGRH (%) | ICE (%) | ITE (%) | IPL (L/lig./dia) |
|--------|---|----------|---------|---------|------------------|
| UEG1 | SF3 Rio Paraopeba | 70,00 | 59,68 | 32,67 | 299,78 |
| | SF4 Entorno da Represa de Três Marias | 50,00 | 51,11 | 29,65 | 151,03 |
| UEG7 | PS1 Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 90,00 | 72,21 | 5,44 | 284,56 |

Fonte: Autora deste estudo (2023).

Constata-se que as problemáticas comuns às três Circunscrições Hidrográficas são a precariedade na coleta e no tratamento de esgoto. Observa-se, ainda, que os resultados para ICE, ITE e IPL repercutiram em cenário de alerta para a Circunscrição Hidrográfica Rio Paraopeba, já para o Entorno da Represa de Três Marias, que também compõem os Afluentes do Alto Rio São Francisco, o IGRH, o ICE e o ITE são índices que merecem mais atenção das entidades envolvidas. O caso dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, alocado na UEG7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul, é semelhante à da CH Rio Paraopeba, sendo o IGRH o único indicador em cenário favorável. No entanto, nota-se que a PS1, apesar de coletar maior volume de esgoto, ainda precisa avançar muito no que diz respeito ao tratamento do esgoto coletado.

As três Circunscrições Hidrográficas destacadas podem ser um ponto de partida para planejar e executar ações concretas, conforme as particularidades das bacias hidrográficas e dos municípios nelas inseridos, considerando as ações e responsabilidades sugeridas durante as discussões deste trabalho. Destaque para a oferta de qualificação técnica aos envolvidos nos setores de recursos hídricos e saneamento básico, o *benchmarking* e o comprometimento dos envolvidos na definição de metas específicas e mensuráveis para fortalecimento dos processos decisórios.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas neste estudo foi possível compreender, em nível de bacias hidrográficas mineiras, os panoramas em termos de indicadores relacionados à implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, ao volume de esgoto sanitário coletado e a parcela que é tratada, à qualidade da água bruta de mananciais superficiais e às perdas de água nos sistemas de abastecimento - aspectos relevantes para a segurança hídrica de qualquer bacia hidrográfica.

Nesse sentido, este trabalho elaborou como produto final Mapas de Vulnerabilidades e Oportunidades para fornecer subsídios para tomada de decisão em busca do aumento da segurança hídrica em Minas Gerais, principalmente no sentido de ampliar a oferta de água.

Os resultados encontrados evidenciaram pontos críticos a serem observados por parte do órgão gestor de recursos hídricos e de entidades do setor do saneamento básico para fins de atuação proativa, ou seja, vulnerabilidades e oportunidades para ampliar a oferta hídrica.

As Circunscrições Hidrográficas e os municípios inseridos nas bacias hidrográficas possuem particularidades que devem ser levadas em conta para planejar e executar ações em busca da melhoria dos índices e de redução das vulnerabilidades hídricas, principalmente no que se refere à oferta de água.

Em resumo, para o ano de 2020, as principais percepções deste trabalho foram as seguintes:

- IGRH - Índice de Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos: os instrumentos que estão com sua implementação mais atrasadas em Minas Gerais são a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos d'água.
- ICE - Índice de Coleta de Esgotos e ITE - Índice de Tratamento de Esgoto: importante verificar as vulnerabilidades de cada CH, a fim de alocar esforços e destinar os recursos financeiros.
- IQA - Índice de Qualidade da Água, ICE e ITE: observou-se resultados para IQA entre médio e bom, mesmo em CHs com cenário favorável para os índices de coleta e tratamento de esgoto sanitário.
- IQA e IGRH: observou-se resultados para o IQA entre excelente e ruim, mesmo para as CHs enquadradas em cenário favorável para o IGRH.
- IPL - Índice de Perdas por Ligação: necessário avançar nos índices de macro e micromedição, principalmente nos municípios que integram a UGE5 - Afluentes

dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo. Dados confiáveis auxiliam a definir com mais eficiência e eficácia as ações para controle e redução de perdas de água nos sistemas de abastecimento.

As Circunscrições Hidrográficas Rio Paraopeba, Entorno da Represa de Três Marias e Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna se destacaram, pois se enquadraram em cenário de alerta para três indicadores quando avaliou-se o IGRH, ICE, ITE e IPL. Nesse contexto, verificou-se que as referidas Circunscrições Hidrográficas têm um aspecto em comum: a precariedade na coleta e no tratamento de esgoto.

Os desafios e oportunidades de melhoria dos índices também foram alvo de discussão neste trabalho. Algumas questões podem ser destacadas como, por exemplo, a necessidade de qualificação técnica, a importância do planejamento aplicável às particularidades do município, a priorização que é dada às áreas urbanas em detrimento às rurais, as problemáticas que envolvem as ocupações irregulares.

Cumprir destacar, ainda, que para minimizar a fragmentação na gestão de recursos hídricos e saneamento básico é fundamental que haja maior aproximação entre os entes federal, estadual e municipal, bem como as instituições da sociedade civil organizada. Uma ferramenta interessante pode ser a realização de fóruns de discussão, que poderá incluir definição de metas e ações efetivas.

Em relação aos aprimoramentos para este trabalho, sugere-se a revisão de etapas metodológicas como: utilização de outras referências estatísticas para classificação dos resultados obtidos nos cenários de alerta, moderado e favorável; avaliação de Índice de Coleta e Tratamento em termos populacionais; avaliação do Índice de Perdas por Ligação em grupos semelhantes, considerando, por exemplo, número de habitantes, topografia, tipo de prestador de serviços. Outro caminho a ser avaliado é a elaboração de índice único que integrasse IGRH, ICE, ITE, IQA e IPL.

Desenvolver novos estudos e ferramentas é essencial para melhor compreensão dos cenários de estresse hídrico a nível de bacias hidrográficas, tendo-se como referência os setores de recursos hídricos e saneamento básico, notadamente inter-relacionados. Afinal, proteger as fontes produtoras de água é um investimento para a segurança hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas - ANA (Brasil). 2013. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013. 68 p.: Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos; v.5. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/8>>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- _____. 2017a. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- _____. 2017b. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Acesse os dados por Município / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjltMTMyOTQ0NDljNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- _____. 2019. Direito das Águas à Luz da Governança. Unidade 2. 72 p. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1052/2/UNIDADE%2002_ANA.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- _____. 2020a. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília : ANA, 2020. 118p. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>>. Acesso em: 05 fev. 2021.
- _____. 2020b. Enquadramento dos corpos d'água em classes. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020. 57p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- _____. 2021. 2º Boletim de Monitoramento Plano Nacional de Segurança Hídrica. 25 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-seguranca-hidrica/boletins-de-monitoramento-do-pnsh/2o-boletim-20-07-2020-pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2022.

- _____. 2022a. Plano Nacional de Segurança Hídrica. O Índice de Segurança Hídrica. Disponível em: <<https://pnsh.ana.gov.br/seguranca>>. Acesso em: 07 mar. 2022.
- _____. 2022b. Portal da Qualidade das Águas. Avaliação de Qualidade - Introdução. Disponível em:<<http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - Arsae-MG. 2019. Resolução Arsae-MG 131, de 11 de novembro de 2019. Estabelece as condições gerais para prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário regulados. Disponível em:<<http://www.arsae.mg.gov.br/2019/11/11/resolucao-131-2019/>>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- _____. 2021. ProSun: Regulação por Exposição. Valores de Referência 1º Ciclo de Avaliação. Arsae-MG. Disponível em:<<https://sites.google.com/view/prosun/valores-de-refer%C3%Aancia?authuser=0>>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- Babbie, Earl. 2007. The Practice of Social Research. 11th ed.
- Bastos, M. M. A.; Hamdan, O. H. C.; Campos, L. F. A. 2022. Perdas de água e regulação: conceitos, indicadores, planejamento e gestão de ativos. Belo Horizonte. Arsae-MG. 73 p. Disponível em:<http://www.arsae.mg.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Publicacao_Perdas_Arsae.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- Borges, L. A. C.; Cabral, A. L. A.; Júnior, J. E. V. C.; Filho, L. O. M. 2019. Uso de instrumento de suporte à tomada de decisão para gestão dos Recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 20, n. 72 Dez/2019 p. 315–325. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/9e4a/7f3e569b42e8d2012d7236226c4039bb6e0d.pdf>> Acesso em: 03 fev. 2023.
- Brasil. 1997. 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. Disponível em:<<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9433&ano=1997&ato=a12ATVU90MJpWTbaf>>. Acesso em: 04 fev. 2022.

- _____. 2019. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 5.ed. Brasília: Funasa, 2019. 545 p. Disponível em: <<https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>>. Acesso em: 05 fev 2023.
- _____. 2020. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- Carneiro, D. M.; Nagamati, D.; Pereira, S.; Rocha, W. Avaliação dos procedimentos utilizados em pesquisas tipo survey em publicações de contabilidade gerencial com ênfase em custos no Brasil. XIV Congresso Internacional de Custos. II Congresso Colombiano de Custos e Gestión. Medellín, Colombia. 2015. Disponível em: <<https://intercostos.org/documentos/congreso-14/138.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2023.
- Cheung, P. B.; Kiperstok, A.; Cohim, E.; Alves, W. C.; Philippi, L. S.; Zanella, L.; Abe, N.; Gomes, H. P.; Silva, B. C.; Pertel, M.; Gonçalves, R. F. 2009. Consumo de Água. In: Gonçalves, R. F. (Org.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES. p. 36-98. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303984888_Conservacao_de_agua_e_energia_em_sistemas_prediais_e_publicos_de_abastecimento_de_agua>. Acesso em: 05 fev. 2023.
- Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos - COBRAPE. 2022. Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB- MG). Proposta Preliminar do Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais - PESB-MG. Belo Horizonte: Semad, 2022. prod. 6, vol. 58. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2022/SANEAMENTO/PRODUTOS/P6_Proposta_preliminar_Rev03.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp. 2020. Estratégias Resilientes. Um plano de adaptação às variações climáticas na gestão de recursos hídricos para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo. Disponível

- em: <http://www.sabesp.com.br/estrategias_resilientes/pdf/SAB03_completo-V2.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2022.
- Correio da Unesco. 2019. Wheeler, H. S. Proporcionar segurança hídrica em um mundo em transformação. Disponível em:<<https://pt.unesco.org/courier/2019-1/proporcionar-seguranca-hidrica-em-um-mundo-em-transformacao>>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- Cubula, B. S. Os erros não amostrais e os fatores da não-resposta em inquéritos por amostragem na cidade de Maputo. Dissertação. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação Universidade Nova de Lisboa. 2013. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/10497>>. Acesso em: 18 mar. 2023.
- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - ERSAR. 2021. Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores. Disponível em:<https://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/Documents/Guia_Tecnico27.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- European Federation of National Associations of Water Services - EurEau. 2021. Drinking water supply and leakage management. Briefing note. Disponível em: <<https://www.eureau.org/resources/briefing-notes/5735-eureau-briefing-note-on-drinking-water-supply-and-leakage-management/file>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- Gain, A. K.; Giupponi, C.; Wada, Y. 2016. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environmental Research Letters*, Volume 11, Number 12. Disponível em:<<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/12/124015/pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2022.
- Global Water Partnership - GWP. 2000. Towards Water Security: A Framework for Action. Stockholm, Sweden and London, United Kingdom. 10 p. Disponível em: <<https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/towards-water-security.-a-framework-for-action.-mobilising-political-will-to-act-gwp-2000.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2022.
- Heller, L. 1998. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2): 73-84, 1998. Disponível: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/4wdHGnBkYZg4qzdgSMnLwgx/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais - IDE-Sisema. 2022. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

Instituto Democracia e Sustentabilidade - IDS. 2021. A água e o nosso futuro. Disponível em: <<https://www.idsbrasil.org/noticias/a-agua-e-o-nosso-futuro/>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (Minas Gerais). 2009. Índice de Qualidade de Águas médio predomina na Bacia do Rio Pará. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/739-indice-de-qualidade-de-aguas-medio-predomina-na-bacia-do-rio-para>>. Acesso em: 07 mai. 2022.

_____. 2020a. Gestão e situação das águas de Minas Gerais. Coordenação, Marcelo da Fonseca, organização Caroline Matos da Cruz Correia et. al. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2020. 230 p. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/noticias/351-gestao-e-situacao-das-aguas-de-minas-gerais-2020>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

_____. 2020b. 1º Relatório de monitoramento da governança da gestão das águas de Minas Gerais / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2020. 102 p. Disponível em: <<http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3505>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

_____. 2021a. Portal InfoHidro. Informações sobre Recursos Hídricos. Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos. Arrecadação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/index.php/sem-categoria/578-arrecadacao-da-cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 07 mar. 2021.

_____. 2021b. 2º Relatório de monitoramento da governança da gestão das águas de Minas Gerais - 2020 / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2021. 93 p. Disponível em: <<http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3830>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

- _____. 2021c. Programa de monitoramento da qualidade das águas realizado pelo IGAM é apresentado em Simpósio. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2701-2021-11-24-18-31-12>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- _____. 2021d. Índice de Qualidade da Água: 2020 (A3 Simplificado). Disponível em: <<http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/3948>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- _____. 2022a. Planos de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/plano-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022b. Enquadramento. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/enquadramento>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022c. Sistema Estadual de Informação sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/sistema-de-informacoes-infohidro>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022d. Portal InfoHidro. Índice de Qualidade Das Águas - IQA. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- _____. 2022e. Mapas. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/mapa-unidades-de-planejamento>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022f. Comitês Estaduais - MG. Disponível em: <<https://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg>>. Acesso em: 04 de fev. 2022.
- _____. 2022g. Cobrança Pelo Uso dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/cobranca-pelo-uso-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022h. Regulação de Usos dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- Instituto Trata Brasil. 2020. Saiba mais sobre o futuro da segurança hídrica. Trata Brasil, São Paulo. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/wp->

content/uploads/2022/09/Demanda_futura_por_agua_-_Instituto_Trata_Brasil_-_26-08-2020a.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2022.

Junho, A. L. 2021. Os índices de saneamento básico e de desenvolvimento humano para o Estado de Minas Gerais, um panorama frente ao novo marco do saneamento. Universidade Federal de Itajubá Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica. Tese de dissertação. Itajubá, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2478/1/Disserta%3%a7%a3o_2021149.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2023.

Lambert, A.; Hirner, W. 2000. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA Blue Pages. Disponível em: <<https://waterfund.go.ke/watersource/Downloads/001.%20Losses%20from%20water%20supply%20systems.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

Lisboa, S. S., Heller, L., & Silveira, R. B. 2013. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Revista Engenharia Sanitária Ambiental. v.18 n.4. out/dez 2013. 341-348. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/994sJtj6TWMPMFgFGRF8Fzk/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 04 fev. 2023.

Malheiros, T. F.; Prota, M. G.; Pérez, M. A. Participação comunitária e implementação dos instrumentos de gestão da água em bacias hidrográficas. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/Twy4LKgS4H4b4DXVsN7XWxG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 04 fev. 2023.

Marques, D. H. F.; Cançado, C. J.; Souza, P. C. Reflexões sobre o novo marco regulatório do saneamento básico : possíveis impactos no planejamento de Minas Gerais. Belo Horizonte: FJP, 2021. 37p. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/11/25.1.2021_TEXTO-PARA-DISCUSSAO-N.-15-1.pdf>. Acesso: 04 fev. 2023.

Meadows, D. 1998. Indicators and information systems for sustainable development. A Report to the Balaton Group. The Sustainability Institute. 95 p. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/106023/mod_resource/content/2/texto_6.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2022.

Michaelis. 2021. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Indicador. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=7mOqY>>. Acesso: 05 fev. 2021.

Minas Gerais. 1999. Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/13199/1999/;PORTAL_SESSIONID=3C2202ACCF85884662CF8DB690FF603F.worker1>. Acesso em: 10 fev. 2022.

_____. 2017. Deliberação Normativa CERH nº 54, de 9 de maio de 2017. Dispõe sobre critérios e diretrizes gerais para a elaboração dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, bem como mecanismos e critérios de acompanhamento de sua implantação e dá outras providências.

_____. 2018. Deliberação Normativa CERH nº 61, de 13 de dezembro de 2018. Estabelece as dimensões do monitoramento da governança do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

_____. 2021a. Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021. Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/48160/2021/>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

_____. 2021b. Instrução Normativa CERH-MG nº 71, de 22 de dezembro de 2021. Altera a Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 17 de novembro de 2020 que estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais.

_____. 2022. Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/saneamento/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR (Brasil). 2021a. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Diagnóstico Temático. Serviços de Água e Esgoto. Visão Geral (ano de referência 2020). 91 p. Disponível: <<http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>>. Acesso: 04 fev. 2022. Acesso em: 04 fev. 2022.

_____. 2021b. Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021 / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília/DF, 2021. 223p.

- Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/panorama-do-saneamento-basico-do-brasil>>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- _____. 2021c. Portaria nº 490, de 22 de março de 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-490-de-22-de-marco-de-2021-309988760>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022a. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Série Histórica. Municípios. Informações e indicadores municipais consolidados. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- _____. 2022b. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Diagnóstico Anual de Água e Esgoto 2021 (ano de referência 2020). Glossário de Informações. Glossário de Indicadores. Disponível em: <<http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- Ministério do Meio Ambiente. MMA. 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- _____. 2008. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- _____. 2021. Serviços ecossistêmicos. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos-ecossistemicos>>. Acesso em: 07 mar. 2022.
- Miranda, E. C.; Koide, S. 2003. Indicadores de perdas de água: O que, de fato, eles indicam? In: 22º. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Mitchell, G. 1996. Problems and Fundamentals of sustainable development indicators. Sustainable Development. Vol. 4, 1-11 (1996). Disponível

em:<https://www.researchgate.net/publication/227651004_Problems_and_Fundamentals_of_Sustainable_Development_Indicators>. Acesso em: 05 fev. 2021.

Morais, D. C.; Cavalcante, C. A. V.; De Almeida, A., T. 2010. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. *Pesquisa Operacional*, v.30, n.1, p.15-32, janeiro a abril de 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pope/a/mCgyZSTtZsVt67SqGng6mFF/?lang=pt>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

Nações Unidas Brasil. 2022. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

Observatório das Águas. 2021a. O papel vital da excelência técnica da ANA para a gestão das águas e sua integração com as políticas de saneamento. Disponível em: <<https://observatoriodasaguas.org/o-papel-vital-da-excelencia-tecnica-da-ana-para-a-gestao-das-aguas-e-sua-integracao-com-as-politicas-de-saneamento/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

Observatório das Águas. 2021b. Recursos Hídricos e Saneamento no mesmo barco. Disponível em:<<https://observatoriodasaguas.org/recursos-hidricos-e-saneamento-no-mesmo-barco/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

Oliveira, B. F.; Cruz, F. P.; Accioly, E. M. F. B. 2020. A regionalização dos serviços de saneamento básico e os desafios da universalização no Brasil: uma análise exploratória de dados espaciais para os anos de 2010 e 2018. Disponível em: <https://www.anpec.org.br/encontro/2021/submissao/files_I/i10-f16805616e06762d71c4910c549f2bfd.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

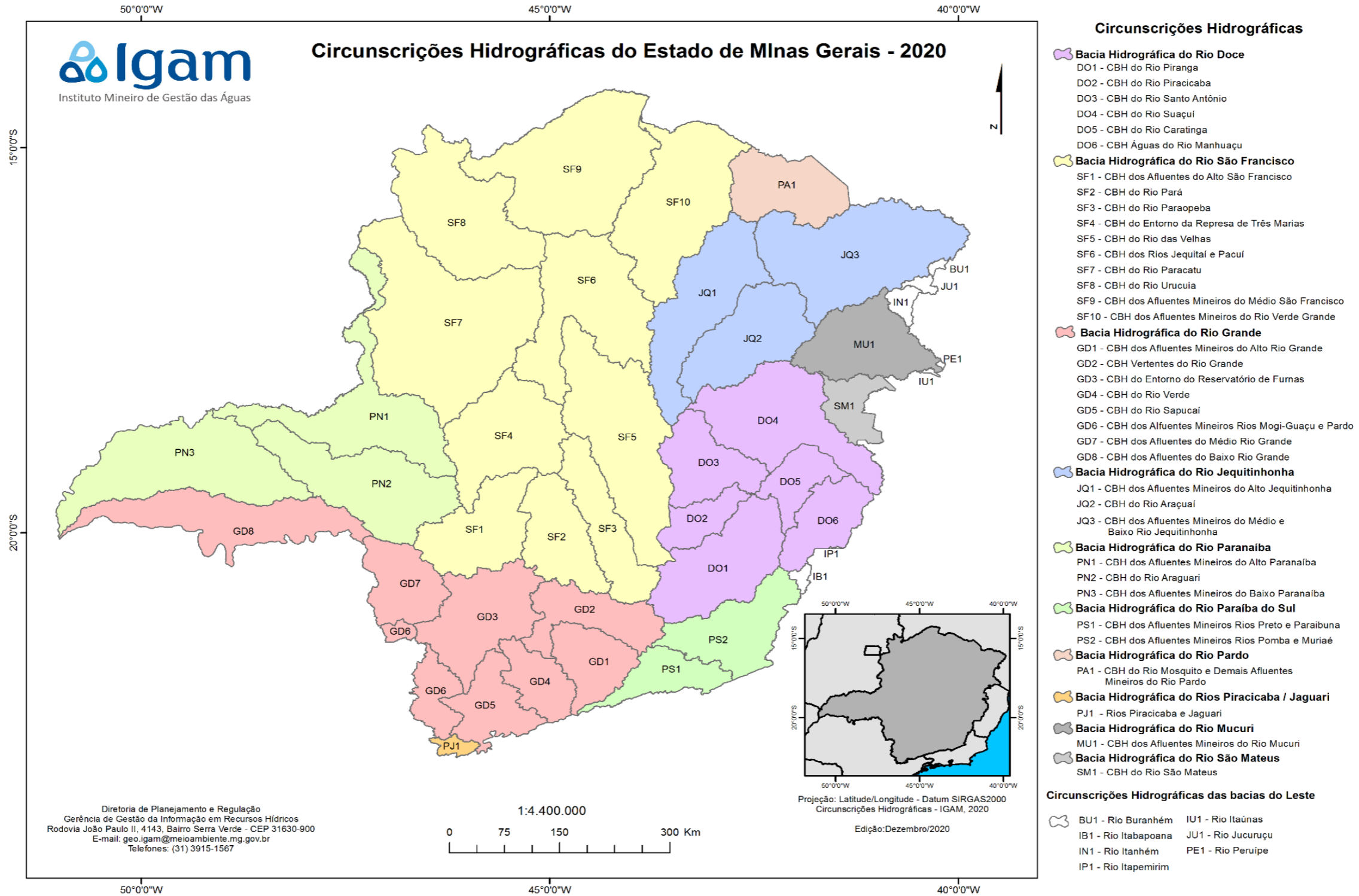
Organization for Economic Cooperation and Development - OECD. 2013. *Water Security for Better Lives*. OECD Studies for Water. OECD Publishing. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/environment/water-security_9789264202405-en#page3>. Acesso em: 08 mar. 2022.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD Brasil. 2021. Objetivo 6: Água limpa e saneamento. Disponível: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

- Rocha, F. C. S.; Ferreira, I. D.; Almeida, L. P. Cortat, L. F.; Herms, F. W. 2021. Cobrança pelo uso da água nas bacias hidrográficas dos rios Preto e Paraibuna e dos rios Pomba e Muriaé: implementação e desafios atuais. XXIV Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. 21 a 26 de novembro de 2021: Belo Horizonte. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/arquivos/compartilhamento/2021/12/compartilhamento_52a1e8e5976eae916907478a2a480c18.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- Santos, B. S. 2017. A Introdução ao federalismo das águas: interfaces entre gestão de bacias hidrográficas e saneamento básico. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, ano II, n. 4, agosto/2007. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/875/780>>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- Serviço Social da Indústria - Sesi. 2010. Departamento Regional do Estado do Paraná. Observatório Regional Base de Indicadores de Sustentabilidade. Construção e Análise de Indicadores. Curitiba: 2010. 108 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/337472077_Construcao_e_Analise_de_Indicadores>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- Sousa. J. S.; Caetano, F. A. O.; Frota, M. G. Silva. A. F. Sousa. E. C. 2021. Instrumentos de gestão municipal: contribuições dos municípios para as políticas públicas ambientais e dos recursos hídricos no nordeste brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. boletim regional, urbano e ambiental | 26 | jul.-dez. 2021. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/218388_bru_26_artigo6.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- Tardelli Filho, J. 2016. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Revista DAE. jan-abr. 2016. 15 p. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- The Hague. 2000. Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/World_Water_Forum_02/The_Hague_Declaration.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2022.

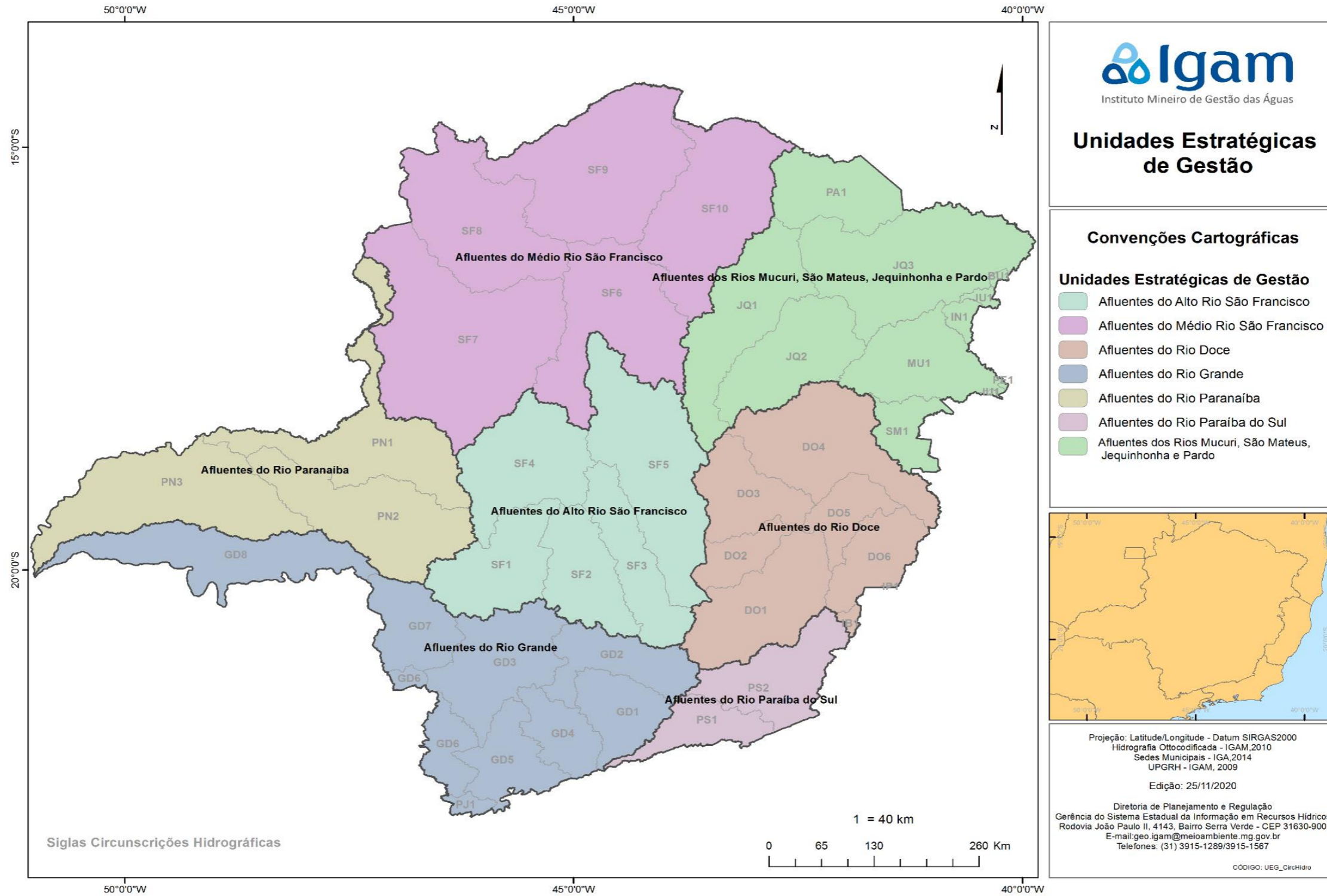
- Tucci, C. E. M.; Chagas, M. de F. 2017. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. Revista de Gestão de Água da América Latina - REGA, Porto Alegre, v. 14, e12, 2017. Disponível em:<https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/198/802534ee73e9bcb48c662546a9f2f9e3_fbb8585ef27dacdc1075b1e435cb19e3.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2022.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Unesco. 2022. Water Security. Disponível em:<<https://en.unesco.org/themes/water-security>>. Acesso em: 07 mar. 2022.
- UN-WATER. 2013. The United Nations Inter-Agency mechanism on all fresh water related issues, including sanitation. Water Security & the Global Water Agenda. A UN-Water Analytical Brief. United Nations University. 2013. Disponível em:<<https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/>>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- Vilarinho, C. M. R.; Muller, M. G.; Cavalcante, A. S.; Costa, M. M. L.; Gonçalves, J. A. C. 2021. Eficácia da cobrança pelo uso de recursos hídricos condicionada ao Índice de Qualidade da Água: estudo de caso, Minas Gerais, Brasil. v. 14, n. 1, 2021. Disponível em:<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/248872>>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- Water Resilience Coalition - WRC. 2021. About. Both a Human and Business Problem. Disponível em:<<https://ceowatermandate.org/resilience/about/>>. Acesso em: 28 de abr. 2022.
- World Resources Institute - WRI. 2019. Ranking mostra onde há maior risco de faltar água no Brasil e no mundo. Disponível em:<<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/08/ranking-mostra-onde-ha-maior-risco-de-faltar-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

ANEXO I - Circunscrições Hidrográficas de Minas Gerais



Fonte: IGAM, 2022e.

ANEXO II - Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais



Unidades Estratégicas de Gestão

Convenções Cartográficas

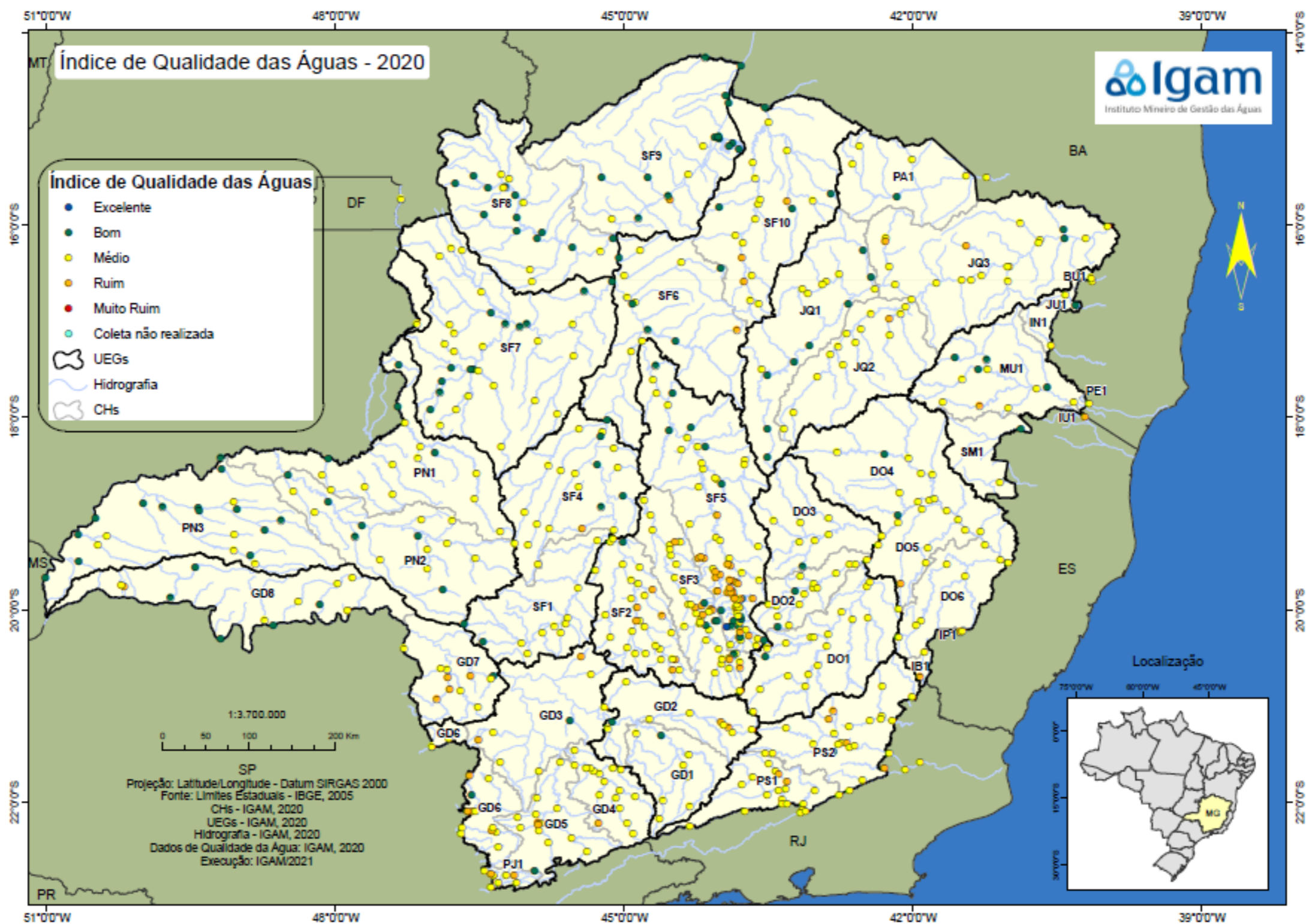
- Unidades Estratégicas de Gestão**
- Afluentes do Alto Rio São Francisco
 - Afluentes do Médio Rio São Francisco
 - Afluentes do Rio Doce
 - Afluentes do Rio Grande
 - Afluentes do Rio Paranaíba
 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul
 - Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequinhonha e Pardo



Projeção: Latitude/Longitude - Datum SIRGAS2000
 Hidrografia Otocodificada - IGAM, 2010
 Sedes Municipais - IGA, 2014
 UPRH - IGAM, 2009
 Edição: 25/11/2020
 Diretoria de Planejamento e Regulação
 Gerência do Sistema Estadual da Informação em Recursos Hídricos
 Rodovia João Paulo II, 4143, Bairro Serra Verde - CEP 31630-900
 E-mail: geo.igam@meioambiente.mg.gov.br
 Telefones: (31) 3915-1289/3915-1567
 CÓDIGO: UEG_CircHidro

Fonte: IGAM, 2022e.

ANEXO III - Índice de Qualidade da Água para As Circunscrições Hidrográficas - Cenário 2020



Fonte: IGAM (2021d).

APÊNDICE - Resultados dos indicadores IGRH, ITE e IPL por Circunscrição Hidrográfica e Cenários de Alocação

| Código UEG/CH | Bacia Hidrográfica | IGRH (%) | | ICE (%) | | ITE (%) | | IPL (L/lig./dia) | |
|----------------------|--|-----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|-------------------------|-----------|
| UEG1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | | | | | | | | |
| SF1 | Afluentes do Alto Rio São Francisco | 50,00 | ALERTA | 82,78 | FAVORÁVEL | 70,83 | FAVORÁVEL | 151,80 | MODERADO |
| SF2 | Rio Pará | 90,00 | FAVORÁVEL | 76,95 | MODERADO | 38,43 | ALERTA | 167,43 | MODERADO |
| SF3 | Rio Paraopeba | 70,00 | FAVORÁVEL | 59,68 | ALERTA | 32,67 | ALERTA | 299,78 | ALERTA |
| SF4 | Entorno da Represa de Três Marias | 50,00 | ALERTA | 51,11 | ALERTA | 29,65 | ALERTA | 151,03 | MODERADO |
| SF5 | Rio das Velhas | 90,00 | FAVORÁVEL | 72,70 | MODERADO | 87,06 | FAVORÁVEL | 441,38 | ALERTA |
| UEG2 | Afluentes do Médio Rio São Francisco | | | | | | | | |
| SF6 | Rios Jequitaí e Pacuí | 50,00 | ALERTA | 34,66 | ALERTA | 69,81 | FAVORÁVEL | 85,80 | FAVORÁVEL |
| SF7 | Rio Paracatu | 50,00 | ALERTA | 62,72 | ALERTA | 94,02 | FAVORÁVEL | 123,37 | FAVORÁVEL |
| SF8 | Rio Uruçuia | 60,00 | MODERADO | 47,43 | ALERTA | 25,97 | ALERTA | 86,19 | FAVORÁVEL |
| SF9 | Afluentes Mineiros do Médio São Francisco | 60,00 | MODERADO | 19,85 | ALERTA | 100,00 | FAVORÁVEL | 83,18 | FAVORÁVEL |
| SF10 | Rio Verde Grande | 50,00 | ALERTA | 55,03 | ALERTA | 99,79 | FAVORÁVEL | 196,28 | MODERADO |
| UEG3 | Bacia Hidrográfica do Rio Grande | | | | | | | | |
| GD1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande | 70,00 | FAVORÁVEL | 74,31 | MODERADO | 12,98 | ALERTA | 95,64 | FAVORÁVEL |
| GD2 | Vertentes do Rio Grande | 70,00 | FAVORÁVEL | 79,79 | FAVORÁVEL | 22,10 | ALERTA | 130,23 | FAVORÁVEL |
| GD3 | Entorno do Reservatório de Furnas | 50,00 | ALERTA | 78,76 | MODERADO | 40,96 | ALERTA | 147,06 | FAVORÁVEL |
| GD4 | Rio Verde | 70,00 | FAVORÁVEL | 81,94 | FAVORÁVEL | 30,51 | ALERTA | 178,06 | MODERADO |
| GD5 | Rio Sapucaí | 50,00 | ALERTA | 78,20 | MODERADO | 41,78 | ALERTA | 136,48 | FAVORÁVEL |
| GD6 | Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo | 50,00 | ALERTA | 88,52 | FAVORÁVEL | 46,94 | MODERADO | 219,08 | MODERADO |
| GD7 | Afluentes do Médio Rio Grande | 50,00 | ALERTA | 81,66 | FAVORÁVEL | 40,99 | ALERTA | 125,16 | FAVORÁVEL |
| GD8 | Afluentes do Baixo Rio Grande | 50,00 | ALERTA | 90,89 | FAVORÁVEL | 82,31 | FAVORÁVEL | 298,97 | ALERTA |

| | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|
| PJ1 | Rios Piracicaba e Jaguari | 70,00 | FAVORÁVEL | 57,22 | ALERTA | 62,72 | MODERADO | 225,06 | MODERADO |
| UEG4 | Afluentes do Rio Doce | | | | | | | | |
| DO1 | Rio Piranga | 80,00 | FAVORÁVEL | 72,70 | MODERADO | 4,94 | ALERTA | 188,22 | MODERADO |
| DO2 | Rio Piracicaba | 90,00 | FAVORÁVEL | 84,76 | FAVORÁVEL | 43,55 | MODERADO | 355,72 | ALERTA |
| DO3 | Santo Antônio | 80,00 | FAVORÁVEL | 60,68 | ALERTA | 15,69 | ALERTA | 137,45 | FAVORÁVEL |
| DO4 | Rio Suaçuí | 80,00 | FAVORÁVEL | 78,72 | MODERADO | 10,44 | ALERTA | 302,20 | ALERTA |
| DO5 | Rio Caratinga | 80,00 | FAVORÁVEL | 68,14 | ALERTA | 21,46 | ALERTA | 142,70 | FAVORÁVEL |
| DO6 | Rio Manhuaçu | 80,00 | FAVORÁVEL | 82,42 | FAVORÁVEL | 11,59 | ALERTA | 77,59 | FAVORÁVEL |
| UEG5 | Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo | | | | | | | | |
| JQ1 | Afluentes Mineiros do Alto Rio Jequitinhonha | 60,00 | MODERADO | 51,13 | ALERTA | 60,32 | MODERADO | 109,72 | FAVORÁVEL |
| JQ2 | Rio Araçuaí | 50,00 | ALERTA | 55,73 | ALERTA | 61,43 | MODERADO | 102,09 | FAVORÁVEL |
| JQ3 | Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha | 60,00 | MODERADO | 53,86 | ALERTA | 60,09 | MODERADO | 82,18 | FAVORÁVEL |
| MU1 | Afluentes Mineiros do Rio Mucuri | 40,00 | ALERTA | 58,15 | ALERTA | 82,03 | FAVORÁVEL | 205,51 | MODERADO |
| PA1 | Rio Mosquito e Demais Efluentes Mineiro do Rio Pardo | 60,00 | MODERADO | 36,20 | ALERTA | 62,32 | MODERADO | 89,67 | FAVORÁVEL |
| SM1 | Rio São Mateus | 40,00 | ALERTA | 79,01 | FAVORÁVEL | 51,96 | MODERADO | 193,02 | MODERADO |
| UEG6 | Afluentes do Rio Paranaíba | | | | | | | | |
| PN1 | Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba | 50,00 | ALERTA | 77,40 | MODERADO | 44,38 | MODERADO | 95,82 | FAVORÁVEL |
| PN2 | Rio Araguari | 70,00 | FAVORÁVEL | 83,63 | FAVORÁVEL | 88,91 | FAVORÁVEL | 263,30 | ALERTA |
| PN3 | Afluentes Mineiros do Baixo Rio Paranaíba | 50,00 | ALERTA | 73,27 | MODERADO | 79,45 | FAVORÁVEL | 173,20 | MODERADO |
| UEG7 | Afluentes do Rio Paraíba do Sul | | | | | | | | |
| PS1 | Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna | 90,00 | FAVORÁVEL | 72,21 | ALERTA | 5,44 | ALERTA | 284,56 | ALERTA |
| PS2 | Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé | 70,00 | FAVORÁVEL | 72,10 | ALERTA | 7,70 | ALERTA | 196,87 | MODERADO |