

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias
contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na
balneabilidade**

Andrea Cristine Coelho Leite

Belo Horizonte

2020

Andrea Cristine Coelho Leite

**Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias
contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na
balneabilidade**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Geografia da
Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito à obtenção do título de
Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Célio Valadão

Belo Horizonte

2020

L533q
2020

Leite, Andrea Cristine Coelho.

Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias contribuintes do Lago de Furnas (MG) [manuscrito] : implicações na balneabilidade / Andrea Cristine Coelho Leite. – 2020.

101 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Roberto Célio Valadão.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2020.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 91-101.

1. Geomorfologia – Minas Gerais – Teses. 2. Solo – Uso – Planejamento – Teses. 3. Água – Qualidade – Minas Gerais – Teses. 4. Ecoturismo – Teses. I. Valadão, Roberto Célio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia. III. Título.

CDU: 551.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA




FOLHA DE APROVAÇÃO

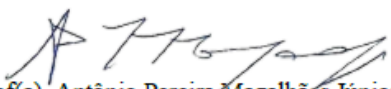
Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na balneabilidade.


ANDREA CRISTINE COELHO LEITE

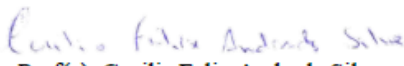
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 09 de julho de 2020, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a) Roberto Célio Valadão - Orientador
UFMG


Prof(a). Antônio Pereira Magalhães Júnior
UFMG


Prof(a). Cristiane Valéria de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Cecília Félix Andrade Silva
UFMG - Ouro Preto

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que de forma singular me conduziu até aqui.

À minha querida mãe, mulher mais forte e batalhadora que conheço. Obrigada por ser tão dedicada, paciente, maravilhosa e por lutar tanto para que pudéssemos ter sempre o melhor. Serei eternamente grata por tudo. Te amo!

Ao meu pai (*in memoriam*), que se foi tão cedo, mas com toda certeza, sempre está comigo. À minha família, irmãos e sobrinhos que me alegram e me dão tanto amor. Aos meus avós que são exemplos de amabilidade e força.

Ao Frederico, pelo amor, pela paciência, pelo carinho, por todas as conversas e palavras de incentivo. Obrigada por todo auxílio nessa caminhada e por ser meu porto seguro. Sem você seria impossível.

Ao meu orientador, Prof. Roberto Valadão por ter topado caminhar comigo, pela atenção e por aceitar trabalhar na área que tenho mais afinidade.

Aos meus amigos, Pedro, Lucas Lima, Lucas Henrique, Ivan, Paula, Dioguinho e Marcos, por estarem sempre comigo e por sempre me apoiarem.

À minha amiga Ana Paula, por ser tão paciente, amorosa, incentivadora e sempre me ouvir.

À Izabela, amizade que ganhei do mestrado para a vida. Obrigada por ser tão parceira, paciente e disponível ao longo dessa jornada. Ainda bem que encontrei você.

Ao meu amigo Wendel, que desde a graduação é meu parceiro e no mestrado não foi diferente. Obrigada pelas boas risadas.

À amiga e brilhante Debora Assis, por ser tão maravilhosa e ter me ajudado tanto com meus mapas. Sem você, esse trabalho não teria saído.

Ao meu querido e amado primo Daniel, por todo apoio e toda paciência do mundo comigo. Você é sensacional. À minha linda afilhada Letícia, por ser uma fofa, grande amiga e me auxiliar com meu trabalho.

Ao Prof. Antônio Magalhães, por me ajudar com o trabalho e me aconselhar quando estava perdida.

À Prof. Cristiane Oliveira, pelos conselhos e por estar sempre disponível quando necessitei de ajuda.

À Katia, que sempre acreditou em mim e me mostrou que sou capaz de fazer sempre mais.

À Nova Zelândia, por me trazer um momento de calma em meio ao turbilhão. Conheci pessoas incríveis (Rob, Julie, Margaret) e paisagens que só me acrescentaram na vida pessoal e profissional.

Ao Programa Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM pela cessão dos dados de qualidade das águas. Em meio a tantas dificuldades de acesso a dados oficiais, foi o que possibilitou a realização do meu trabalho.

Ao município de Córrego Fundo, único que atendeu minha demanda e enviou seu plano de saneamento.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de auxílio financeiro por meio de bolsa de pós graduação ao longo do último ano.

Agradeço imensamente a todos, que de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

E a todos que torceram por mim, muito obrigada!

RESUMO

A água é um recurso natural, renovável e finito, fundamental para o desenvolvimento e manutenção das diversas formas de vida, bem como para atividades antrópicas, tais como o abastecimento humano, irrigação, harmonia paisagística e lazer. Porém, a geração de poluentes em função dos diversos tipos de uso e cobertura do solo pode acarretar danos sobre a qualidade das águas, inviabilizando seus múltiplos usos. O uso recreativo em águas inconformes aos requisitos de balneabilidade pode causar danos à saúde humana e, conseqüentemente, aumentar a pressão e gastos sobre os serviços de saúde. Além disso, a deterioração da qualidade das águas em ambientes aquáticos recreacionais, pode impactar significativamente a economia local. Neste contexto, o Lago de Furnas, localizado na região sul do estado de Minas Gerais, consiste em um dos maiores reservatórios artificiais para geração de energia hidroenergética do país, exercendo considerável papel para a atratividade turística e para a dinâmica econômica regional. Entretanto, verifica-se a ausência de um programa de monitoramento e avaliação das condições de balneabilidade no referido lago. Deste modo, este trabalho tem como objetivo avaliar as implicações do uso e cobertura do solo sobre as condições de balneabilidade do Lago de Furnas, visando contribuir para segurança e bem-estar de seus usuários. Foram analisados dados oficiais do monitoramento das águas no estado de Minas Gerais, de variáveis-chave para a avaliação de balneabilidade (*E. coli*, pH, Turbidez e Densidade de Cianobactérias), entre 2008 e 2018. A análise dos resultados das bacias contribuintes indica que os usos no entorno do lago, principalmente agricultura e pecuária e o lançamento de esgoto *in natura*, alteraram, especialmente, as concentrações de *E. coli*, e conseqüentemente, impactaram na conformidade aos padrões de balneabilidade. A pesquisa sugere o desenvolvimento e aplicação de um programa de monitoramento e comunicação das condições de balneabilidade do Lago de Furnas. Há, ainda, a necessidade de uma articulação efetiva entre instrumentos de gestão de recursos hídricos e do planejamento urbano municipal nas bacias contribuintes, de forma a assegurar os usos múltiplos das águas e a dinâmica econômica regional.

Palavras chave: Balneabilidade, Uso e cobertura do solo, Lago de Furnas.

ABSTRACT

Water is a natural, renewable and finite resource, essential for the development and maintenance of various forms of life, as well as for human activities, such as human supply, irrigation, landscape harmony and leisure. However, the generation of pollutants, due to the different types of land use, can impair water quality, making its multiple uses unfeasible. Contact recreational activities in waters that do not comply with its requirements, may cause damage to human health and, consequently, increase pressure and expenses on health services. In addition, the deterioration of water quality in recreational aquatic environments can significantly impact the local economy. In this context, Lake Furnas, located in the southern region of the state of Minas Gerais, consists of one of the largest artificial reservoirs for hydroelectric energy generation in the country, playing a considerable role in tourist attractiveness and regional economic dynamics. However, there is a lack of a monitoring program for bathing conditions in the lake. To this end, this work aims to assess the implications of land cover and use on the recreational water quality of Lake Furnas, aiming to contribute to the safety and well-being of its users. Official water monitoring data from the state of Minas Gerais were analysed, for key variables for contact recreational assessment (*E. coli*, pH, Turbidity and Density of Cyanobacteria), between 2008 and 2018. Results of the contributing basins indicates that the uses around the lake, mainly agriculture, livestock and the release of raw sewage impacted, especially *E. coli* concentrations, and consequently, in its compliance with contact recreational standards. The research suggests the development and application of a monitoring and communication program for the bathing conditions of Lake Furnas. There is also the need for an effective articulation between water resources management instruments and municipal urban planning in contributing basins, in order to ensure the water multiple uses and the regional economic dynamics

KEYWORDS: Water quality for contact recreation; Land cover and use; Lake of Furnas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lago de Furnas	32
Figura 2: Localização das bacias de contribuição e estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas.	34
Figura 3: Etapas e usos selecionados para mapa de uso e cobertura do solo das bacias de contribuição do Lago de Furnas.....	38
Figura 4: Etapas e indicadores operacionais selecionados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).....	40
Figura 5: Formulação dos indicadores operacionais de esgoto IN015, IN016 e IN056.....	41
Figura 6: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Formiga – MG.....	47
Figura 8: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Formiga.....	50
Figura 9: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Rio Formiga	51
Figura 10: Uso e cobertura do solo na bacia do Ribeirão São Pedro.....	54
Figura 11: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Ribeirão São Pedro.	56
Figura 12: Índice de coleta de esgoto na bacia do Ribeirão São Pedro.	57
Figura 13: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Ribeirão São Pedro. .	58
Figura 14: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Machado.....	60
Figura 15: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Rio Machado.....	64
Figura 16: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Machado.	65
Figura 17: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Rio Machado.....	66
Figura 18: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Muzambinho	68
Figura 19: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Rio Muzambinho.....	70
Figura 20: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Muzambinho.	71

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1:** Evolução temporal de *E. coli* nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil, segundo Resolução CONAMA 274/2000. 73
- Gráfico 2:** Distribuição sazonal de *E. coli* nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051) no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil; S = estação seca; C = estação chuvosa. 75
- Gráfico 3:** Evolução temporal de turbidez nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051) no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite de 100 NTU, referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005. 77
- Gráfico 4:** Distribuição sazonal de turbidez nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e jusante (BG051) de 2008 a 2018. Onde: Linha vermelha é o limite de 100 NTU, referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005; S = estação seca; C = estação chuvosa. 79
- Gráfico 5:** Evolução temporal de Densidade de cianobactérias nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para as águas no estado de Minas Gerais conforme COPAM/CERH 2008. 82
- Gráfico 6:** Distribuição sazonal de densidade de cianobactérias nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para as águas no estado de Minas Gerais conforme COPAM/CERH 2008; S = estação seca; C = estação chuvosa. 83
- Gráfico 7:** Evolução temporal de pH nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil (entre 6 e 9), segundo a Resolução CONAMA 274/2000. 86
- Gráfico 8:** Distribuição sazonal de pH nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil (entre 6 e 9), segundo Resolução CONAMA 274/2000; S = estação seca; C = estação chuvosa. 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios adotados por alguns países para a classificação de balneabilidade em águas doces	26
Tabela 2: Compensação financeira repassada anualmente para alguns municípios lindeiros de Furnas – 2015 a 2018 em reais.	36
Tabela 3: Porcentagem dos usos e coberturas do solo nas bacias de contribuição do Lago de Furnas.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de uso da água de acordo com sua classificação, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN Copam/CERH-MG 01/2008.....	17
Quadro 2: As principais fontes poluidoras das águas.....	19
Quadro 3: Categorias e critérios utilizados pela Resolução CONAMA nº 274/2000 para classificar a condição de balneabilidade nas águas doces do Brasil.	28
Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água selecionados para compor o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB.....	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional das Águas

CERH-MG – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (São Paulo)

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

ICB – Índice de Condições de Balneabilidade

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. ÁGUA E USO RECREACIONAL.....	15
1.1- Usos das águas e requisitos de qualidade	15
1.2 – Poluição e seus impactos sobre a qualidade das águas.....	18
1.3 - Balneabilidade e aspectos relacionados.....	25
1.3.1- Índice de Condições de Balneabilidade (ICB)	29
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: O LAGO DE FURNAS – MG32	
2.1- Localização e aspectos fisiográficos.....	32
2.2 Aspectos socioeconômicos.....	35
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	38
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1- Panorama do uso e cobertura do solo e condições sanitárias das bacias contribuintes de Furnas.....	44
4.2- Evolução temporal das condições de balneabilidade.....	72
4.2.1 - <i>Escherichia coli</i>	72
4.2.2 -Turbidez.....	76
4.2.3 - Densidade de cianobactérias	81
4.2.4 - Potencial hidrogeniônico - pH.....	85
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, renovável e finito, fundamental para o desenvolvimento e manutenção das diversas formas de vida, bem como para atividades tais como abastecimento, irrigação, harmonia paisagística e lazer. Entretanto, os usos antrópicos intensivos da terra ao longo de centenas de anos sem o manejo adequado acarretaram danos negativos sobre a qualidade das águas (JULIAN et al., 2017; GOUDIE, 2018), inviabilizando seus múltiplos usos. Deste modo, com a finalidade de assegurar a qualidade da água e seus usos, é necessário a regulamentação do acesso e utilização dos bens de domínio público, como as águas (BRASIL, 1997), por meio de instrumentos de gestão.

Embora a presença de instrumentos de gestão de recursos hídricos no contexto legal brasileiro exista desde 1934, por meio do Código das Águas, apenas em 1997 foi promulgada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), que estabeleceu os princípios para a gestão dos recursos hídricos, o uso múltiplo das águas e o recorte da bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da política e instrumentos de gestão das águas (BRASIL, 1997). A referida lei, visando garantir a quantidade e qualidade das águas em padrões adequados aos usos propostos, dispõe de instrumentos de gestão de recursos hídricos, tais como a cobrança, outorga e o enquadramento de corpos d'água.

Neste contexto, o uso recreacional das águas, haja vista os inerentes riscos à saúde e ao bem-estar dos usuários pela exposição direta e prolongada (PRUSS, 1998; FEWTREL e KAY, 2015), demanda requisitos específicos de qualidade. No caso do Brasil, os critérios de balneabilidade são estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000. A referida resolução classifica as águas doces em categorias de qualidade por meio de padrões de coliformes termotolerantes ou *Escherichia Coli*. Além destes, outros critérios tais como pH, podem atribuir condições impróprias ao balneário.

Contudo, a classificação baseada em tais parâmetros, segundo Lopes (2012), é pouco abrangente no que diz respeito aos riscos que o banhista está exposto quando em contato direto com a água. Deste modo, o autor propõe que, para a classificação das águas doces recreacionais, sejam avaliados outros parâmetros

como a turbidez e a densidade de cianobactérias, sendo esta variável, adotada como critério para o uso recreacional das águas de domínio estadual, desde 2008 (MINAS GERAIS, 2008).

Entretanto, apesar da riqueza e diversidade de ambientes aquáticos, pode ser observado tanto em Minas Gerais, como no Brasil, que os programas de monitoramento em balneários são escassos, principalmente em áreas de água doce, como cachoeiras, lagos e represas (VON SPERLING, 2003). Deste modo, os riscos do contato com águas em condições impróprias de balneabilidade são potencializados (LOPES et al., 2013).

Lagos podem se tornar importantes atrativos turísticos (PARZUTO et al., 2017), inclusive aqueles construídos para a geração de energia hidroelétrica (BURNS e HARALDSDÓTTIR, 2019). Neste contexto, um dos principais lagos usados para recreação no Brasil é o lago da Represa de Furnas, em Minas Gerais. A construção da Usina de Furnas iniciou-se em 1958 para suprir as necessidades de energia elétrica das cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. A obra fez parte do Plano de Desenvolvimento do presidente Juscelino Kubitschek, de slogan “50 anos em 5”. Em 1963, inaugurou-se a primeira unidade da usina e até os anos 1970 já se contava com oito turbinas em funcionamento (FURNAS, 2007).

No entorno do Lago de Furnas foi criado o Circuito Turístico Lago de Furnas, formado por 12 municípios que oferecem opções de atividades de lazer como a prática de esportes aquáticos e náuticos (ANA, 2005). Esse circuito abrange áreas de cachoeiras, serras, fazendas antigas, festas típicas e as paisagens criadas pelas lavouras de café. Além de constituir-se em um dos maiores reservatórios artificiais para geração de energia hidroenergética do país, Furnas exerce considerável papel para a atratividade turística e para a dinâmica econômica regional.

Uma boa qualidade da água do lago para atividades de lazer pode trazer benefícios para a região, como, por exemplo, maior atratividade turística e valorização imobiliária (LEGGET e BOCKSTAEL; NICHOLS e CROMPTON, 2018). Entretanto, para isso, é necessário um programa de monitoramento e

avaliação das condições de balneabilidade no referido lago, como ferramenta de suporte ao manejo e à gestão das águas.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo avaliar as implicações do uso e cobertura do solo sobre as condições de balneabilidade do Lago de Furnas, visando contribuir para a segurança e o bem-estar dos usuários. Em atendimento a esse objetivo, buscou-se, especificamente,

- (1) Analisar os principais parâmetros utilizados para avaliação das condições de balneabilidade entre os anos de 2008 e 2018, a fim de investigar a evolução temporal e variação sazonal da qualidade das águas nesse período.
- (2) Avaliar o uso e cobertura do solo nas bacias associadas aos pontos de monitoramento de qualidade da água no referido período.
- (3) Identificar inconformidades da qualidade das águas aos padrões estabelecidos para uso recreacional e possíveis fatores de interferência.

1. ÁGUA E USO RECREACIONAL

1.1- Usos das águas e requisitos de qualidade

A água é um elemento essencial e indispensável para a vida humana. É um bem comum que deve ser preservado para garantir a manutenção da vida, em suas mais diferentes formas (TORRES, 2015). A utilização da água também visa atender às necessidades humanas, sendo elas pessoais, sociais e econômicas (SOUZA et al., 2014).

O homem usa a água para inúmeros fins, sendo que algumas atividades possuem intensa demanda desta, como o uso em irrigações de cultivos, abastecimento de grandes centros urbanos e áreas industriais. Em alguns casos, a demanda pode superar a oferta, tanto em termos de quantidade, quanto de qualidade, uma vez que algumas atividades podem levar à escassez e à poluição das águas (BRAGA et al., 2005). Deste modo, a poluição pode agravar situações de escassez, considerando que cada tipo de uso atribuído aos corpos hídricos exige requisitos específicos de qualidade da água.

No contexto brasileiro, visando garantir que o uso da água não interfira de forma significativa em sua quantidade e qualidade, foi proposto o Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas. Entretanto, apenas a partir da promulgação da Lei 9.433/97, conhecida como “Lei das águas”, a água passou a ser reconhecida legalmente como um bem de usos múltiplos e que sua disponibilidade deve ser assegurada às futuras gerações em conformidade aos usos previstos (BRASIL, 1997).

Atualmente está previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), bem como na Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (MINAS GERAIS, 1999), o instrumento “Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos”. O uso desse instrumento de gestão de recursos hídricos é necessário para todas as atividades que utilizam ou pretendem utilizar os recursos hídricos, como por exemplo, a captação de águas superficiais ou subterrâneas, lançamento de efluentes, construção de reservatórios, ou seja, para qualquer ação que possa interferir no regime hídrico (ANA, 2011). Nesse contexto, cabe

ao poder outorgante, seja ele federal ou estadual, analisar as solicitações e verificar se há disponibilidade de água para o uso pretendido e se sua qualidade atente à demanda.

O uso da água pode ser classificado como consuntivo, que se refere aos que possuem retirada de volume ou vazão de água, por exemplo, para abastecimento humano, e não consuntivo, quando não altera a quantidade de água do sistema, como pesca e uso para recreação (LANNA, 2001). Porém, algumas atividades, mesmo não oferecendo perdas quantitativas para o corpo hídrico, contribuem para sua contaminação em virtude de certos usos, tais como a navegação e recreação de contato primário (MEYBECK e HELMER, 1996; LANNA, 1997).

A classificação dos corpos hídricos e o seu enquadramento em classes de qualidade são definidos, em nível nacional, pela Resolução Normativa 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 2005. Em Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais – CERH publicaram a Deliberação Normativa Conjunta 001 de 2008, que tem como base a Resolução CONAMA 357 de 2005. Ambas dispõem sobre a classificação de qualidade das águas, as diretrizes para seu enquadramento e as condições e os padrões para o lançamento de efluentes.

Enquanto a Resolução CONAMA 357/2005 propõe uma divisão das águas como doces, salobras e salinas, a DN Copam/CERH-MG 01/2008 se refere exclusivamente às águas doces. Em ambas, as águas doces são classificadas quanto aos seus usos segundo os critérios apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de uso da água de acordo com sua classificação, segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 e DN Copam/CERH-MG 01/2008.

CLASSES	USOS
Especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274/2000; Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aqüicultura e atividade de pesca.
Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário (pesca, navegação etc.); Dessedentação de animais.
Classe 4	Navegação; Harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005) e MINAS GERAIS (2008).

O enquadramento dos corpos hídricos é uma ferramenta fundamental para identificar os devidos usos e garantir a qualidade da água em padrões compatíveis às especificidades de cada atividade. Nas áreas em que a condição de qualidade dos corpos d'água esteja fora dos limites estabelecidos de acordo com os usos pretendidos, a Resolução CONAMA 357/2005 define que deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, que visem a melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos (BRASIL, 2005).

A poluição das águas é o fator que mais contribui para que um corpo hídrico não esteja em conformidade ao uso pretendido e não consiga alcançar as metas estabelecidas (p. ex. VON SPERLING e VON SPERLING, 2013; LOPES et al., 2019). Caso o rio apresente altos níveis de poluição, sendo impróprio para a maioria dos usos, são necessários maiores investimentos e prazos para sua despoluição.

Além dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos, os instrumentos de gestão dos municípios (planos diretores e planos municipais de saneamento), podem contribuir para a manutenção da qualidade da água. A integração desses instrumentos é essencial para o alcance das metas de usos dos corpos hídricos.

1.2 – Poluição e seus impactos sobre a qualidade das águas

Determinadas atividades antrópicas podem afetar direta ou indiretamente a qualidade da água e, conseqüentemente, provocar a poluição dos corpos hídricos (GOUDIE, 2018). De acordo com Von Sperling (2005), a poluição das águas pode ser entendida como a adição de substâncias ou de formas de energia que, de maneira direta ou indireta, modifiquem as características da água prejudicando os legítimos usos que dela são feitos. Para Salati (1996), a poluição pode ser definida como a alteração das propriedades da água que negativamente afeta o homem como organismo vivo, ou indiretamente por meio da redução dos seus valores estéticos que contribui para a redução da oportunidade de recreação ou apreciação da natureza. A poluição dos recursos hídricos possui diversas fontes, sendo elas pontuais ou difusas, que contribuem para alteração de vários parâmetros de qualidade da água (Quadro 2).

Quadro 2: As principais fontes poluidoras das águas

Constituinte	Principais parâmetros representativos	Fonte de Poluição				Efeito poluidor
		Águas Residuárias		Águas Pluviais		
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e Pastagem	
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Alta	Variável	Média	Baixa	-Problemas estéticos -Adsorção de poluentes -Proteção de patogênicos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Alta	Variável	Média	Baixa	-Consumo de oxigênio -Mortandade de peixes
Nutrientes	-Nitrato -Fósforo total	Alta	Variável	Média	Baixa	-Crescimento excessivo de algas -Metahemo_globinemia (nitrato)
Organismos patogênicos	-Grupo Coliformes	Alta	Variável	Média	Baixa	-Doenças de veiculação hídrica
Matéria orgânica não biodegradável	-Pesticidas -Detergentes - Fármacos	Média	Variável	Baixa	Média	-Toxicidade (vários) -Espumas (detergentes) -Redução da transferência de oxigênio (detergentes)
Metais	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	Média	Variável	Baixa	Usualmente não importante	-Toxicidade -Inibição ao tratamento biológico dos esgotos

Fonte: Modificado de Von Sperling (2014).

A poluição pontual ocorre quando os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada em um ponto específico, como acontece por exemplo, no emissário de uma rede de esgotamento sanitário em um determinado ponto de um corpo d'água (VON SPERLING, 2005). A poluição difusa, por sua vez, está associada a atividades esparsas desenvolvidas na área de contribuição, cuja carga poluidora é transportada de maneira intermitente pelo escoamento superficial,

adentrando o corpo hídrico ao longo de sua extensão, dificultando a identificação e associação à atividade geradora (REIS e BRANDÃO, 2013).

Logo, tanto a poluição pontual quanto a difusa, pode estar constituída de elementos orgânicos e inorgânicos, metais, sólidos e nutrientes, associados aos tipos de uso e cobertura do solo em uma bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2014). Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2005), a unidade fisiográfica ideal para a gestão de recursos hídricos é a bacia hidrográfica, sendo a unidade territorial estabelecida para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos desde 1997, por meio da Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997).

A qualidade da água em bacias hidrográficas é potencialmente influenciada pelas atividades relacionadas ao uso e à cobertura do solo próximos aos rios e tributários à montante. As ações antrópicas em uma bacia hidrográfica, como a retirada parcial ou total da cobertura do solo, produção de sedimentos e poluentes advindos de atividades agrícolas, podem modificar algumas características naturais do ambiente e, conseqüentemente, alterar a qualidade da água (ANA, 2005; GOUDIE, 2018). De acordo com Tundisi (2003), as principais causas da deterioração dos recursos hídricos são:

- 1) crescimento populacional e rápida urbanização;
- 2) diversificação dos usos múltiplos;
- 3) gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis;
- 4) não reconhecimento de que a saúde humana e a qualidade da água são interativas;
- 5) peso excessivo das políticas governamentais nos “serviços de água” (fornecimento de água e tratamento de esgotos);
- 6) degradação do solo por pressão da população, aumentando a erosão e a sedimentação de rios, lagos e reservatórios;
- 7) a água é tratada exclusivamente como um bem social e não econômico,

resultando em uso ineficiente, em irrigação e em desperdício após o tratamento (no sistema de distribuição);

8) problemas sociais, ambientais e econômicos referentes aos recursos hídricos são tratados separadamente e de forma pouco eficiente.

Dentre essas ações que contribuem para a deterioração da qualidade da água, as atividades agropecuárias, de mineração, industriais e urbanização, podem ser consideradas as principais fontes de poluição de corpos hídricos (BARBIERI et al., 1997; BU et al., 2014; JULIAN et al., 2017; LOPES et al., 2019).

A agricultura e pecuária favorecem a retirada da cobertura natural do solo e isso acarreta a sua exposição aos eventos pluviais e à compactação do solo pelo pisoteio de animais. Essas ações, conseqüentemente, provocam aumento no escoamento superficial e conseqüentemente aceleram a erosão do solo, o que carrega material para áreas mais baixas e provoca assoreamento de rios e lagos (CARVALHO et al., 2000). O escoamento pluvial e as atividades de limpeza relacionadas à produção pecuária, faz com que os dejetos dos animais sejam levados aos corpos hídricos, podendo contaminá-los (TELLES, 2002; ASSIS e LOPES, 2017).

As atividades agropecuárias também contribuem para uma possível contaminação das águas por meio dos insumos agrícolas. Adubos ricos em nitrato e fósforo podem ser transferidos para lagos e represas, onde promovem a eutrofização do ambiente aquático (TELLES, 2002).

As atividades minerárias exercem pressões na qualidade da água pois, em alguns tipos de extração, são usados produtos químicos que podem contaminar as águas. Corpos hídricos contaminados com metais, como arsênio, bário, cádmio, cromo, manganês, alumínio, chumbo, mercúrio, entre outros podem bioacumular tais contaminantes, potencializando seus efeitos nocivos ao longo de a toda cadeia alimentar, o que gera riscos inclusive à saúde humana (MATSCHULLAT et al., 2000; BORBA et al., 2004; BRAGA et al., 2005).

Nessa atividade, pode haver um significativo transporte de material particulado, acarretando aumento da turbidez da água e alterações no pH (BARBIERI et al.,

1997). De acordo com Mota (2000), a mineração e o garimpo poluem os rios modificando principalmente o conteúdo de sólidos e de compostos tóxicos. Os materiais particulados provenientes das alterações do solo para a extração, trazem como consequência o assoreamento de corpos hídricos e o aumento da turbidez da água que interfere na penetração da luz solar e provoca redução da biota aquática.

A mineração apresenta riscos de desastres como os ocorridos na barragem de Fundão em Bento Rodrigues (2015), e na barragem córrego do Feijão em Brumadinho (2019), no estado de Minas Gerais, que ocasionaram o incremento de rejeitos de mineração nos Rios Doce e Paraopeba, respectivamente. No primeiro caso, considerado um dos maiores desastres ambientais da história do Brasil (ESCOBAR, 2015), além das perdas de vidas humanas, foram verificadas alterações significativas nos leitos fluviais, aumento da turbidez, acarretando na morte de animais e plantas aquáticas (CARMO et al., 2017), além da interrupção da captação de água em diversas localidades (ARAÚJO et al., 2019).

A atividade industrial contribui para a redução da qualidade da água por meio de seus efluentes. De acordo com Reis e Brandão (2013), os resíduos mais comuns encontrados nos efluentes industriais são os compostos fenólicos, provenientes das indústrias farmacêuticas e químicas, os detergentes que são usados em limpeza de equipamentos e compostos inorgânicos, e os metais pesados, como gerados por indústrias químicas e siderúrgicas. Há, ainda, efluentes industriais que possuem alta concentração de matéria orgânica, como aqueles gerados por indústrias de produção de alimentos e curtumes (REIS e BRANDÃO, 2013).

Para Benetti e Bidone (2001), os efluentes industriais podem incluir matéria orgânica, sulfetos, óleos e graxas, ácidos, metais pesados, fenóis e materiais particulados. De acordo com Perry e Vanderlein (1996), os lançamentos feitos pela indústria comumente possuem alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o que consome rapidamente o oxigênio dissolvido na água, e introduz nos corpos hídricos grande quantidade de sedimentos em suspensão.

No Brasil, os programas de controle dos efluentes industriais têm sido cada vez mais sistemáticos em razão da atuação de entidades ambientais que dispõem de instrumentos para pressionarem as empresas no sentido de adotarem

sistemas de tratamento de seus efluentes (TUCCI et al., 2001). Atualmente, no país, a Resolução CONAMA 357, de 2005, alterada pelas Resoluções CONAMA 410/2009 e 430/2011, estabelece os padrões para lançamentos de efluentes em corpos d'água (BRASIL, 2005). Entretanto, a ausência de outorga qualitativa de recursos hídricos, na maior parte das bacias hidrográficas, consiste em um desafio para o controle e fiscalização do lançamento de efluentes em ambientes aquáticos (PIAZI et al., 2018).

Em áreas urbanas, principalmente dependendo de sua infraestrutura, pode haver uma intensa poluição dos recursos hídricos. Tucci (2008) aponta os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano, que são: impermeabilização e canalização de corpos hídricos; ocupação de áreas de inundação (leitos ribeirinhos); falta de tratamento de esgoto e a ocupação das áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano.

A urbanização pode alterar a dinâmica natural dos fluxos e sistemas hidrológicos por meio da impermeabilização e da retirada das áreas verdes. Desta forma, diminui a infiltração, a evapotranspiração e o retorno de água para a zona freática. A impermeabilização e a retirada da vegetação ciliar acarretam o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, o assoreamento de corpos hídricos e enchentes (TUCCI, 2002; LOPES et al., 2003; KOOP e VAN LEEUWEN, 2017).

Conforme Bollmann (2003), o escoamento superficial urbano carrega materiais orgânicos e inorgânicos suspensos ou solúveis aos corpos d'água, provenientes de resíduos sólidos, dejetos de animais, óleos e graxas automotivos, entre outros.

Os efluentes sanitários são uma das principais fontes poluidoras dos corpos hídricos (ARCHELA et al., 2003). De acordo com Benetti e Bidone (2001), os esgotos sanitários correspondem às águas usadas em atividades domésticas, de higiene pessoal e de preparo de alimentos, cuja origem são domicílios residenciais, comércios, hospitais e indústrias. Ainda segundo os autores, a composição do esgoto sanitário é basicamente matéria orgânica, micro-organismos, como bactérias e vírus, componentes como nitrogênio, fósforo e poluentes químicos.

Diante da composição do esgoto, constata-se que a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo do oxigênio dissolvido, podendo acarretar implicações ambientais significativas, como a perda de espécies mais exigentes. Isso ocorre devido à decomposição da matéria orgânica feita pelas bactérias decompositoras, que usam o oxigênio da água para sua respiração (FIORUCCI e BENEDETTI FILHO, 2005).

O organismo que predomina nos esgotos é a *Escherichia coli*, que é a principal bactéria componente do grupo de coliformes termotolerantes. Essa bactéria, abundante nas fezes humanas e de animais de sangue quente, pode acarretar malefícios à saúde humana, sendo considerada o principal indicador de contaminação fecal nas águas (VON SPERLING, 2005). O lançamento indevido de esgoto doméstico na água contribui para o significativo aumento do nitrogênio e fósforo que, em excesso, ocasiona a eutrofização dos corpos hídricos (CHORUS e BARTRAM, 1999). Além disso, algumas doenças podem ser propagadas por meio do consumo/contato com águas contaminadas, como febre tifoide, disenterias, hepatite infecciosa e verminoses (BRAGA et al., 2005).

Segundo Mendonça e Motta (2007), a ausência de saneamento básico leva à proliferação de doenças de veiculação hídrica e os principais agentes encontrados em águas contaminadas são as bactérias, os vírus e protozoários. Além de ser um importante veículo de transmissão de agentes patológicos, a água pode estar contaminada com metais pesados, insumos agrícolas e dejetos. Logo, quando utilizada, seja para ingestão, higiene ou atividades de contato primário, pode afetar a saúde do usuário.

Assim como o contato primário com a água contaminada pode afetar a saúde humana, a prática de atividades de recreação pode contribuir para a redução da sua qualidade. Existem vários ambientes que podem ser utilizados para recreação, como praias, lagoas, cachoeiras, represas, entre outros. De acordo com Meybeck e Helmer (1996), as atividades como a navegação e a recreação podem resultar em deterioração da qualidade da água. A navegação pode poluir a água com óleos e graxas que, a depender da dimensão, pode até afetar a vida aquática. O uso recreacional também pode gerar resíduos, tais como, garrafas, latas, sacolas, restos de comida, cabelo humano, roupas descartadas, bitucas de cigarro, papel, caixas de papelão e excrementos humanos e de animais

(MARTINS, 2012), que podem impactar a qualidade das águas e comprometer seu uso.

Neste contexto, Craun et al. (2005) afirmam que, por meio da natação, patógenos podem ser introduzidos em banhistas e gerar malefícios à saúde humana, especialmente infecções gastrointestinais. Sendo assim, o uso dos recursos hídricos para lazer implica, necessariamente, em uma avaliação criteriosa da qualidade das águas, com a finalidade de garantir que os banhistas não sejam expostos a situações de risco (LEITE et al., 2015).

1.3 - Balneabilidade e aspectos relacionados

Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (2019, p.27) “a balneabilidade é qualidade da água para fins de recreação de contato primário, sendo necessária para sua avaliação a utilização de critérios objetivos.” O contato primário se refere às atividades nas quais o banhista está sujeito à ingestão de quantidade considerável de água, tais como natação, esqui aquático, surfe e mergulho (BRASIL, 2000).

Para a prática de atividades de contato primário, as condições referentes à qualidade da água devem ser restritivas, devido ao risco oferecido à saúde humana pela exposição direta e prolongada a organismos patogênicos, metais pesados, óleos e graxas (BENETTI e BIDONE, 2001). Durante essas atividades, o banhista fica exposto a fatores de risco que podem afetar diretamente sua saúde, sendo a natureza desses fatores física, química e biológica (LOPES, 2012). Dentre eles, pode-se destacar acidentes com anteparos naturais ou artificiais no ambiente aquático, contaminantes químicos presentes na água, mudanças significativas no pH, presença de patógenos e cianotoxinas. Logo, a água usada para esse fim, deve se apresentar de acordo com as normas da legislação vigente, para que o bem-estar do usuário em contato primário com a água esteja assegurado.

Conforme diretrizes adotadas em diversos países, a balneabilidade em águas doces é analisada por meio de parâmetros como *E.coli*, *Enterococcus*, coliformes termotolerantes, pH, turbidez, claridade visual, densidade de cianobactérias, oxigênio dissolvido e temperatura conforme os limites apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Critérios adotados por alguns países para a classificação de balneabilidade em águas doces

Parâmetros	Austrália	Canadá	EUA	União Europeia	Nova Zelândia
<i>E.Coli</i> (UFC)		400 ²	126 ¹	900 ³	550 ²
<i>Enterococcus</i> (UFC)	35 ¹	70 ²	33 ¹	330 ³	-
Coliformes fecais (NMP/100mL)	150 ¹	-	-	-	-
pH	5 a 9	6,5 a 8,5	-	-	6,5 a 8,5
Turbidez (UNT)	-	50	50 ⁴	-	-
Claridade (m)	1,6	1,2	-	-	1,6
Cianobactérias (cel/mL)	<20.000	<100.000	-	-	<20.000
Oxigênio Dissolvido (% saturação)	80	-	-	-	-
Temperatura (°C)	15 a 35	-	-	-	15 a 35

Fonte: Compilado de USEPA (1986), USEPA (1988), EU (2006), ANZECC/ARMCANZ (2000), NRMCC (2000), NZME (2003), HC (2010).

- 1- Média geométrica de um conjunto de amostras com 95% das análises dentro deste limite- Mínimo de 5 amostras.
- 2- Valor máximo permitido em uma única amostra.
- 3- 90% do percentual de amostras avaliadas.
- 4- Critérios estabelecidos pelos próprios estados: Na maior parte dos estados, o valor adotado é de 50 UNT, com alguns adotando 10 ou 25 UNT.

Fonte: Adaptado de Lopes et al.(2013).

No Brasil, a avaliação da balneabilidade de rios, lagos, represas, praias e cachoeiras deve atender aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000). De acordo com as normas propostas, a classificação das condições de balneabilidade em águas doces é dada em função dos teores de coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli* (Quadro 3).

Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias que indicam presença de organismos, os quais, em sua maioria, vem do intestino de animais e de seres humanos. Elas são pertencentes ao gênero *Escherichia* e em menor grau espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Com isso, nas análises feitas, podem ser encontradas bactérias que não são de origem fecal. A *Escherichia coli* é a principal bactéria que comprova a detecção de contaminação fecal humana ou de animais de sangue quente (VON SPERLING, 2005). A referida bactéria tem sido utilizada como um dos principais indicadores para avaliação da qualidade das águas em ambientes recreacionais (DUFOUR, 1984; PRUSS, 1998; WHO, 2003; LOPES et al., 2016).

Quadro 3: Categorias e critérios utilizados pela Resolução CONAMA nº 274/2000 para classificar a condição de balneabilidade nas águas doces do Brasil.

PRÓPRIA	IMPRÓPRIA
<p>Excelente</p> <p>Se 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores houver, no máximo, 250 coliformes termotolerantes ou 200 <i>E. coli</i>.</p>	<p>Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;</p> <p>Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes termotolerantes ou 2000 <i>E. coli</i>;</p>
<p>Muito Boa</p> <p>Se 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores houver, no máximo, 500 coliformes termotolerantes ou 400 <i>E. coli</i>.</p>	<p>Incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;</p> <p>Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;</p> <p>pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;</p>
<p>Satisfatória</p> <p>Se 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores houver, no máximo 1.000 coliformes termotolerantes ou 800 <i>E. coli</i>.</p>	<p>Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;</p> <p>Outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.</p>

Fonte: Modificado de BRASIL (2000).

Conforme as diretrizes da Resolução CONAMA 274/2000, os resultados das análises são feitas em cinco semanas ou podem também, abranger períodos menores, desde que tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens (BRASIL, 2000). Além disso, os valores devem estar 80% dentro do previsto. A resolução ainda recomenda que as amostragens sejam realizadas nos dias de maior procura pelo balneário. Para essa análise da qualidade da água, segundo Lopes et al. (2014), cabe ao órgão ambiental responsável definir os critérios para a implementação do monitoramento das condições de

balneabilidade e avaliar as condições da água. Para isso, se faz necessário a articulação de municípios e estados para a avaliação dos níveis de *E. coli* ou coliformes termotolerantes.

Em Minas Gerias, a Deliberação Normativa 01/2008 do Conselho de Política Ambiental – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, estabelece que, além dos dois parâmetros usados na Resolução CONAMA 274/2000, a densidade de cianobactérias deve ser considerada. Logo, a referida deliberação normativa estadual estabelece o valor máximo de 10.000 cels/mL, para a prática de atividades de recreação que envolvam o contato primário em corpos d'água enquadrados nas classes 1 e 2.

Os parâmetros usados pela referida resolução para medir as condições de balneabilidade não garantem a qualidade da água para esse tipo de uso, pois não necessariamente apontam a origem da *E. Coli* e dos coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2005). Logo, não são bons indicadores da presença de protozoários e vírus entéricos na água, que podem ocasionar riscos à saúde humana (HARWOOD et al., 2014). Além disso, os banhistas podem estar expostos a riscos físicos relacionados à visibilidade (turbidez), como pedras e galhos, além da exposição de substâncias tóxicas provenientes de cianobactérias (LOPES et al., 2016). Lopes et al. (2019) destacam ainda, os riscos associados a doenças como a esquistossomose e febre maculosa em áreas de uso recreacional. Desse modo, faz-se necessário o uso de outros parâmetros para garantir e assegurar as condições de balneabilidade.

1.3.1- Índice de Condições de Balneabilidade (ICB)

Segundo Lopes (2012), a atual metodologia usada no Brasil para medir as condições de balneabilidade de um corpo hídrico apresenta limitações por ter como base de classificação, apenas dois organismos indicadores (coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*), o que acaba por não considerar e estabelecer padrões para outros elementos que podem ser prejudiciais à saúde humana.

O referido autor propõe uma metodologia alternativa para a avaliação das condições de balneabilidade de um ambiente aquático, o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB. Nessa metodologia, o autor mantém a *E. Coli* como indicativo de contaminação de patógeno e acrescenta novos parâmetros (Quadro 4).

Quadro 4: Parâmetros de qualidade da água selecionados para compor o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB.

PARÂMETRO	APLICAÇÕES
<i>Escherichia coli</i>	Indicador de contaminação fecal (riscos de infecção por patógenos)
Densidade de cianobactérias	Riscos à saúde humana e aspectos estéticos
pH	Segurança e conforto para a prática recreacional (irritação de olhos e pele)
Turbidez	Fatores de segurança e estéticos para a prática recreacional

Fonte: Adaptado de Lopes (2012).

Esses parâmetros foram selecionados por meio da utilização do painel *Delphi* em conjunto com evidências epidemiológicas, diretrizes nacionais e internacionais, valor das análises laboratoriais e possibilidade de análise *in situ*. Logo, os itens selecionados como parâmetros a serem analisados, foram considerados importantes para manter a saúde e o bem-estar dos banhistas em atividades de contato primário. Baseado na Resolução CONAMA 274/2000, foram definidas as seguintes faixas de qualidade: “Excelente”, “Muito Boa”, “Satisfatória”, “Imprópria” e “Muito Ruim”

O ICB utiliza o método de mínimo operador (SMITH, 1989), de modo que um parâmetro que apresenta valor considerado ruim não é compensado por algum outro que foi considerado bom, ou seja, o de menor valor obtido representa o resultado geral do índice, de modo que nenhum parâmetro tem maior peso que

o outro. Logo, o ICB tende a ser mais restritivo que a Resolução CONAMA 274/2000, por incluir maior número de parâmetros e por usar o método do mínimo operador. A referida metodologia também foi utilizada para a formulação de índices de qualidade das águas para contato primário na Nova Zelândia (NAGELS et al., 2001; LOPES et al., 2018), haja vista que em caso de usos que ofereçam risco à saúde humana, a ponderação inerente de índices tradicionais (p. ex. IQA-NSF) pode mascarar resultados impróprios ao contato primário.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: O LAGO DE FURNAS – MG

2.1- Localização e aspectos fisiográficos

O Lago da represa de Furnas é uma das principais represas usadas para atividade de recreação de contato primário e secundário no Brasil, por conta de sua beleza cênica e suas atividades de lazer (Figura 1).

Figura 1: Lago de Furnas

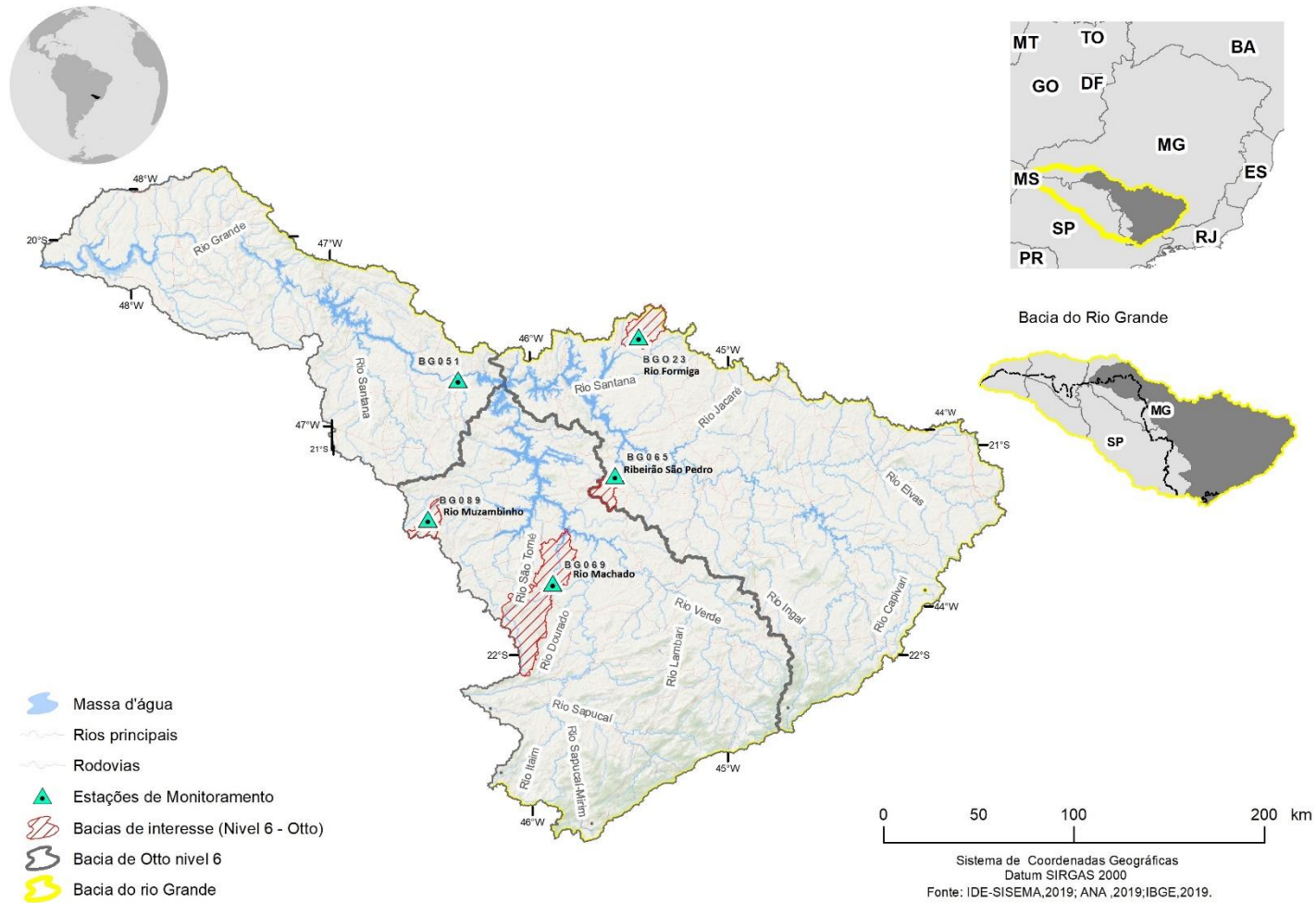


Fonte: Acervo pessoal. (Karoline Marques -2019).

Segundo a ANA (2005), o Lago de Furnas é considerado o “Mar de Minas”, sendo o maior em extensão dentro do estado de Minas Gerais. A represa de Furnas está localizada no sudoeste de Minas Gerais, a 355km de Belo Horizonte, possuindo extensão de 1.458km² e tendo como principais contribuintes os Rios Grande, Sapucaí, Jacaré e Verde. A bacia de contribuição do Lago de Furnas

possui área total de 54.464 km² e população aproximada de 900 mil habitantes, segundo o censo do IBGE (2010). Algumas das bacias contribuintes do lago possuem estações de monitoramento de qualidade de suas águas, tal como representado na Figura 2.

Figura 2: Localização das bacias de contribuição e estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas.



Geologicamente a região de Furnas é inserida na borda sul do Cráton do São Francisco. Do ponto de vista estratigráfico, as rochas da região são representadas pelo embasamento indiviso (granitosgnaiesses), Grupo Araxá (xistos verdes, micaxistos e migmatitos), Formação canastra (filitos e quartzitos) e rochas do Grupo Bambuí (ardósias, calcários e conglomerados) (FUPAI, 2013).

O clima da região do Lago de Furnas, segundo a classificação de Köppen, corresponde ao clima Tropical (Aw) e Tropical de Altitude (Cwb), que se caracteriza por ser mesotérmico, úmido, com temperaturas pouco variáveis, verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual oscila entre 21 e 23°C. O verão e a primavera são os períodos mais quentes, quando as máximas variam de 28 a 30°C e coincidem com os períodos de maior atração turística (ALAGO-PDRH FURNAS, 2013).

Há o predomínio do Latossolos Vermelhos, Cambissolos e Argissolos Vermelho-Amarelos (FUPAI,2013). A vegetação é composta por Floresta Estacional Semi Decidual, Campo, Campo Rupestre e Campo Cerrado encontrados nos Domínios Atlântico e Cerrado (CARVALHO e SCOLFORO, 2008).

2.2 Aspectos socioeconômicos

Segundo a Revista Furnas (FURNAS, 2017), para a construção da usina de Furnas foi necessária a contratação de profissionais estrangeiros e a importação de equipamentos de vários países. Concomitantemente à execução da obra, se tornou necessário a disponibilização de cursos para a capacitação da mão-de-obra, como também a realização de 8 mil desapropriações.

Atualmente, produz-se 1.216 Megawatts-hora (FURNAS, 2019) e, com a atividade da usina, as cidades banhadas pelo lago passaram a receber uma compensação financeira da empresa administradora (Tabela 2). Os valores dessa compensação são repassados para os municípios de acordo com percentual de sua área alagada e por meio da quantidade de energia elétrica

gerada pela usina. Essa compensação contribui com o desenvolvimento e melhorias na infraestrutura dos municípios. Em períodos de crise hídrica e de baixa na geração de energia, os valores recebidos podem ser reduzidos.

Tabela 2: Compensação financeira repassada anualmente para alguns municípios limieiros de Furnas – 2015 a 2018 em reais.

MUNICÍPIOS	2015	2016	2017	2018
CAPITÓLIO	385.533,64	698.243,57	729.906,83	631.438,59
FAMA	115.819,37	209.761,54	219.273,60	189.692,45
GUAPÉ	1.296.330,81	2.347.796,81	2.454.262,41	2.123.169,58
CARMO DO RIO				
CLARO	1.455.406,95	1.584.421,34	2.755.431,37	2.383.709,27

Fonte: Base de dados site Aneel (2018). Organizado pelo autor.

Verifica-se que os valores repassados para as cidades, por meio da Compensação Financeira dos Recursos Hídricos (CFRH), tiveram variação ao longo dos anos analisados. Isso se deve às variações de quantidade de água e à produção de energia no lago. Godoy e Araújo Sobrinho (2017) afirmam que o deplecionamento do lago afeta os municípios de forma direta, tanto no repasse financeiro quanto no impacto sobre o turismo e outras atividades vinculadas à represa. Logo, quando o lago se recupera, as atividades se regularizam e o desenvolvimento volta a acontecer.

Por conta da beleza e potencial turístico, foi criado o Plano de Desenvolvimento Turístico Integrado, em 1996. O plano visava a manutenção da qualidade e dos níveis da água para manter um padrão para o desenvolvimento do turismo na região (LEMOS JÚNIOR, 2010) e, conseqüentemente, continuar a atrair pessoas. Com isso, muitas cidades cresceram e consolidaram, por meio do plano e dos valores recebidos da compensação financeira, conseguiram

melhorias na estrutura turística, composta por pousadas, hotéis fazendas e restaurantes.

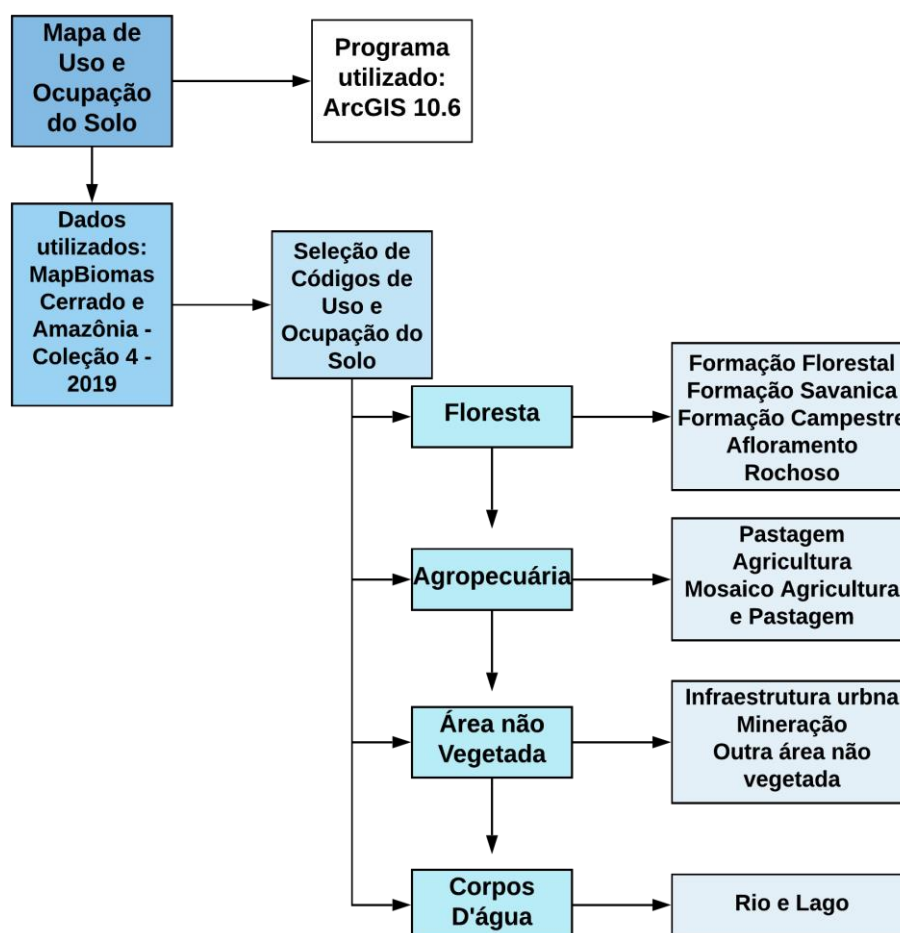
Furnas, atualmente, recebe uma quantidade significativa de turistas interessados em conhecer as belezas que o local proporciona. Para a manutenção do turismo na região, o repasse de verba para os municípios no entorno da represa é importante, assim como a qualidade da água do lago. Algumas atividades podem influenciar na qualidade das águas na bacia, como o crescimento desordenado dos municípios, negligenciamento no despejo de esgotos, uso de agrotóxicos e fertilizantes na bacia, criação de animais próxima a água, o deplecionamento do lago em épocas secas, entre outros. Logo, a qualidade da água pode não estar de acordo com o previsto para cada tipo de uso, revelando-se, por exemplo, em inconformidade com padrões para atividades de contato primário.

A água em melhores qualidades e com monitoramento regular pode fazer com que a região atraia mais investimentos e expansão do setor turístico, bem como para a valorização das terras e propriedades no entorno do lago (LEGGETT e BOCKSTAEL,2000). Para isso, faz-se necessário uma análise da balneabilidade desses ambientes com a finalidade de se garantir mais segurança, principalmente nas práticas recreacionais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com a finalidade de fornecer um panorama das bacias de contribuição do Lago de Furnas que possuem monitoramento, foram feitas análises do uso e cobertura do solo. Além disso, foram analisadas as condições sanitárias dos municípios que compõem essas bacias. Para isso, foram produzidos mapas por meio do programa ArcGIS (10.6) que mostram os usos do solo em cada bacia e suas porcentagens. Os usos selecionados foram estabelecidos por meio dos dados disponibilizados pelo MapBiomas, como indicado na Figura 3.

Figura 3: Etapas e usos selecionados para mapa de uso e cobertura do solo das bacias de contribuição do Lago de Furnas.

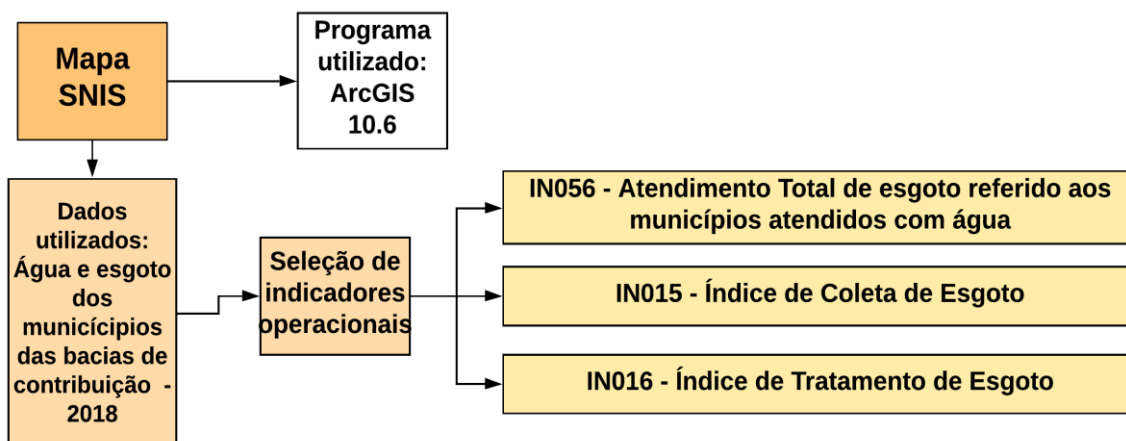


Conforme visto, foram selecionados os códigos de acordo com a Coleção 4 do ano de 2019 disponibilizada pelo MapBiomias. Quanto aos códigos selecionados cabe descrever as especificidades de dois mosaicos específicos, a saber: Agricultura e Pastagem; Outra área não vegetada. O primeiro, segundo consta na Coleção 4, corresponde às áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir as ocupações por pastagem e agricultura. Já o mosaico denominado Outra área não vegetada faz referência às superfícies de baixa permeabilidade (infraestrutura, expansão urbana ou mineração), que não foram mapeadas em outras classes e regiões de solo exposto, seja em áreas naturais ou em áreas de cultura em entressafra.

Além da produção dos mapas voltados para representar os diferentes usos do solo praticados nas bacias contribuintes, foram analisados os dados do último Censo Agropecuário, realizado em 2017 (IBGE, 2017). Essa consulta ao censo permitiu o reconhecimento e a caracterização dos principais rebanhos e cultivos praticados nas bacias, o que contribui para a análise dos diferentes usos do solo.

Foram gerados também mapas que mostram os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para verificar a situação do esgotamento sanitário em que os municípios se encontram, estando seus territórios total ou parcialmente localizados no interior de cada bacia. A análise se baseou no último ano disponibilizado pelo SNIS (2018). Vale salientar que esse sistema fornece indicadores com base nos dados fornecidos pelos prestadores de serviços de saneamento básico de cada município (SNIS, 2018). A Figura 4 explicita a sistemática que subsidiou a elaboração dos mapas produzidos com a finalidade de representar os dados do SNIS dos municípios e seus índices correlatos.

Figura 4: Etapas e indicadores operacionais selecionados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).



Quanto ao SNIS foram selecionados os seguintes indicadores operacionais: Índice de Coleta de Esgoto (IN015); Índice de Tratamento de Esgoto (IN016); e Índice de Atendimento Total de Esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056). A Figura 5 informa a respeito das equações empregadas no cálculo desses índices.

Figura 5: Formulação dos indicadores operacionais de esgoto IN015, IN016 e IN056.

IN015 - Índice de coleta de esgoto	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{ES005}{AG010 - AG019} \times 100$	AG010: Volume de água consumido AG019: Volume de água tratada exportado ES005: Volume de esgotos coletado
IN016 - Índice de tratamento de esgoto	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{ES006 + ES014 + ES015}{ES005 + ES013} \times 100$	ES005: Volume de esgotos coletado ES006: Volume de esgotos tratado ES013: Volume de esgotos bruto importado ES014: Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador ES015: Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador
IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{ES001}{GE12a} \times 100$	ES001: População total atendida com esgotamento sanitário G12A: População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE G12B: População total residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário, segundo o IBGE POP_TOT: População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE):

Nota: A coleta de esgoto é o volume de esgoto que é coletado. O atendimento total de esgoto é taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domiciliares em relação a população total do município. O tratamento de esgoto indica que todo esgoto que é coletado no município possui tratamento, refletindo, portanto, a capacidade das estações de tratamento de esgotos, e não o nível de tratamento em relação aos esgotos gerados.

Fonte: Adaptado de Glossário de Indicadores – SNIS (2018).

Complementarmente, foram analisados todos os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) disponibilizados na web pelas prefeituras. As prefeituras que não contam com essa disponibilização foram contatadas, sendo solicitado acesso aos seus PMSBs, mas somente a prefeitura de Córrego Fundo atendeu à solicitação. No caso das administrações municipais que não atenderam à solicitação e que não dispunham de PMSB, buscou-se por informações e dados em documentos e trabalhos que fazem referência à situação sanitária dos municípios. Nesse intuito foram empregados os Relatórios de Esgotamento Sanitário Municipal, divulgados pela Agência Nacional das Águas (ANA), de 2017, que contêm dados referentes ao ano de 2013. Por meio do PMSB, dos Relatórios da ANA e demais documentação consultada, foi possível verificar quais municípios fazem a coleta e o tratamento de esgoto e,

posteriormente, analisar como isso pode impactar na qualidade do Lago de Furnas.

Para avaliar a qualidade da água na represa de Furnas e a respectiva condição de balneabilidade do lago, este trabalho fez uso de dados secundários, uma vez que os dados brutos de qualidade da água do próprio lago não foram disponibilizados pela operadora.

Para isso, foram usados os dados coletados e divulgados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) por meio do Programa Águas de Minas. Foram selecionadas as quatro estações de monitoramento existentes no entorno do Lago de Furnas - Rio Formiga (BG023); Ribeirão São Pedro (BG065); Rio Machado (BG069); e Rio Muzambinho (BG089). A seleção das bacias analisadas se deu de acordo com a localização das estações de monitoramento do IGAM. Foi usado um ponto a jusante do barramento, o BG051, com finalidade de comparar a qualidade das águas que entram na represa com a que sai pelo seu exutório.

A escolha pela análise dos dados de qualidade das águas referentes ao período que se estende de 2008 a 2018 se explica pelo fato de que somente em 2008 teve início a análise de densidade de cianobactérias no programa de monitoramento das águas do IGAM. Conforme exigido pela Deliberação Normativa 01/2008 do Conselho de Política Ambiental – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos, a referida variável consiste em um dos critérios de balneabilidade no Estado, além de compor o índice de Condições de Balneabilidade – ICB (LOPES, 2012).

A seleção dos dados que poderiam ser influenciados pelo uso e cobertura do solo no entorno de Furnas e, conseqüentemente, afetar os usuários em contato com essa água, foi feita de acordo com critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000 que estabelece os limites Coliformes termotolerantes ou *E. coli* e pH para atividades de contato primário (Quadro 2). A partir de 2013, o Programa Águas de Minas deixou de monitorar os coliformes termotolerantes, sendo por isso adotada neste trabalho a *E. coli* para a análise da qualidade da água dos contribuintes da represa de Furnas.

Conforme a metodologia proposta por Lopes (2012), os parâmetros *E.coli*, pH, Densidade de cianobactérias e turbidez, são considerados essenciais para a avaliação das condições de balneabilidade em águas doces, haja vista sua importância para a saúde e o bem-estar do banhista, além da qualidade da atividade recreacional.

Foram gerados gráficos mostrando, ao longo dos anos analisados (2008-2018), como cada um dos referidos parâmetros se comportou, sendo possível assim, verificar comparativamente quais bacias apresentaram os melhores e os piores resultados ao longo dos anos. Ainda foram feitos gráficos em formato *box-plot* para analisar sazonalmente cada bacia.

A análise sazonal é importante, pois mostra se houve variação expressiva dos parâmetros nas estações seca e chuvosa (PRATTE-SANTOS et al., 2018). No caso de reconhecer expressiva variabilidade e amplitude dos dados para *E. coli*, turbidez e densidade de cianobactérias, fez-se a conversão desses dados para escala logarítmica (base 10) visando sua melhor e mais clara representação (DAVIES-COLLEY et al., 2018).

Após a verificação das variações registradas para cada um dos parâmetros, os resultados encontrados foram relacionados ao uso e cobertura do solo a que vigoram no interior de cada bacia contribuinte, reunindo-os aos dados autodeclarados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Essa análise integrada dos dados possibilitou verificar inconformidades quanto à qualidade das águas que deságuam na represa de Furnas, o que pode denotar riscos à saúde e ao bem-estar de usuários em contato primário com a água.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1- Panorama do uso e cobertura do solo e condições sanitárias das bacias contribuintes de Furnas

Conforme relatório da UNESCO (2015), a água em diversos locais vem sendo prejudicada por fatores antrópicos, como, por exemplo, a intensa urbanização e as atividades agrícolas inadequadas que têm acarretado severa poluição aquática. De modo a identificar potenciais fontes de pressão sobre os recursos na bacia e seus possíveis impactos na qualidade das águas do Lago de Furnas, foi analisado o uso e cobertura do solo nas bacias de contribuição que possuem monitoramento de qualidade da água, a saber: Rio Formiga (BG023); Ribeirão São Pedro (BG065); Rio Machado (BG069); e Rio Muzambinho (BG089). A Tabela 3 mostra como cada uso se distribui nas bacias de contribuição.

Tabela 3: Porcentagem dos usos e coberturas do solo nas bacias de contribuição do Lago de Furnas.

USO E COBERTURA	BACIAS CONTRIBUENTES			
	R. Formiga	R. São Pedro	R. Machado	R. Muzambinho
Formação Florestal	11,81%	8,7%	9,71%	5,25%
Formação savânica	1%	0,26%	0	0
Floresta plantada	11,2%	4,35%	1,62%	0,62%
Formação campestre	0,21%	0,46%	0	0
Pastagem	46,58%	44,99%	53,71%	64,59%
Agricultura	0,49%	8,91%	5,72%	1,08%
Mosaico agricultura e pastagem	24,6%	31,8%	27,09%	26,47%
Infraestrutura urbana	4,11%	0	0,63%	1,84%
Outra área não vegetada	0,30%	0,28%	0,08%	0,09%
Afloramento rochoso	0,14%	0,07%	0,28%	0
Mineração	0	0,01%	0	0
Rio / lago / oceano	0,10%	0,09%	1,16%	0,06%

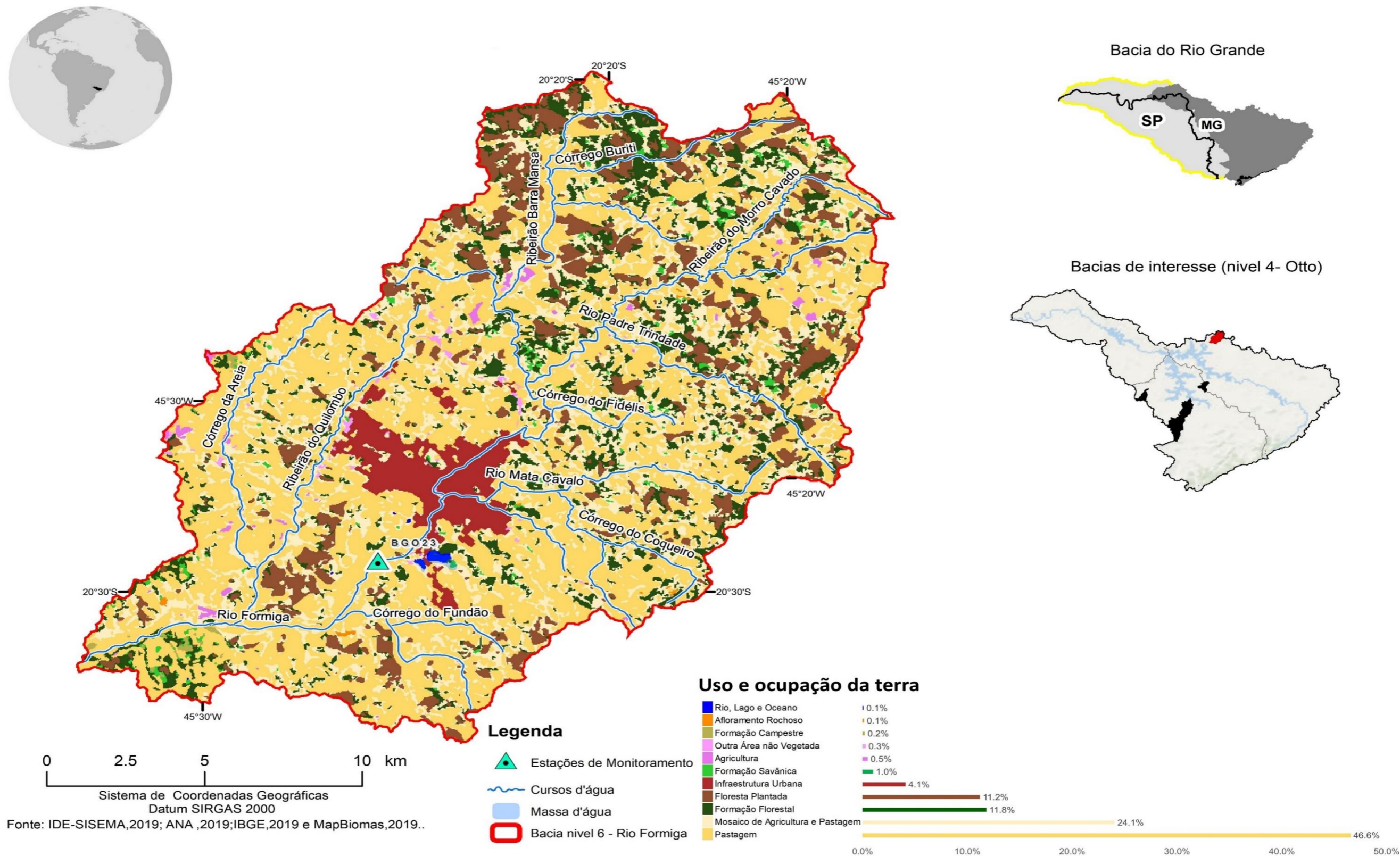
Percebe-se que há, em todas as bacias, o predomínio de áreas de pastagem, o que mostra que é preponderante os espaços destinados à criação de animais para corte e produção de leite. O segundo destaque é o mosaico agricultura e pastagem, de tal modo que o MapBiomias não diferencia ambas ocupações. A agricultura não apresentou altos valores em nenhuma das bacias, mas está em sua grande parte dentro do mosaico agricultura e pastagem. Os maiores destaques da produção agrícola regional são o café, soja, milho e cana-de-açúcar. A bacia do Rio Muzambinho foi a que apresentou os maiores valores para pastagem (64,59%) e a do Rio São Pedro para mosaico agricultura e pastagem (31,8%).

A formação florestal ocupa maior extensão na bacia do Rio Formiga (11,81%), a extensão de Formação Savânica com 1% e área não vegetada ocupa apenas 0,30%. A floresta plantada também se destaca por ocupar (11,2%) da área. Além disso, tem destaque a infraestrutura urbana representada pela cidade de Formiga (4,11%). A formação Campestre é maior na bacia do Ribeirão São Pedro, que se destaca também na agricultura com 8,91%, mosaico agricultura e pastagem (31,8%) e ainda foi a única bacia que apresentou área de mineração (0,01%). Na bacia do Rio Machado se registra os maiores valores entre as outras bacias para a área de lagos e rios com 1,16% e afloramento rochoso 0,28%.

4.1.1 – Bacia do Rio Formiga

Na bacia do Rio Formiga (Figura 6), prevalecem áreas de pastagem que ocupam 46,58% de sua área total. Conforme o Censo Agropecuário (2017), no município são criadas mais de 77 mil cabeças de gado e 35 mil suínos. O outro município dentro dessa mesma bacia de contribuição é o de Córrego Fundo, que registra a criação de 5 mil cabeças de gado segundo o mesmo censo.

Figura 6: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Formiga – MG



O mosaico agricultura e pastagem ocupa 24,06% da área da bacia. As áreas de agricultura, representadas no mapa, correspondem a 0,49% da área total da bacia e correspondem, em grande parte, a cultivos de café, cana de açúcar, milho e frutas (CENSO AGROPECUÁRIO, 2017). As áreas florestadas correspondem a 11,81% e se concentram sobretudo nas áreas posicionadas a montante da bacia. A floresta plantada ocupa 11,2% e as formações savânica 1% e campestre 0,21%.

A área urbana (4,11%) é predominantemente representada pela cidade de Formiga, que possui mais de 65 mil habitantes, enquanto em Córrego Fundo são apenas 5.790 habitantes (IBGE, 2010), sendo que apenas Formiga está com sua sede municipal dentro da bacia. O uso e da cobertura do solo nesses municípios exercem papel preponderante na qualidade da água da bacia, com destaque para os índices de atendimento total, coleta e tratamento de esgoto (figuras 7, 8 e 9).

Figura 7: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Rio Formiga.

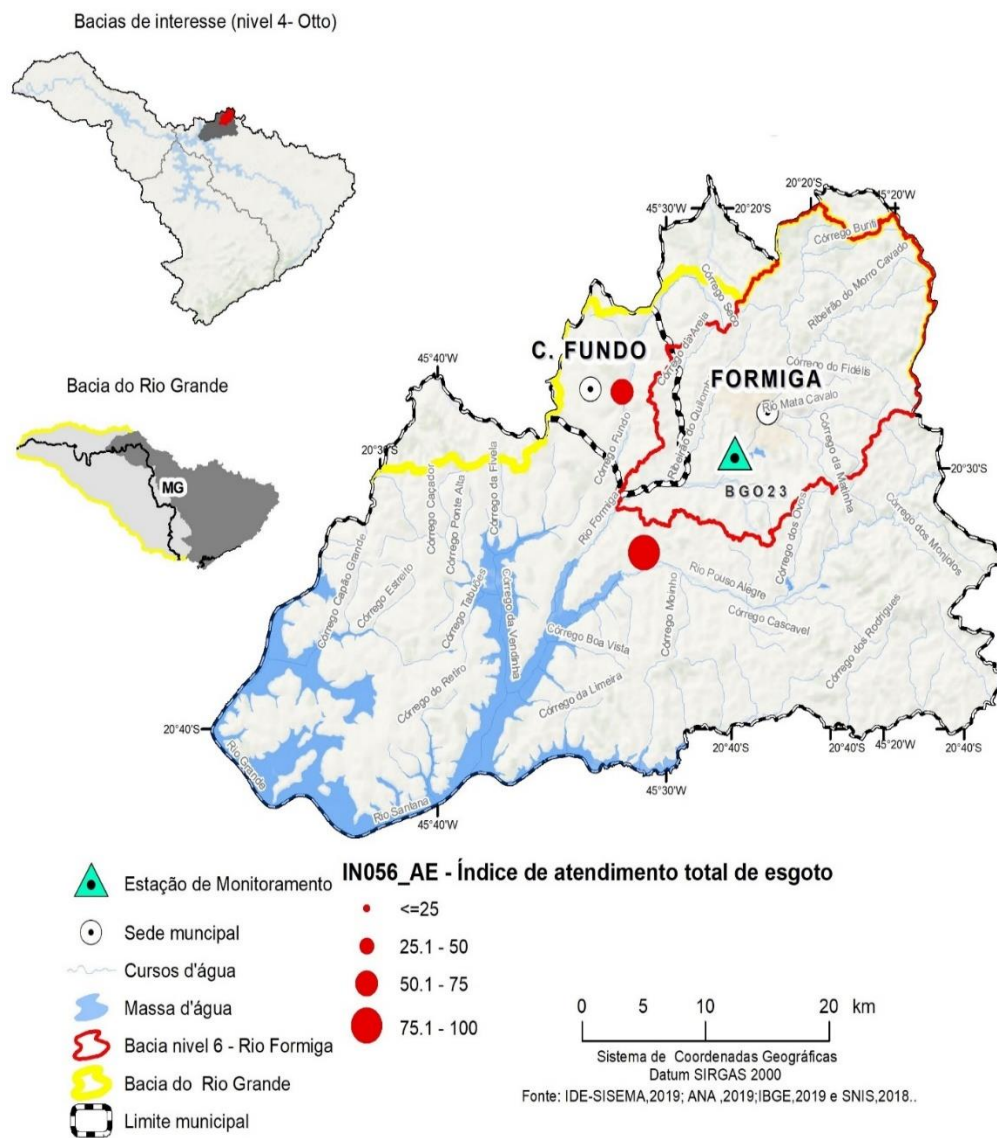


Figura 8: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Formiga.

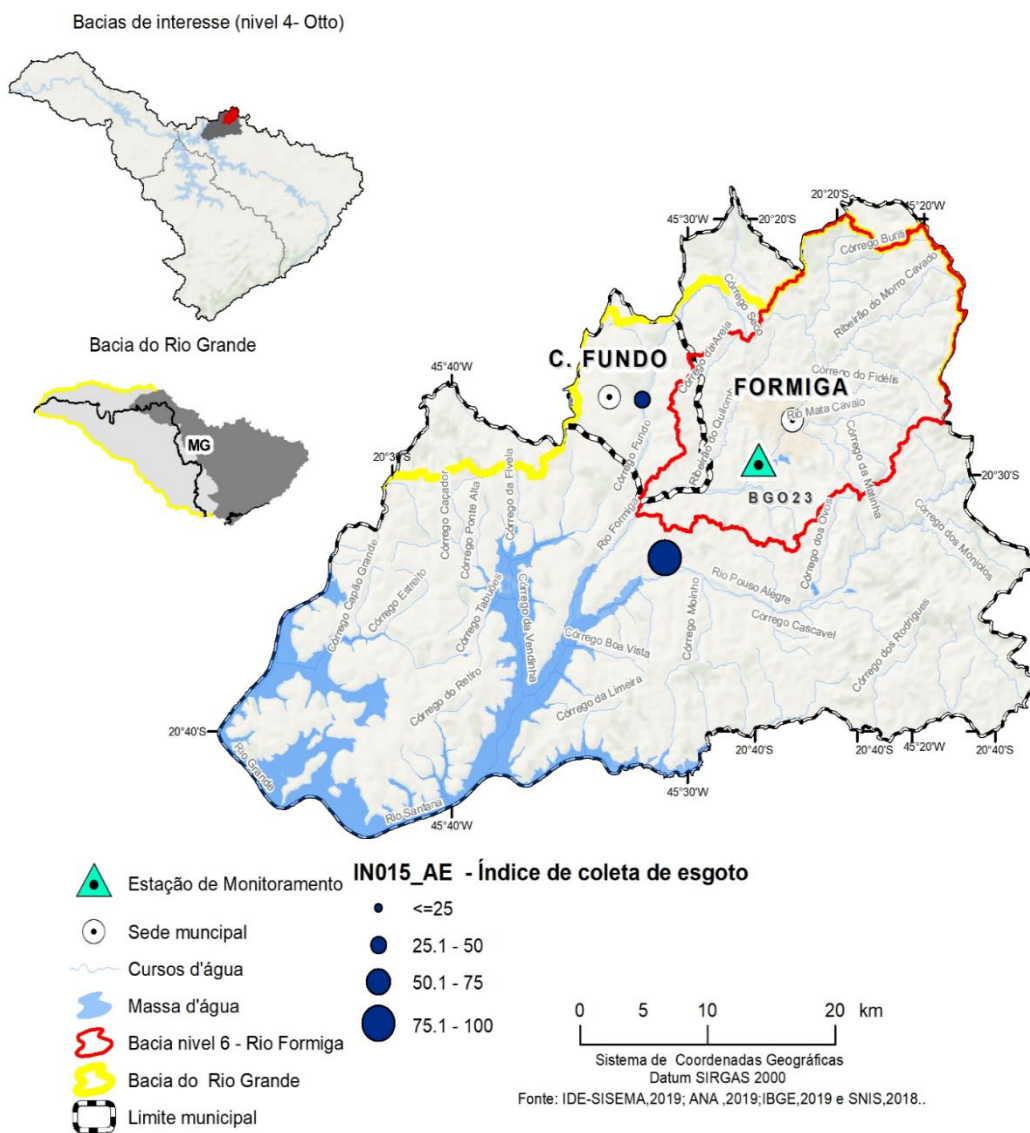
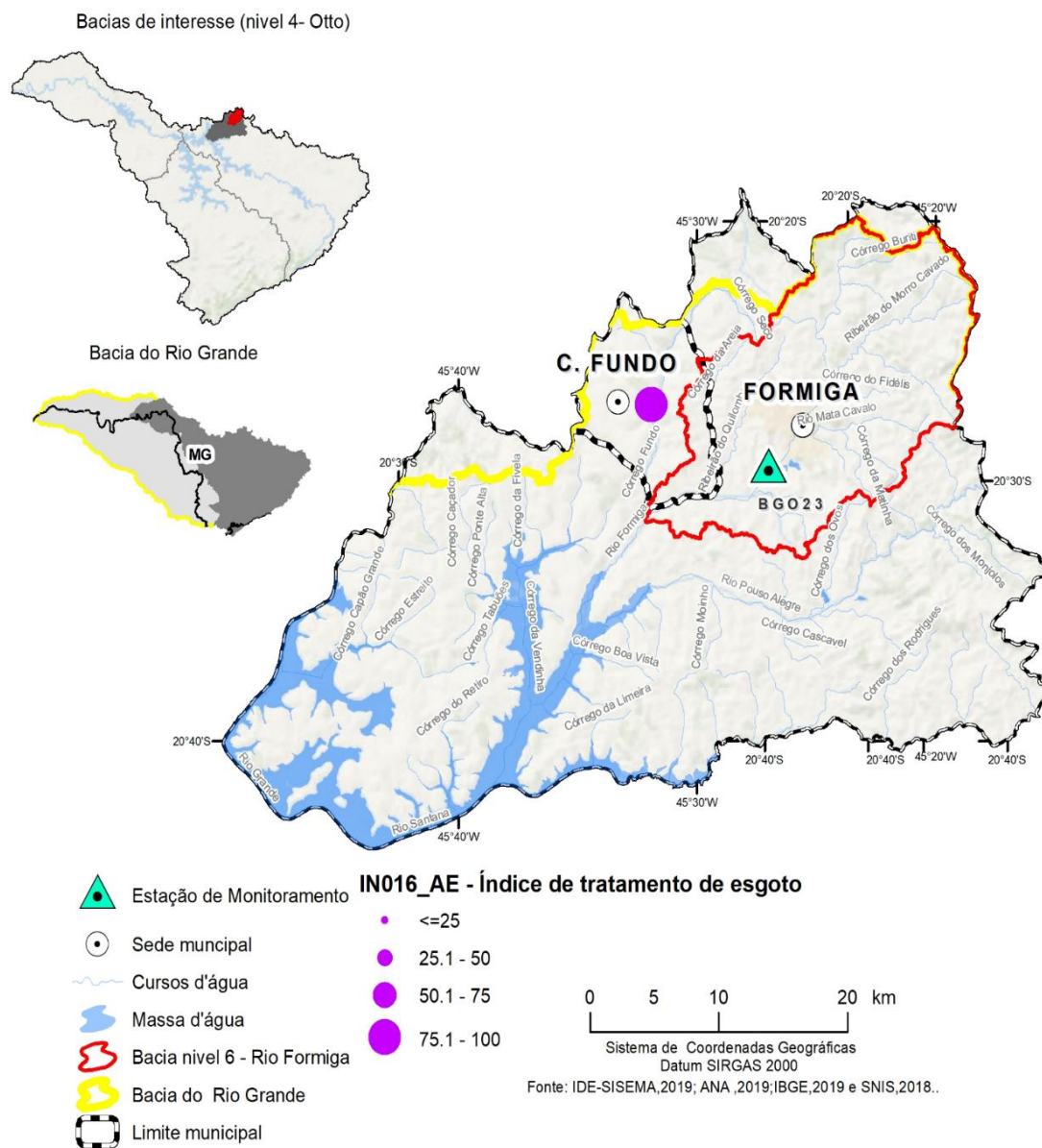


Figura 9: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Rio Formiga



No Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), o município de Formiga registra atendimento total de esgoto (IN056) de 91,34%. A coleta de esgoto (IN015) foi de 75,46% e não houve tratamento de esgoto (IN016). no ano de 2018.

Dentro do Plano Municipal de Saneamento Básico de Formiga (PMSB Formiga, 2016) – único disponível para consulta – fica exposta a necessidade da construção de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), ampliação de suas ligações e da rede do sistema coletor. O plano também mostra que o tratamento do esgoto é nulo e que há uso de fossas negras e despejo do esgoto diretamente em cursos d'água.

Já para o município de Córrego Fundo, o atendimento total de esgoto (IN056) foi menor, com 65,26%. A coleta de esgoto (IN015) para esse município foi de apenas 32,19%, sendo informado que todo esgoto coletado é tratado (PMSB Córrego Fundo, 2015). Ainda conforme seu Plano Municipal de Saneamento, Córrego Fundo possui uma ETE que faz o tratamento preliminar do esgoto, sendo este encaminhado para um dos principais corpos hídricos da cidade, o córrego Fundo. O relatório informa ainda que, em algumas ruas na cidade, ainda há fossas. Na zona rural do município, que é mais significativa, uma vez que sua sede municipal não está inserida nos limites da bacia, são usadas fossas negras nas localidades que ainda não possuem ligação ao sistema de tratamento de esgoto.

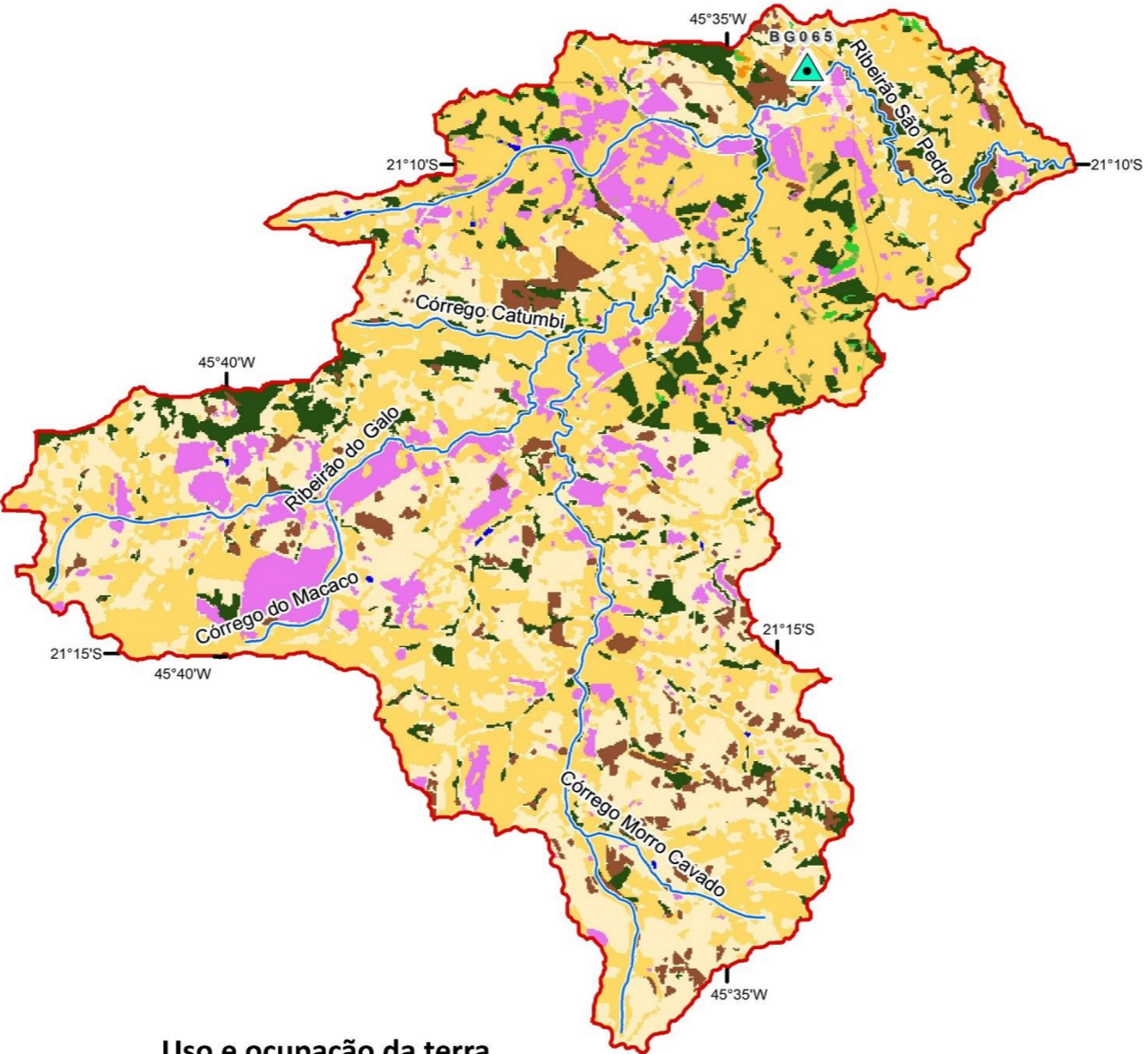
Em comparação com o Estado de Minas Gerais, a bacia do Rio Formiga apresentou melhores resultados quanto ao atendimento de esgoto – IN056, sendo que, para o estado, a média é de 72,14% e a média encontrada na referida bacia foi de 78,3%. O mesmo não acontece para os demais indicadores, uma vez que a coleta – IN015 foi de 53,29%, na bacia, e para o estado é de 65,19%. Para o tratamento de esgoto coletado IN016 Minas Gerais apresenta 42,42%, ao passo que os municípios de Formiga e de Córrego Fundo não possuem tratamento.

4.1.2 – Bacia do Ribeirão São Pedro

O uso e cobertura do solo, na bacia do Ribeirão São Pedro (Figura 10), é também caracterizado pela grande extensão das pastagens, ocupando 44,99% da área da bacia. Nos três municípios, cujos territórios são parte integrante da bacia, são criados cerca de 58 mil bovinos, com destaque para o município de Campos Gerais, com mais de 27 mil cabeças.

O segundo uso em destaque é o mosaico agricultura e pastagem com 31,8% e agricultura 8,91%. A produção na região é principalmente de café, milho, soja, cana de açúcar e frutas. A área de floresta corresponde a 8,7% e formação savânica apenas 0,26%. A área plantada corresponde a 4,35%, outra área não vegetada (solo exposto) 0,28% e a área de rio ou lago representou 0,09%. A população total dos três municípios juntos é superior a 73 mil habitantes (IBGE, 2010), sendo que as sedes municipais estão fora das delimitações da bacia. As águas da bacia do Ribeirão São Pedro desaguam no Ribeirão Marimbondo que alimenta diretamente o Lago de Furnas.

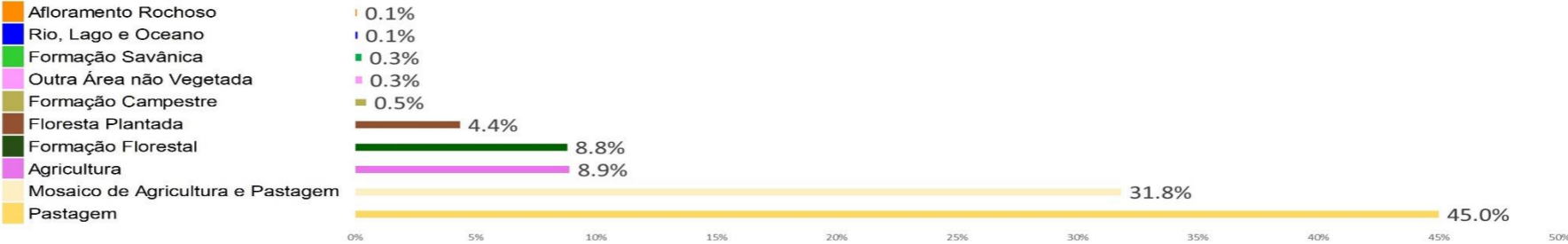
Figura 10: Uso e cobertura do solo na bacia do Ribeirão São Pedro.



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS 2000
Fonte: IDE-SISEMA,2019; ANA ,2019;IBGE,2019 e MapBiomias,2019..

- Legenda**
- Estações de Monitoramento
 - Cursos d'água
 - Massa d'água
 - Bacia do Ribeirão São Pedro

Uso e ocupação da terra



No município de Santana da Vargem, o atendimento total de esgoto - IN056 (Figura 11), conforme o SNIS (2018) é de 72,99%, sendo a coleta de esgoto - IN015 (Figura 12) de 77,8% e o tratamento desse esgoto - IN016 (Figura 13) realizado em 100% do que é coletado. Em Boa Esperança, o atendimento total de esgoto no município é de 83,58%, a coleta é de 53,86% e o tratamento é de 100% do esgoto coletado. No município de Campos Gerais, apesar de o atendimento total e a coleta de esgoto ser de 100%, não há tratamento de esgoto.

Em comparação com o estado de Minas Gerais, a média da bacia não alcançou melhor resultado apenas para o tratamento de esgoto, uma vez que no estado é de 42,42% e na bacia foi de 33,33%. Nos demais indicadores os resultados foram melhores, sendo que a coleta – IN015 foi de 77,22% (em Minas Gerais – 65,19) e o atendimento – IN056 foi em média 85,52% e no estado 72,14%.

Em Campos Gerais, no Plano Municipal de Saneamento disponível para consulta (PMSB Campos Gerais, 2014), fica evidente que não existe ETE na cidade e que lançam o efluente direto no ribeirão Cervo e córrego Barro Preto e que sua rede de esgoto possui, em média, 20 vazamentos por mês. Além disso, em sua área rural, apenas 5% possui fossa séptica, sendo que o restante é fossa negra ou despeja diretamente em corpos hídricos.

O Plano Municipal de Saneamento de Boa Esperança (PMSB Boa Esperança 2018), registra que há uma ETE no município, mas não informa como é realizado o tratamento do esgoto. No plano, diferentemente do que foi declarado ao SNIS, afirma-se que a coleta de esgoto foi de 46%. Na zona rural do município, ainda é usado o sistema de fossas, sendo o esgoto não tratado encaminhado diretamente para o Lago de Furnas.

O município de Santana da Vargem não disponibilizou seu PMSB, de modo que foi consultado o Relatório de Esgotamento Municipal disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) no ano de 2017, referente aos dados de 2013. Esse relatório informa que há no município uma ETE e que a parcela de esgoto com coleta e tratamento é de 95,5%. O restante do esgoto é diretamente lançado sem nenhum tratamento no Ribeirão Santana (ANA, 2017).

Figura 11: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Ribeirão São Pedro.

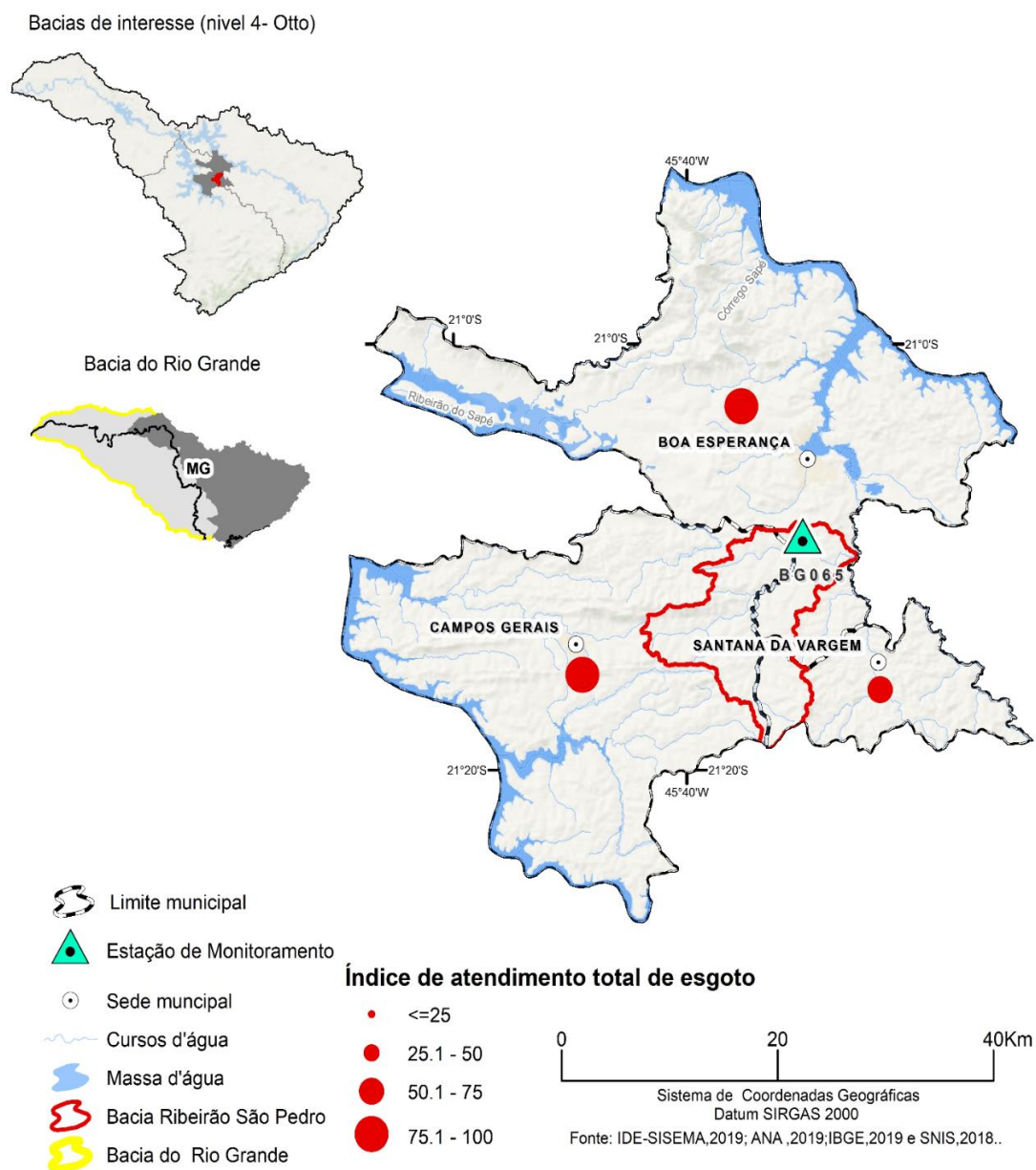


Figura 12: Índice de coleta de esgoto na bacia do Ribeirão São Pedro.

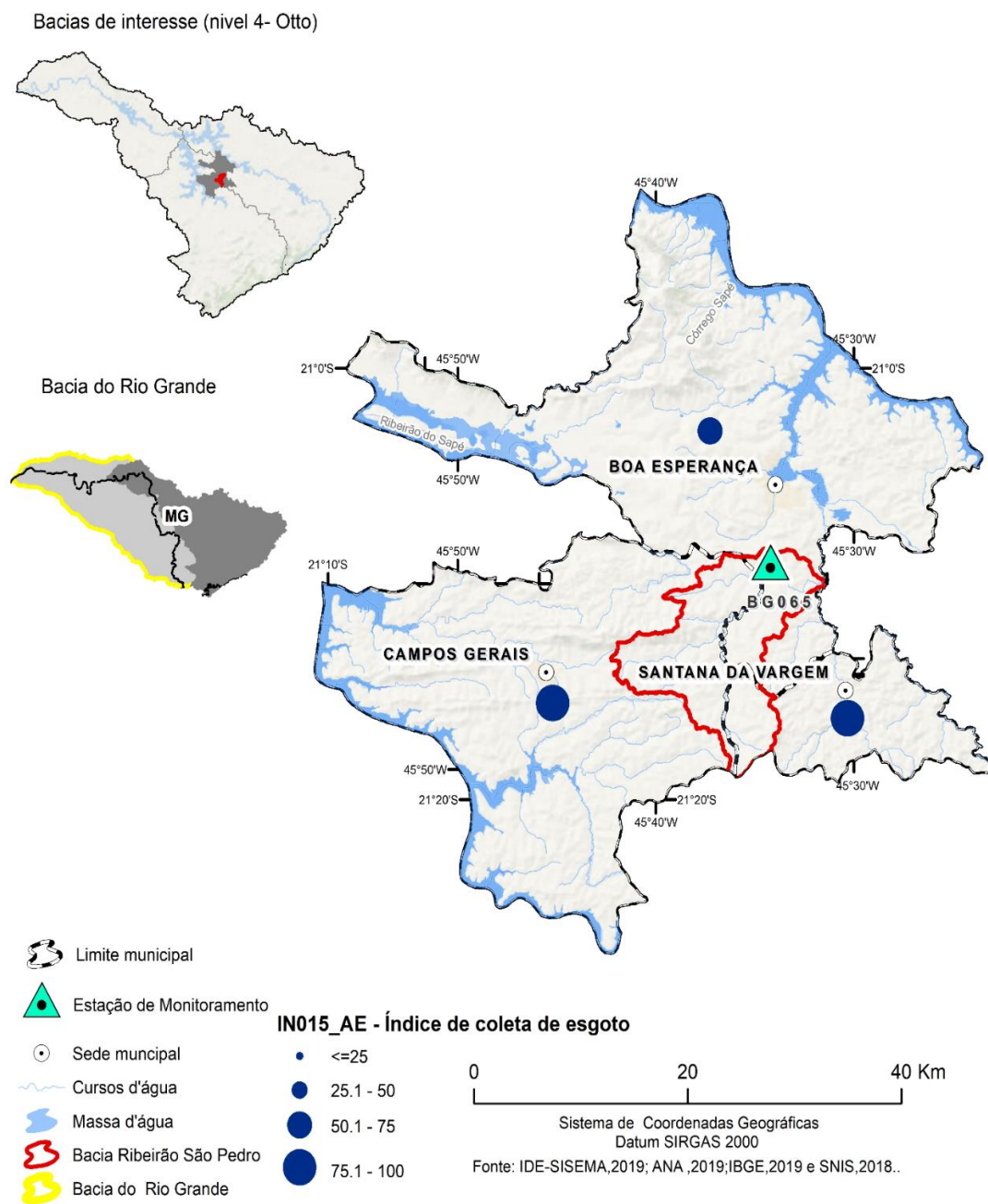
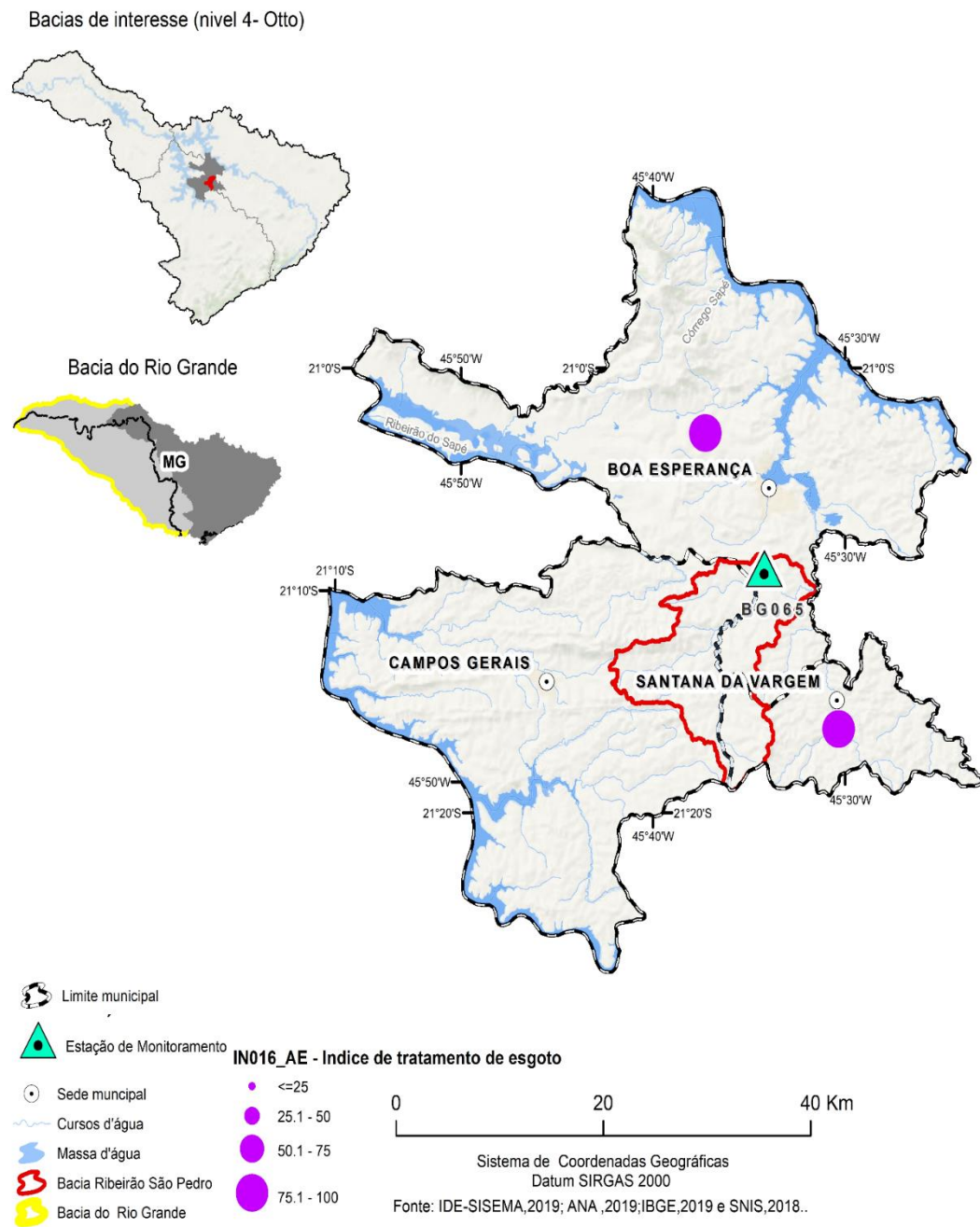


Figura 13: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Ribeirão São Pedro.

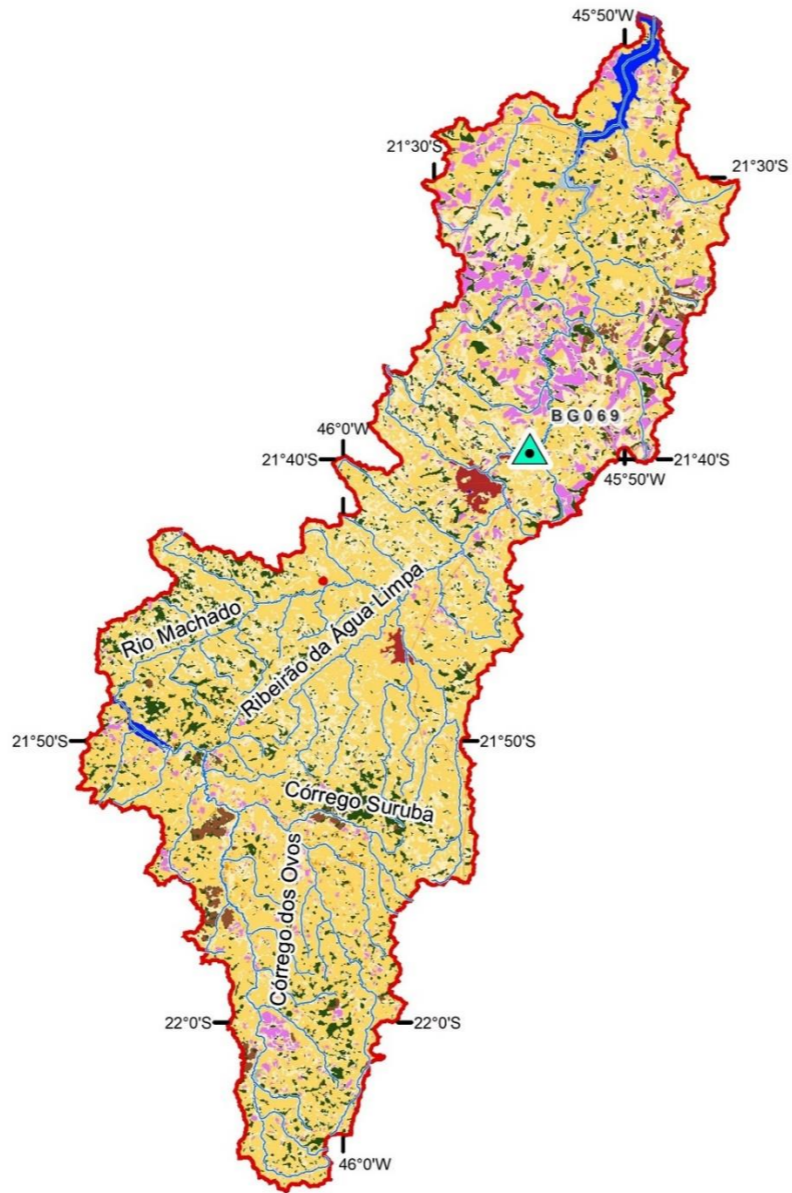


4.1.3 – Bacia do Rio Machado

As pastagens ocupam 53,71% da área da bacia do Rio Machado (Figura 14), sendo que, nos treze municípios que compõem a bacia, há rebanho com mais de 230 mil cabeças de gado e quase 38 mil porcos. A agricultura representa 5,72% da área e é basicamente constituída por café, cana de açúcar, milho, soja e batata, de acordo com o Censo Agropecuário (2017). As áreas ocupadas pelo mosaico agricultura e pastagem representam 27,09% do território.

As áreas florestadas correspondem a 9,71% da área da bacia, seguida das áreas plantadas com 1,62% e outra área não vegetada (solo exposto) com 0,08%. Estão ausentes espaços ocupados por formação savânica ou campestre. A área de rio ou lago foi de 1,16% e afloramento rochoso 0,28%. As áreas urbanas localizadas no interior da bacia representam 0,63%, sendo que a população total dos 13 municípios é de quase 225 mil habitantes, conforme o IBGE (2010). Os municípios com sede dentro da delimitação são Poço Fundo, Machado e Fama.

Figura 14: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Machado

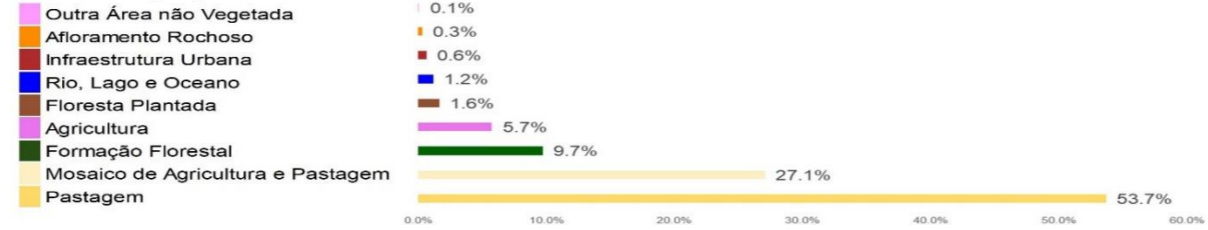


Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS 2000
Fonte: IDE-SISEMA,2019; ANA ,2019;IBGE,2019 e MapBiomias,2019..

Legenda

- Estações de Monitoramento
- Cursos d'água
- Massa d'água
- Bacia do Rio Machado

Uso e ocupação da terra



Na bacia do Rio Machado se localizam os municípios de Congonhal, São João da Mata, Santa Rita de Caldas, Paraguaçu, Ipuiúna, Fama, Espírito Santo Dourado, Carvalhópolis, Campestre, Caldas, Poço Fundo, Machado e Alfenas. Conforme os dados recolhidos no SNIS de 2018, o Atendimento total de esgoto – IN056 (Figura 15) em Congonhal foi de 72%, em São João da Mata 65,7%, Santa Rita de Caldas 49%, Paraguaçu 90%, Ipuiúna 55,7%, Fama 31,6%, Espírito Santo Dourado e Machado com 100% de atendimento total, Carvalhópolis com 73,6%, Campestre 53%, Caldas com 37,5%, Poço Fundo 58% e Alfenas 84%.

A coleta de esgoto – IN015 foi de 100% em Campestre, Carvalhópolis e Poço Fundo e 92% em São João da Mata (Figura 16). Em Paraguaçu e Congonhal a coleta é de 78% do que é produzido na cidade, seguido por Alfenas com 77% e Santa Rita com 68%. Caldas, Ipuiúna e Machado com 62%. Em Fama 40% e Espírito Santo Dourado com a menor coleta com 33%.

Para os municípios de Poço Fundo, Paraguaçu e Alfenas a totalidade do esgoto que é recolhido passa por tratamento - IN016 (Figura 17). Em Carvalhópolis 97,8% e Machado 95,4%. Os demais municípios não possuem tratamento para o esgoto produzido e coletado.

Em comparação com o estado de Minas Gerais, somente a coleta – IN015 é superior, sendo que na bacia é de 73,51% e no estado 65,19%. O tratamento – IN016 registrou média de 37,95% e em Minas Gerais 42,42%. Para atendimento total – IN056 a média encontrada na bacia do Rio Machado foi de 66,98% e no estado 72,14%.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Poço Fundo, em 2016, não há nenhum tipo de tratamento para o esgoto produzido na cidade (PMSB Poço Fundo, 2016). A totalidade do esgoto é lançado nos Rios Machadinho e Veadinho. Na zona rural não existe rede coletora e o esgoto é dispensado diretamente na rede hidrográfica ou em fossas negras.

No município de Espírito Santo do Dourado, o Plano Municipal de Saneamento de 2018 registra que o esgoto não possui nenhum tipo de tratamento e é lançado diretamente nos corpos hídricos próximos, como no caso do Rio Dourado e dos

ribeirões Paciência, Gonçalves, Embiruçu e Pompéu. Na zona rural, o lançamento do esgoto também é direto nos rios e fossas negras.

Em Campestre, o Plano Municipal de Saneamento (PMSB Campestre, 2015) indica que não há estação de tratamento de esgoto, sendo o esgoto lançado *in natura* nos corpos d'água. Segundo o referido plano, 50% das casas do município possuem fossas negras e o restante lança nos Rios Machado, Peixe, Cachoeira, Caxambu, São Gonçalo, Milho Verde e Pinheiro.

Conforme relatado no plano de Alfenas em 2016 (PMSB Alfenas, 2016), a cidade possui ETE, mas nem todo esgoto da cidade é encaminhado para tratamento. É relatado que existem inúmeras partes da cidade que os lançamentos de esgoto são feitos diretamente no córrego Pedra Branca) e em outros canais de drenagem. Há o uso de fossas rudimentares e lançamentos diretos na rede hidrográfica da zona rural. Em um de seus distritos, Barranco Alto, parte dos moradores lança o esgoto no Lago de Furnas. Os demais municípios não possuem PMSB ou não os forneceram quando solicitado, de modo que foram analisados os Relatórios de Esgotamento Sanitário Municipal divulgados em 2017 pela ANA (2017), referentes aos dados de 2013.

Congonhal não possui ETE e a parcela de esgoto com coleta e sem tratamento é de 99%. Os esgotos são lançados diretamente no Rio Cervo. Paraguaçu possui uma ETE ativa que faz tratamento primário e o corpo receptor é o córrego do Rosário. Ipuiúna não tem estação de tratamento e a coleta sem tratamento supera 76%. Ademais, 22% não possui coleta e o despejo é feito no Rio Pardo. Em São João da Mata, não há estação de tratamento de esgoto e a coleta sem tratamento supera os 96% e o descarte é feito no córrego Barba de Bode (ANA, 2017).

Em Caldas não há ETE e a coleta sem tratamento é de 93%, sendo o descarte desse esgoto feito no Rio Verde. Em Santa Rita de Caldas a parcela de esgoto com coleta e sem tratamento é de 85,8% e sem coleta e tratamento 12%. O lançamento do esgoto é feito no Rio Claro. Em Carvalhópolis, não tem ETE e a coleta sem tratamento é de 99,3%, com descarte no Rio Dourado. E Fama, também, não possui estação de tratamento de esgoto e a parcela de esgoto com

coleta e se tratamento é de 77,8% e sem coleta e tratamento 21%. O despejo do esgoto é realizado diretamente no Lago de Furnas.

Figura 15: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Rio Machado.

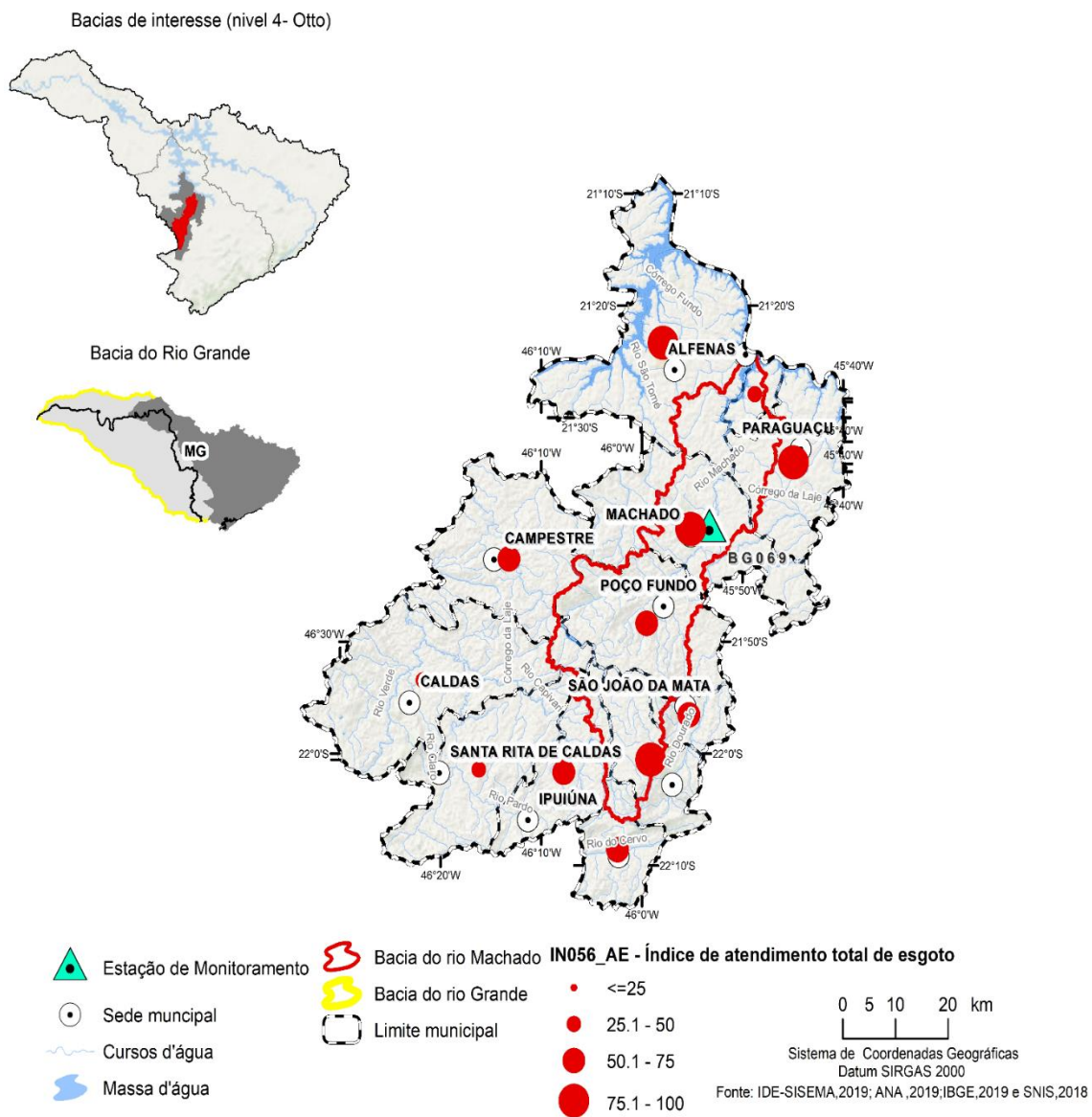


Figura 16: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Machado.

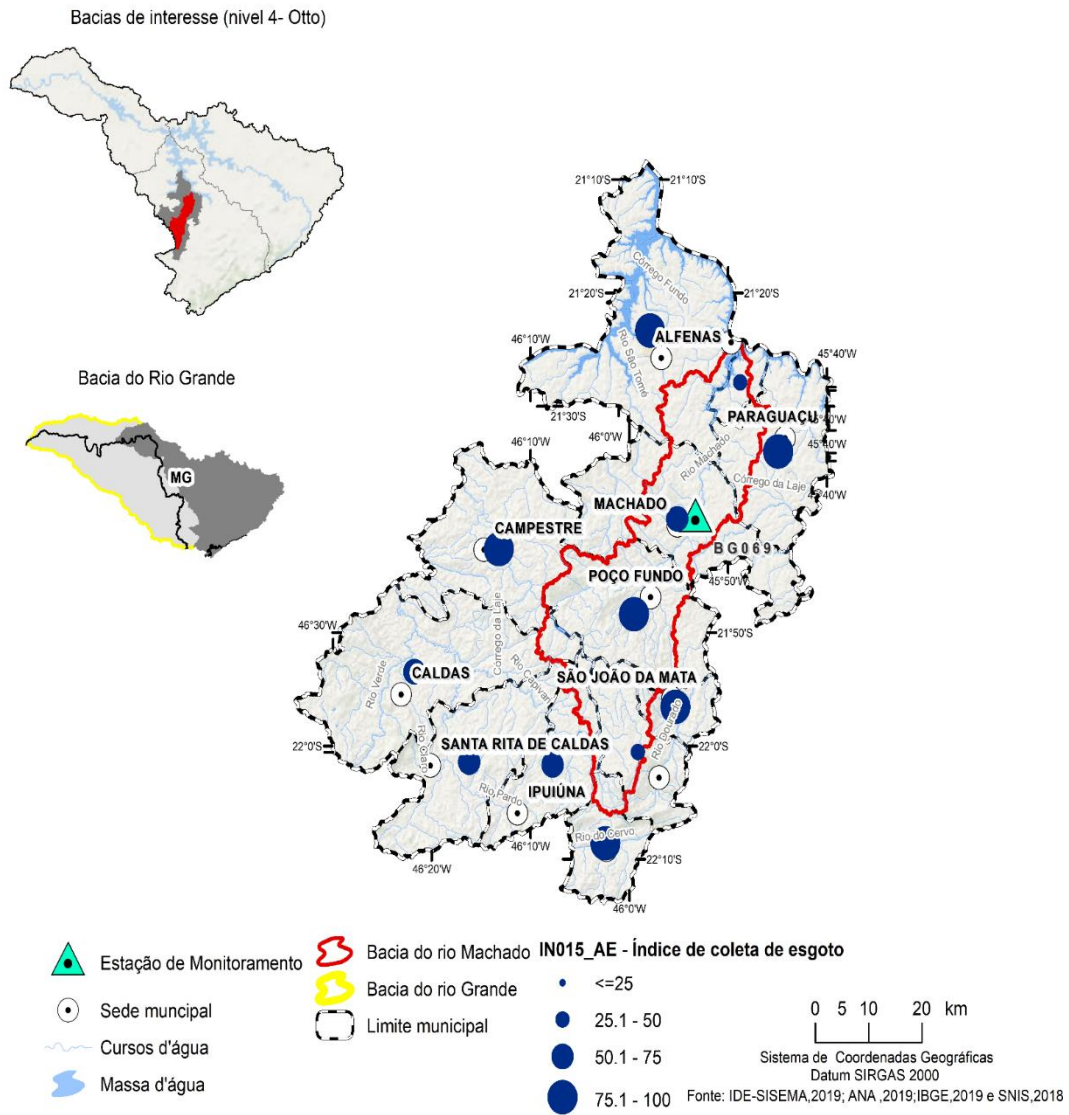
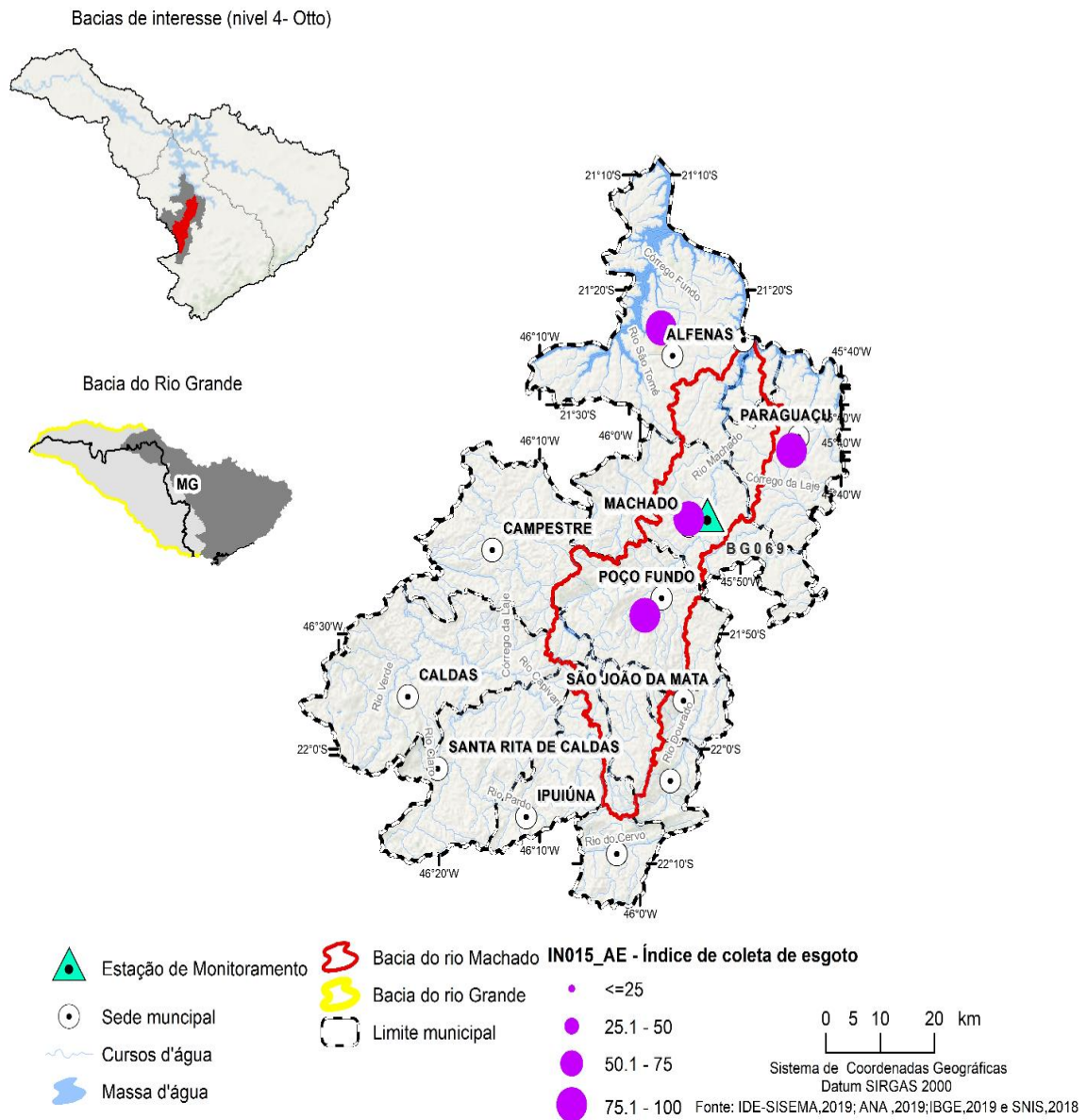


Figura 17: Índice de tratamento de esgoto na bacia do Rio Machado.

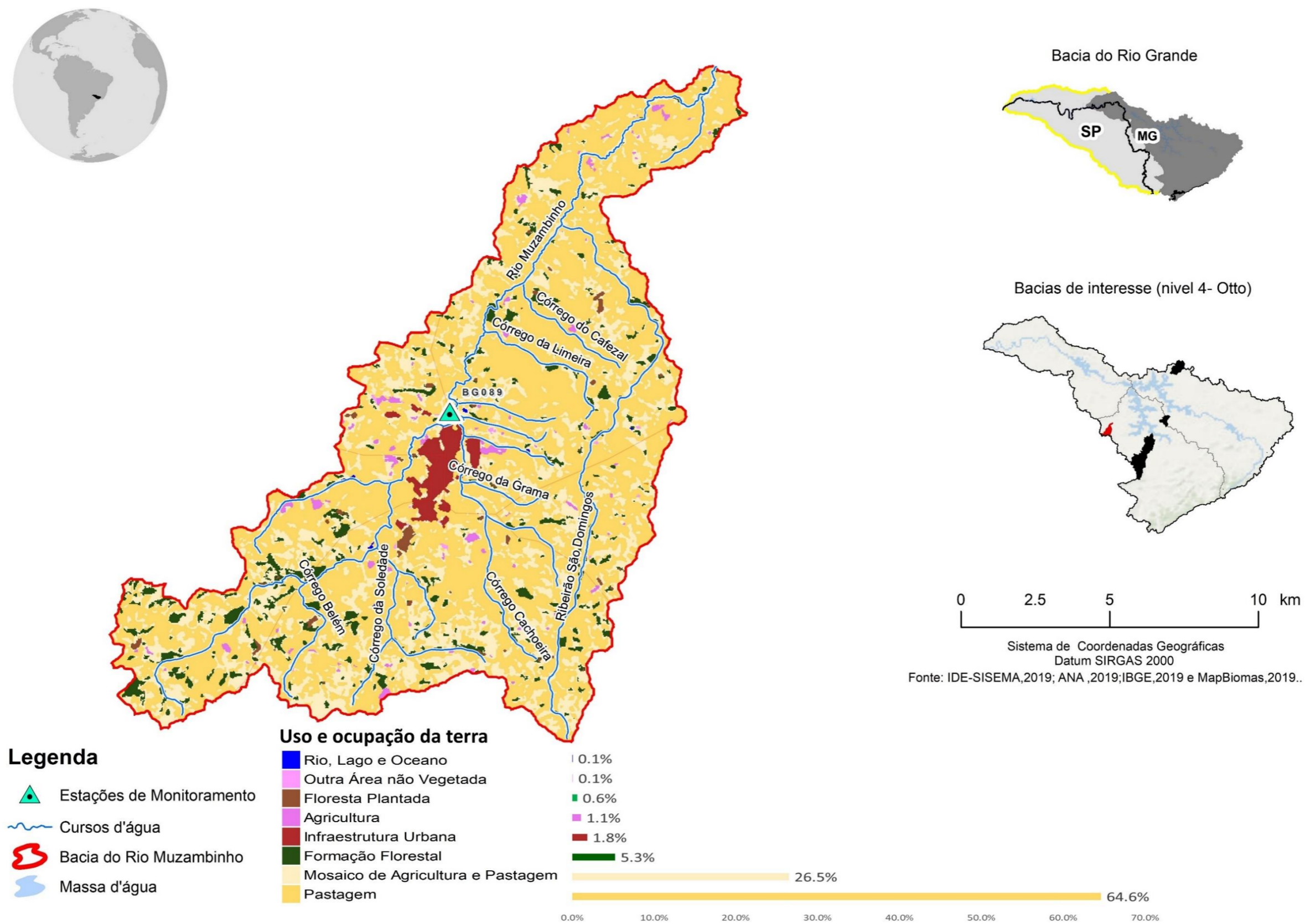


4.1.4 – Bacia do Rio Muzambinho

A bacia do Rio Muzambinho está localizada no Município de Muzambinho, cuja população é de 20.430 habitantes (IBGE, 2010). Suas águas drenam para o Rio Muzambo, o qual deságua no Lago de Furnas. A área urbana de Muzambinho ocupa 1,84% de toda área da bacia (Figura 18) e sua sede municipal está inserida na bacia.

Há predomínio das pastagens na bacia (64,59%) que, segundo o Censo Agropecuário (2017), possui uma criação de 12.568 cabeças de gado. Em seguida, é o mosaico agricultura e pastagem com 26,47%. A agricultura representa apenas 1,08%, cuja produção é basicamente de milho e café. A área florestal ocupa 5,25% da bacia e a plantada 0,62%. Há outra área não vegetada 0,09% e rios e lagos também 0,06%.

Figura 18: Uso e cobertura do solo na bacia do Rio Muzambinho



Em Muzambinho, conforme o que foi declarado no SNIS 2018, o Atendimento total de esgoto – IN056 (Figura 19) foi de 89,87%. A coleta do esgoto – IN015 (Figura 20) é de 100%. O município, conforme o SNIS (2018), não possui tratamento para o esgoto. Comparado com Minas Gerais, o atendimento total e coleta foram superiores na bacia do Rio Muzambinho, sendo 89,87% e 100% (Minas – 72,14% e 65,19%), respectivamente.

Conforme a prefeitura de Muzambinho, a cidade não tem Plano Municipal de Saneamento Básico. Santos et al. (2015), ao avaliarem o sistema sanitário e o projeto de implantação de uma ETE no município de Muzambinho, registraram que o esgoto do município é lançado diretamente nos córregos Pinhal e Asilo e no Rio Muzambinho, sem nenhum tratamento prévio. Em todos os pontos de lançamento de esgoto havia acesso fácil a pessoas e animais. Foi feita ainda uma análise da qualidade da água para consumo humano que indicou ser ela Imprópria em razão da quantidade de coliformes encontrados. Ainda segundo os autores, o início da construção da ETE se deu em 2014, mas ficaria com valor acima do que estava no planejamento. A estação retiraria no máximo 90% dos coliformes da água e os 10% não tratados seriam lançados no Rio Muzambinho.

Conforme o relatório da ANA, referente aos dados de 2013, o município não possui estação de tratamento de esgoto, sua parcela de esgoto com coleta e sem tratamento é de 98%. O esgoto é descartado no córrego Machadinho e no Muzambinho.

Figura 19: Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água na bacia do Rio Muzambinho.

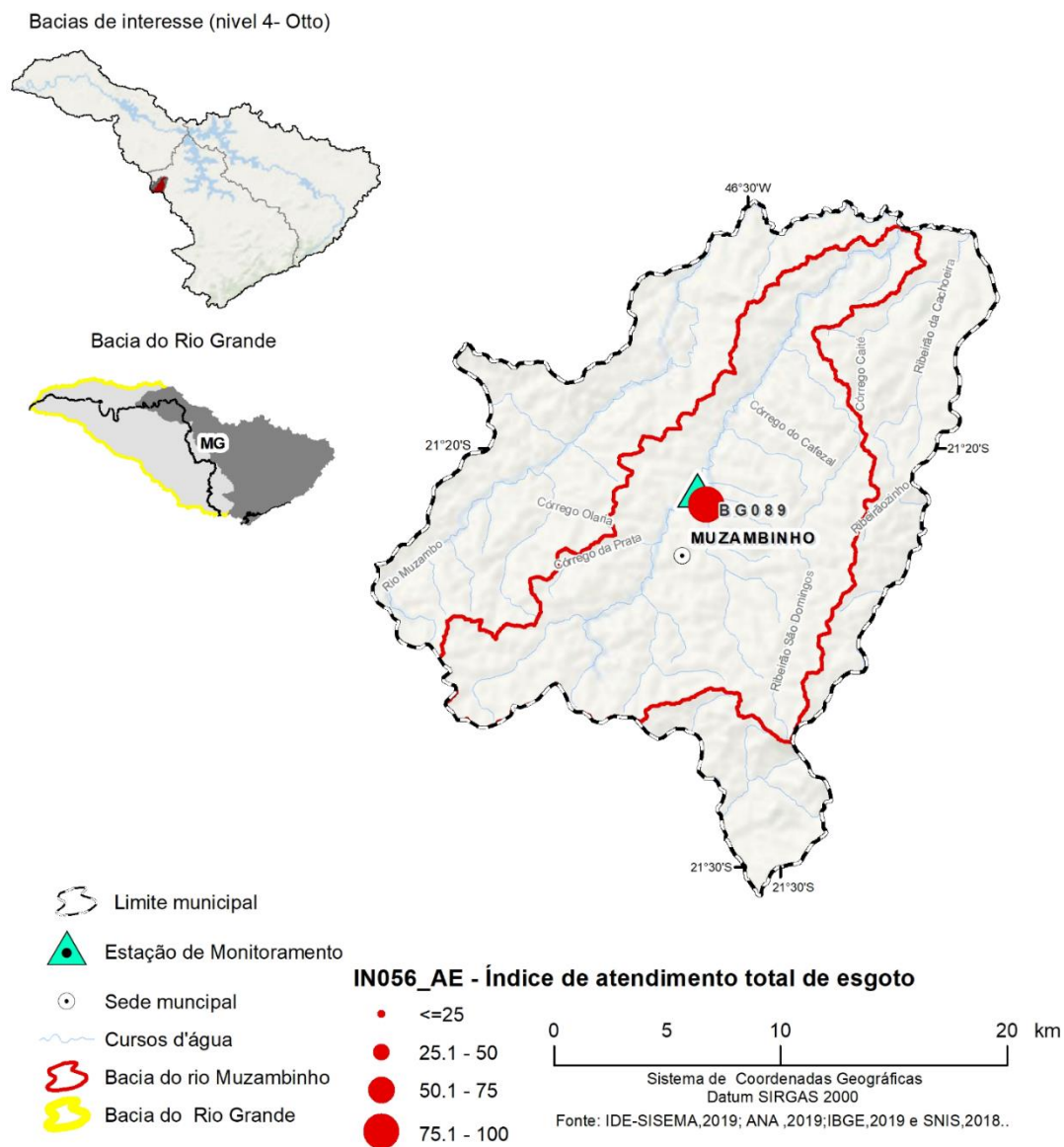
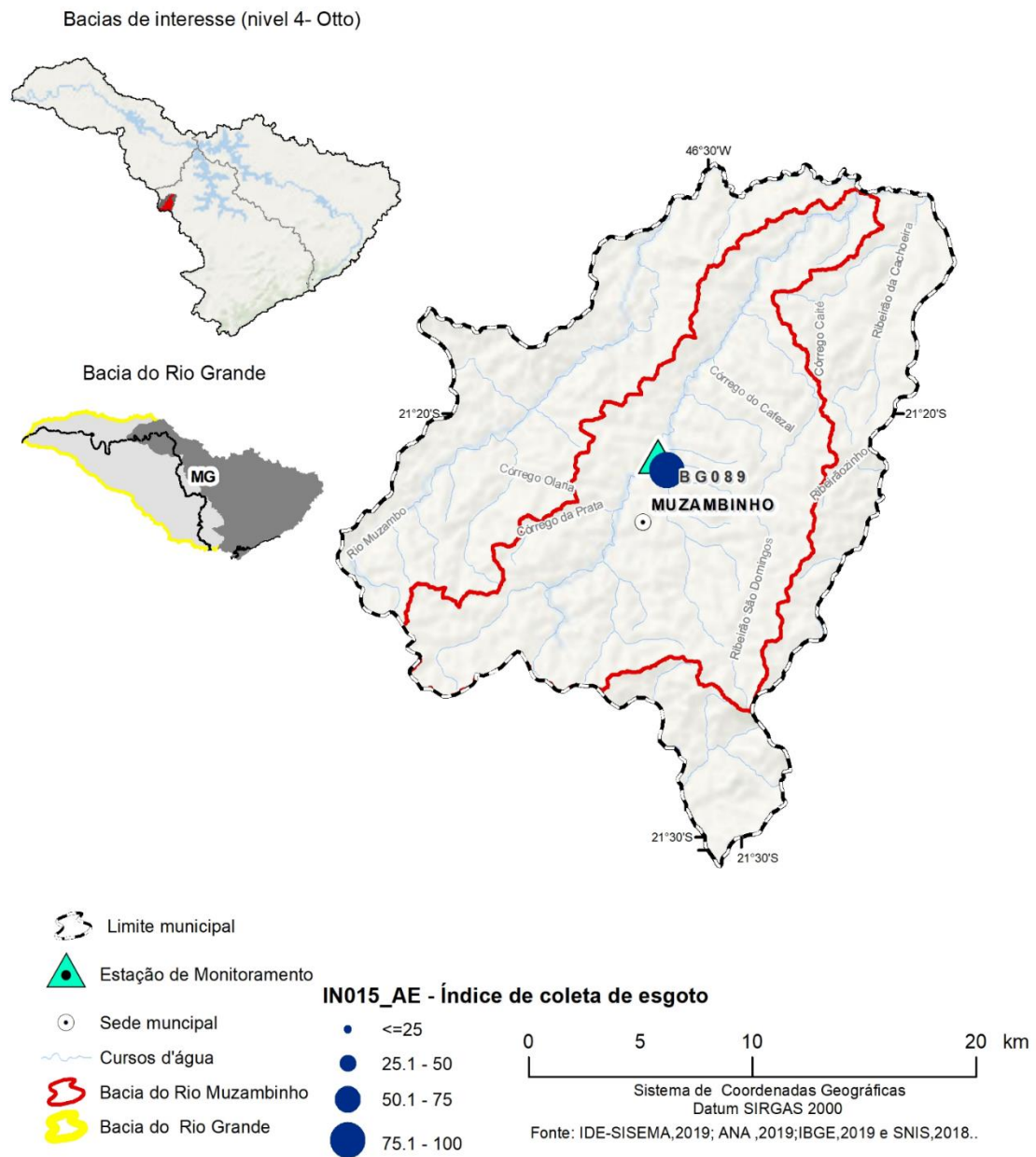


Figura 20: Índice de coleta de esgoto na bacia do Rio Muzambinho.

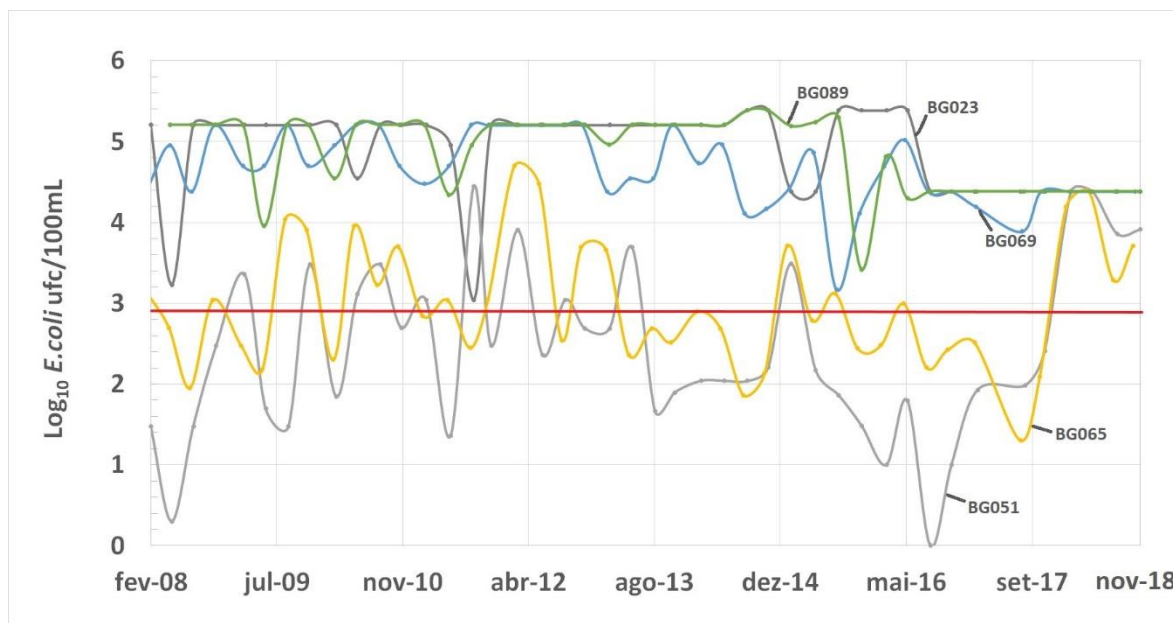


4.2- Evolução temporal das condições de balneabilidade

4.2.1 - *Escherichia coli*

Os resultados das análises de *E. coli* nas estações BG023 – Rio Formiga, BG069 – Ribeirão São Pedro e BG089 – Rio Muzambinho excederam o limite estabelecido para atividades de contato primário (800 ufc/100mL), em 100% das amostragens realizadas pelo IGAM (Gráfico 1). Ao longo dos anos analisados, de 2008 a 2018, os valores nessas estações variaram de 1.100 UFC/100ml até 241.960 UFC/100ml. Com isso, demonstraram condições sistematicamente impróprias para o referido uso, e conseqüentemente, um potencial poluidor para as águas do Lago de Furnas.

Gráfico 1: Evolução temporal de *E. coli* nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil, segundo Resolução CONAMA 274/2000.



A BG065 - Ribeirão São Pedro obteve os melhores resultados para *E. coli* dentre as bacias de contribuição do Lago de Furnas (20,2 a 50.000 UFC/100ml), os quais 53,49% estiveram conforme ao limite estabelecido de 800 UFC/100ml (Log= 2,9). Esta bacia pode ter seus dados com melhor qualidade, pois conforme visto, suas sedes municipais ficam distantes da estação de monitoramento.

Todas as demais estações apresentaram elevadas concentrações de *E. coli*, isso ocorreu possivelmente por conta do uso e cobertura do solo em suas respectivas áreas de drenagem. Conforme visto nos mapas de uso e cobertura do solo das estações BG023 – Rio Formiga (Figura 6) a BG069 – Rio Machado (Figura 14), BG089 – Rio Muzambinho (Figuras 18) e até mesmo na BG065 – Ribeirão São Pedro (Figura 10), os resultados encontrados podem decorrer do lançamento de esgoto *in natura* nos corpos hídricos das zonas urbanas e rurais e ou de extravasamento de fossas negras muito usadas na região, conforme visto nos respectivos Planos Municipais de Saneamento Básico (Formiga, Córrego Fundo, Campos Gerais, Boa Esperança, Poço Fundo, Espírito Santo Dourado, Campestre e Alfenas).

No Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Entorno de Furnas (FUPAI, 2013), observa-se que nas bacias aqui avaliadas, o aporte de matéria orgânica decorre principalmente de esgotos sanitários e efluentes industriais sem o devido tratamento como os fatores que prejudicam a qualidade da água. Em estudo feito por Tanure (2003), mostra que as águas estão com grande quantidade de metais pesados e vestígios de agrotóxicos.

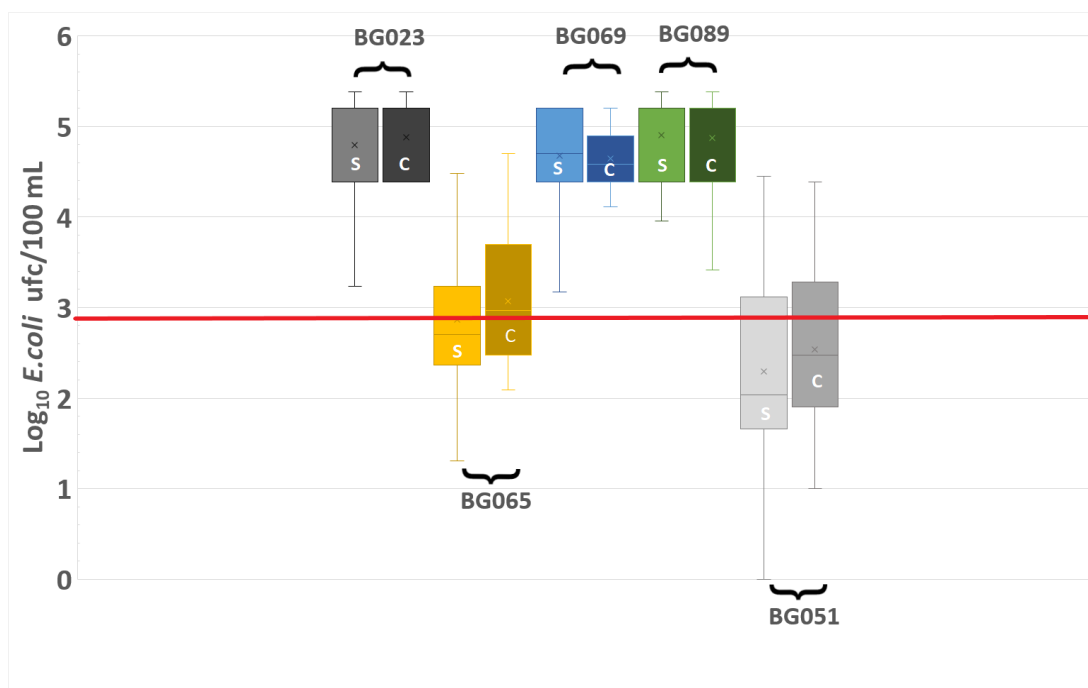
Além disso, algumas atividades típicas na região, como agricultura e a criação de animais (como bovinos e suínos), podem contribuir para o incremento de *E. coli* nas águas (ASSIS e LOPES, 2017), uma vez que essa bactéria é encontrada em fezes de animais de sangue quente. A bacia do Rio Machado (BG069) tem a maior criação de animais, seguida da bacia do Rio Formiga (BG023), São Pedro (BG065) e por último, sendo esse constituído por apenas um município, Muzambinho (BG089).

A criação de animais contribui para a retirada da cobertura vegetal e, conseqüentemente, deixa o solo exposto. A predominância de áreas de pastagem (bacia Rio Formiga 46,6%, São Pedro 44,9%, Machado 53,7% e Muzambinho 64,6%), associada à má conservação e até à integral retirada das matas ciliares, podem ser consideradas como fonte de contaminação das águas por material fecal (VANZELA et al., 2010; MAGALHÃES JUNIOR, 2019). A retirada das matas ciliares facilita o escoamento superficial e contribui para maior aporte de material fecal para os corpos hídricos.

A estação que representa a qualidade da água a jusante do reservatório (BG051) apresentou os melhores resultados para *E. coli* (1 a 28.000 UFC/100mL), onde 67,45% das amostragens estiveram em conformidade aos padrões de balneabilidade. Este fato provavelmente decorre do processo de diluição, sedimentação e decaimento microbiano no lago, este último devido especialmente à incidência da radiação ultravioleta sobre o espelho d'água durante o tempo de residência da água no reservatório (BROOKES et al., 2004; NELSON et al., 2018; LOPES et al., 2020). Além da radiação ultravioleta, oscilações de temperatura da água, outras bactérias presentes e variações de fatores químicos da água influem no referido processo (JUAREZ e RAJAL, 2013).

Na análise sazonal (Gráfico 2), verificou-se que as estações BG023 – Rio Formiga, BG069 – Ribeirão São Pedro e BG089 – Rio Muzambinho apresentam 100% dos seus resultados acima do limite determinado pela CONAMA 274/2000, tanto na estação seca quanto na chuvosa. De modo geral, a estação chuvosa se caracterizou como período em que os níveis de *E. coli* foram relativamente mais elevados, demonstrando o efeito da poluição difusa na bacia.

Gráfico 2: Distribuição sazonal de *E. coli* nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051) no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil; S = estação seca; C = estação chuvosa.



A estação BG065 – Ribeirão São Pedro apresentou na seca 61,9% dos seus dados em conformidade, ou seja, abaixo dos 800 UFC/100 ml. Na estação chuvosa, há uma redução da qualidade e apenas 50% dos dados permanecem em conformidade com a legislação e os outros 50% excedem o valor limite. O valor mais elevado nessa estação foi de 50.000 UFC/ml na época chuvosa e de 20,2 na seca.

Percebe-se que o aporte de material fecal nos corpos hídricos no período chuvoso compromete a qualidade das águas nas estações distribuídas na área de estudo. Além do carreamento de material fecal pelo escoamento superficial proveniente das grandes áreas utilizadas para agricultura e pastagem, pode haver extravasamento de redes de esgoto (WHO, 2003) e fossas rudimentares. Ainda, a falta de estações de tratamento de esgoto (ETEs) em todos os municípios contribui para um elevado número de *E. coli* no ambiente aquático, conforme observado por Lopes et al. (2008), Lopes e Magalhães Junior (2010), Von Sperling e Von Sperling (2013), Leite et al. (2015) e Magalhães Junior (2019).

Em estudo feito por Lopes et al. (2020), a qualidade das águas da Lagoa da Pampulha apresentou valores para *E. coli* de 79 a 160.000 ufc/100ml. O estudo mostra que os altos valores foram influenciados principalmente por despejo de esgotos domésticos em seus afluentes contribuintes. Assim como observado neste estudo, a Lagoa da Pampulha apresentou maiores concentrações de *E. coli* na estação chuvosa, indicando forte atuação de fontes difusas de poluição fecal.

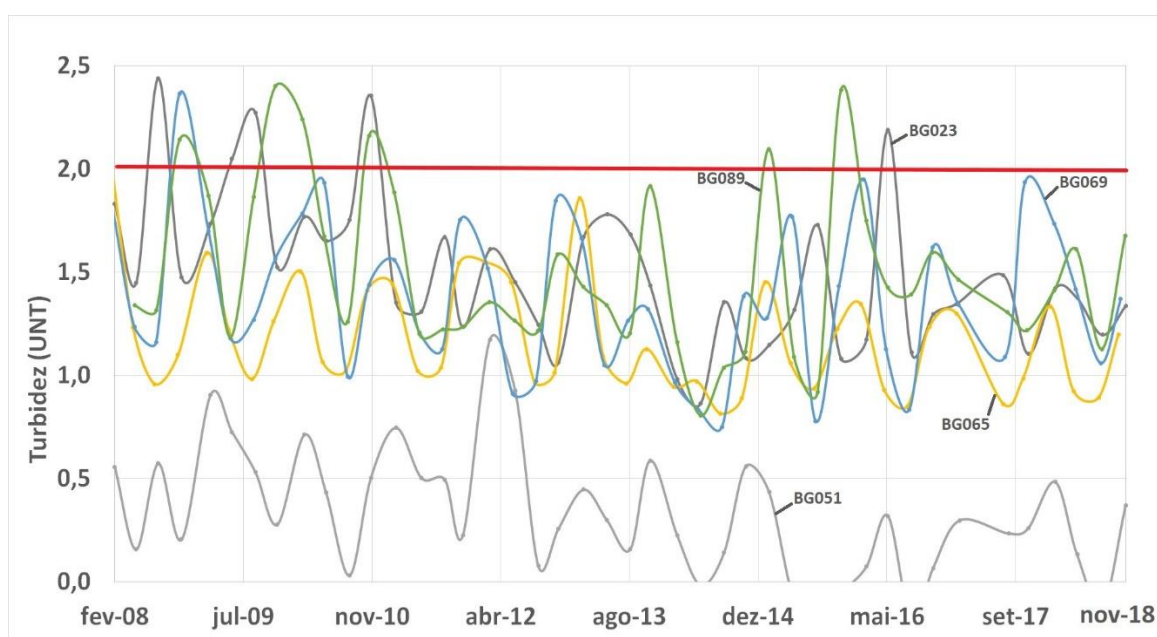
Além disso, mesmo apresentando baixos valores para *E. coli*, a água não tratada pode apresentar outros patógenos que podem trazer riscos à saúde humana, tais como *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp (LOPES et al., 2016), que pode causar severos sintomas de dores abdominais, vômito e diarreia (WHO, 2016).

4.2.2 -Turbidez

Considerando o limite como 100 UNT, referente à classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, a estação BG089 – Rio Muzambinho teve 14,2% dos seus dados acima do limite, seguida da BG023 – Rio Formiga com 11,6% e das estações BG065 – Ribeirão São Pedro e BG069 – Rio Machado que tiveram 2,3% em inconformidade. A estação BG051 (a jusante) não teve nenhum dado que ultrapassasse o limite delimitado pela CONAMA 357/2005. Muzambinho apresentou maior percentual de pastagem dentre todas as bacias, essa

cobertura ocupa 64,59% de sua área. O predomínio dessa atividade pode ter contribuído para a maior desconformidade observada nesta estação, uma vez que a pastagem contribui para a retirada da cobertura do solo e, conseqüentemente, maior aporte de sedimentos nos corpos hídricos.

Gráfico 3: Evolução temporal de turbidez nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051) no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite de 100 NTU, referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005.



A turbidez é considerada o grau de amenização da intensidade que um feixe de luz sofre ao entrar na água. Essa provoca a dispersão e absorção da luz, resultando em uma aparência nebulosa da água, que é esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1998). Altos valores de turbidez afetam a vida aquática devido à redução da fotossíntese e prejudicam os usos recreacionais da água (CETESB, 2019). Conforme Lopes (2012), a turbidez pode contribuir para que artefatos submersos na água não sejam observados com facilidade, além de comprometer a percepção de profundidade.

A Resolução CONAMA 357/2005 e DN COPAM-CERH 01/2008 estabelecem os valores limítrofes 40 e 100 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez), para as

águas enquadradas nas classes 1 e 2, respectivamente. Conforme as referidas resoluções, a recreação de contato primário é prevista para águas enquadradas como classe 2, ou superior, desde que atendam aos critérios da Resolução CONAMA 274/2000. Entretanto, Lopes et al. (2016) e West et al. (2016), afirmam que a possibilidade de ter artefatos submersos na água pode colocar em risco a segurança e o bem-estar do banhista. Para isso, Lopes (2012), sugere que o valor de segurança seria de 10 UNT, o qual corresponde ao limite de 30 cm de claridade em águas de regiões tropicais.

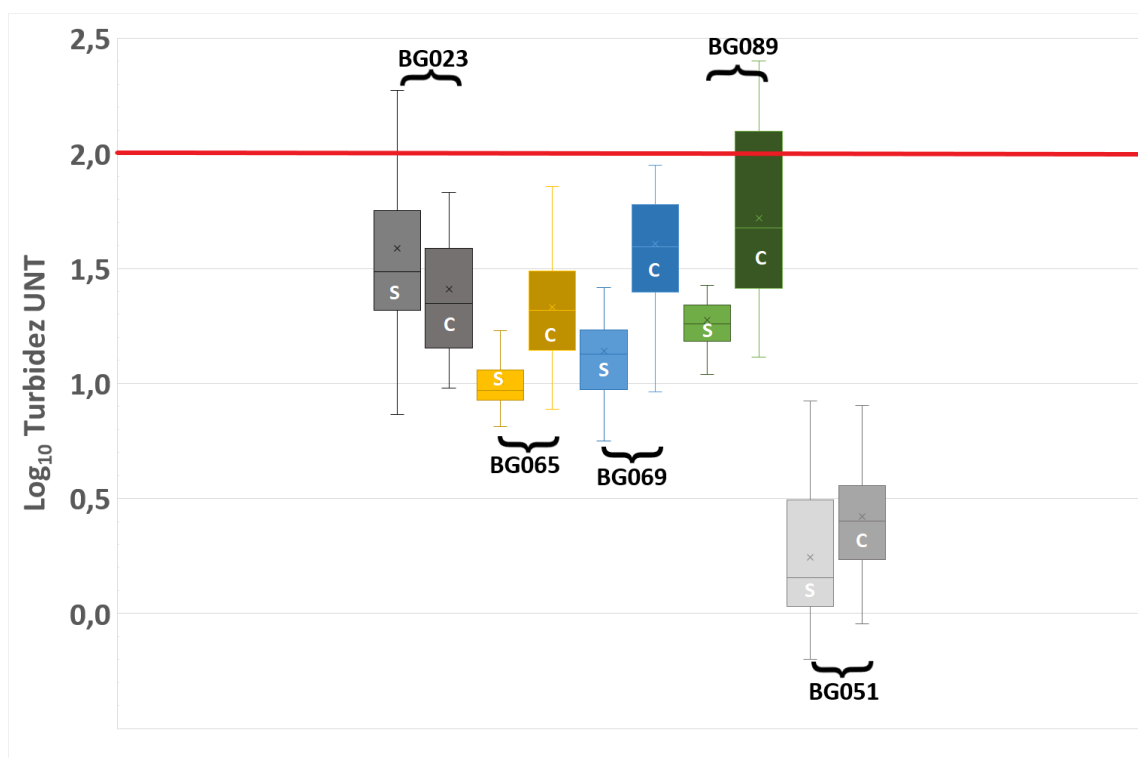
Deste modo, ao adotar-se (Gráfico 3) como referência o valor de 10 UNT proposto por Lopes (2012), a BG023 – Rio Formiga teria 95,4% em inconformidade, seguida pela BG089 – Rio Muzambinho com 95,3%, da BG069 – Rio Machado com 76,8% e BG065 – Ribeirão São Pedro com 65,2%. Na estação a jusante do barramento (BG051) apenas um dado (4,76%) ficou um pouco acima, 14,9 UNT. O restante dos valores nessa estação estão abaixo dos 10 UNT, isso pode ser devido ao processo de sedimentação, inerente a ambientes lânticos. O menor valor para esse parâmetro foi 0,63 UNT encontrado na estação BG051, o maior foi 275 UNT na BG023 – Rio Formiga.

Os picos de turbidez encontrados na estação BG023 – Rio Formiga e nas demais estações podem ser atribuídos à presença de matéria orgânica associada ao despejo de esgotos sanitários e ao processo de lixiviação advindo de manejo incorreto do solo e da criação de animais. O predomínio da pastagem e agricultura nas bacias contribui para maior aporte de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para a água, o que pode provocar elevação na turbidez. Esta pode estar relacionada ao aporte de efluentes, à erosão e a patógenos, que podem se adsorver e proliferar entre os sólidos em suspensão (WHO, 2016).

No Gráfico 4, observa-se que o comportamento geral da turbidez na estação seca se encontra abaixo do limite de 100 UNT ($\text{Log}_{10} = 1,6$). Apenas na estação BG023 isso foi diferente. Nessa estação, no período seco 19% dos seus dados foram superiores ao limite e na chuva apenas 4,7%. A turbidez pode ter apresentado um valor elevado durante o período seco devido principalmente à atuação de fontes de origem orgânica (OLIVEIRA, 2012; Lopes et al., 2020), como esgotos domésticos e industriais. Além disso, a diminuição do volume de água na estação seca diminui o poder de diluição dos esgotos pelos corpos

hídricos. Um outro diferencial dessa bacia ter esse pico, pode ser a proximidade de sua sede com a estação de monitoramento.

Gráfico 4: Distribuição sazonal de turbidez nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e jusante (BG051) de 2008 a 2018. Onde: Linha vermelha é o limite de 100 NTU, referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005; S = estação seca; C = estação chuvosa.



Na época seca da estação BG065 – Ribeirão São Pedro, 100% dos valores estiveram abaixo do valor limite estipulado pela legislação, sendo que na estação chuvosa apenas 4,5% extrapolaram os 100UNT. Na estação BG069 – Rio Machado, apenas na época chuvosa houve violação, sendo que 4,7% dos dados estão acima do estipulado. Na estação BG089 – Rio Muzambinho, foram encontrados 28,5% dos dados acima da legislação e todos na estação chuvosa. Isso ocorre principalmente devido ao maior escoamento nas épocas de chuva, que levam mais sedimentos para o lago e, que conseqüentemente, aumentam a turbidez.

A elevação dos níveis de turbidez em épocas de chuva se deve ao impacto e à remoção de partículas de solos expostos pela ausência de cobertura vegetal (desmatamento), manejo do solo em atividades agropecuárias, despejo de esgotos sanitários e efluentes industriais e o transporte desses materiais por meio do escoamento superficial para os corpos hídricos (SILVA et al., 2003; VALDES et al., 2005; BUZELLI e CUNHA-SANTINO, 2013; LOPES et al., 2016).

Leite et al. (2015) analisaram a qualidade da água para atividade de contato primário no Ribeirão da Prata, em Raposos – MG, por meio dos dados das estações de monitoramento do IGAM. No referido estudo, houve registro de forte variação da turbidez, de 1,7 a 540 UNT, atribuído pelos autores à influência direta do escoamento superficial.

Os usos encontrados nas bacias de contribuição mostraram que a agropecuária e as áreas sem vegetação estão próximas aos corpos hídricos e podem afetar a qualidade da água. O despejo indiscriminado dos dejetos domésticos nos rios e córregos próximos aos municípios, conforme verificado nos planos e relatórios municipais, pode contribuir para os altos valores de turbidez.

Já no interior do lago pode haver aumento da turbidez em épocas de seca, pois o reservatório reduz seu volume de água. De acordo com Santos (2002), o rebaixamento do nível da água contribui para o aparecimento de vegetação em áreas que antes eram cobertas pela água e, quando a água retorna a seu nível normal, essa vegetação entra em decomposição e ocasiona piora na qualidade da água nas margens onde se concentram as principais atividades turísticas. Ainda segundo o autor, a exposição das margens provoca maior assoreamento que reduz o volume do reservatório, o que dificulta o acesso às águas próximas às margens pelos turistas e contribui para a degradação da qualidade da água. Segundo Engel (2002), as épocas de seca acarretam rebaixamento do nível do Lago de Furnas, que passa a funcionar em sua cota mínima (762 metros), afetando a qualidade da água.

A jusante do Lago de Furnas, a estação BG051 apresentou 100% dos seus resultados abaixo dos 100UNT em ambas as estações, sendo que a chuvosa se encontra com valores um pouco mais elevados que na seca. Considerando 10UNT propostos por Lopes (2012), na seca 100% dos dados estariam abaixo

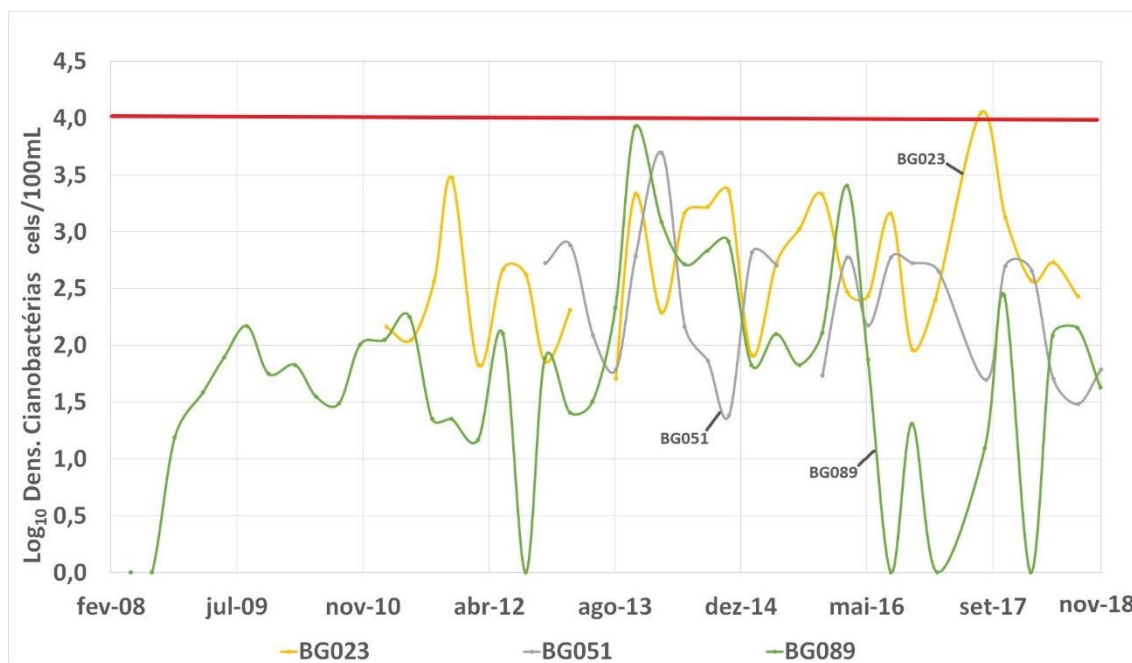
do limite e na estação chuvosa seriam 95,3% em conformidade com 10UNT. Porém, apresentar baixos valores de turbidez não elimina o risco que aquela água esteja contaminada por bactérias, entretanto, altos valores potencializam a presença de patógenos na água (DUSSART-BAPTISTA et al., 2003).

A turbidez também pode ser afetada pela densidade de cianobactérias na água. Com as florações, há possibilidade de maior bioturbidez causada por fitoplâncton e ou cianobactérias, e que conseqüentemente diminui a penetração de luz no corpo hídrico (LOPES et al., 2020).

4.2.3 - Densidade de cianobactérias

A densidade de cianobactérias variou nos pontos analisados de 0 a 11.184,68 cels/ml, sendo que esse último valor ultrapassa o limite considerado seguro conforme a DN 01/2008 de Minas Gérias que é de 10.000 cels/ml. As estações BG065 – Ribeirão São Pedro e BG069 – Rio Machado não possuem dados para densidade de cianobactérias. Cada estação teve a análise de densidade de cianobactérias iniciada em anos diferentes. A estação BG089 – Rio Muzambinho mede esse parâmetro desde 2008. Na BG023 – Rio Formiga a primeira medição foi em 2011 e na BG051 (ponto de controle) em 2012.

Gráfico 5: Evolução temporal de Densidade de cianobactérias nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para as águas no estado de Minas Gerais conforme COPAM/CERH 2008.

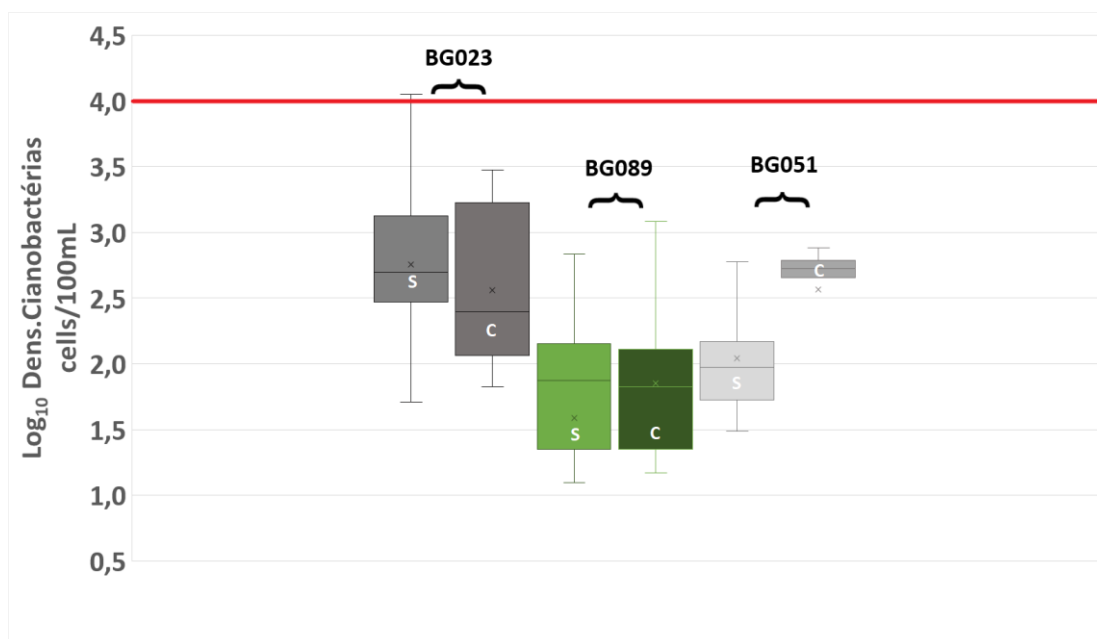


A estação BG023 – Rio Formiga apresentou apenas um dado que ultrapassou o limite estipulado, sendo esse o maior registrado 11.184,68 cels/ml em 2011. A estação BG089 – Rio Muzambinho apresentou seu valor mais alto em novembro de 2013, sendo 8.368,1 cels/ml e a estação BG051 teve como maior valor para cianobactérias 4.937,2 cels/ml em 2014.

Na análise sazonal, o maior valor encontrado na estação chuvosa para a BG023 – Rio Formiga, foi de 2.974,8 cels/ml, o qual não ultrapassou o limite (Gráfico 6). Na seca, foi registrado apenas um dado acima do limite de 10.000 cels/ml, sendo 11.184,7 cels/ml. Por ser um dado pontual, essa análise pode ter coincidido com uma época intensa floração de cianobactérias. Segundo IGAM, (2017), essa elevação da densidade de cianobactérias foi devido ao elevado lançamento de esgoto doméstico no Rio Formiga e por conta da agropecuária na região. Conforme visto anteriormente, a turbidez teve comportamento parecido nessa estação, sendo que isso pode indicar uma alteração da própria turbidez por

orgânicos do esgoto consequentes de uma menor diluição dos efluentes domésticos. O monitoramento contínuo desse parâmetro pode indicar se o pico de cianobactérias foi anômalo ou não.

Gráfico 6: Distribuição sazonal de densidade de cianobactérias nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para as águas no estado de Minas Gerais conforme COPAM/CERH 2008; S = estação seca; C = estação chuvosa.



Na estação BG089 – Rio Muzambinho, a variação foi de 0 a 8,368,1 cels/ml na estação chuvosa. Na estação seca, variou de 0 a 680,33 cels/ml, sendo que em ambas estações não houve nenhum valor que ultrapassasse o limite. A estação de monitoramento BG051 apresentou os menores valores na estação seca com 30,61 cels/ml e que teve seu pico com 149,24. Já na estação chuvosa variou de 24,3 a 4.937,2 cels/ml. Esse fenômeno de multiplicação das cianobactérias no período chuvoso pode ser explicado pelo aumento do aporte de nutrientes nos corpos hídricos, sendo isso devido ao escoamento superficial. O aporte de nutrientes como nitrogênio e fósforo, que estão presentes em diversos poluentes

como esgotos domésticos e insumos agrícolas, favorecem a proliferação fitoplanctônica nos lagos e reservatórios (SMITH, 2003).

Segundo WHO (2011), sempre que as condições nutricionais, de temperatura e de luz são favoráveis, a superfície das águas doces poderá ter o aumento na quantidade de cianobactérias. Com os despejos de esgotos *in natura* feitos nas bacias de contribuição do Lago de Furnas – vistos anteriormente pelos Planos de Saneamento – podem ocasionar cada vez mais o aparecimento desses organismos na represa e afetar a qualidade da água e da saúde humana.

As cianobactérias conseguem se proliferar rapidamente e as condições favoráveis para que isso aconteça são as temperaturas médias acima de 25°C, pH do meio, em média 7,5, exposição à radiação solar e, principalmente, a presença abundante de nitrogênio e fósforo (RIBEIRO, 2007). Esses organismos têm a capacidade de liberar toxinas (cianotoxinas) que podem ser prejudiciais à saúde humana (CHORUS e BARTRAM, 1999; WHO, 2016).

A exposição do homem as cianotoxinas, seja por ingestão, inalação e/ou contato com a pele pode colocar em risco sua saúde (CARMICHAEL et al., 1996; CARMICHAEL et al., 2001). As toxinas podem produzir uma série de efeitos adversos à saúde, desde irritações na pele a distúrbios estomacais e até mesmo a morte (CODD et al., 2005).

Conforme estudos apresentados por Annadotter et al. (2001), na Suécia, um reservatório de abastecimento de água, da cidade de Scania, teve uma floração de *Planktothrix agardii*, que causou uma crise de gastroenterite na cidade, afetando 121 pessoas. Na Austrália, o reservatório de abastecimento de água da cidade de Armidalde teve uma floração muito intensa e as autoridades decidiram intervir e tratar o reservatório com sulfato de cobre durante três semanas, que foi eficaz para a eliminação das cianobactérias. Em contrapartida, conforme um estudo epidemiológico local e com a extinção da floração apareceram inúmeros casos de lesões no fígado, que muito provavelmente foram por conta do tratamento adotado (KUIPERGOODMAN et al., 1999).

No Brasil, o reservatório de abastecimento Itaparica-Bahia, no início de seu enchimento, teve uma intensa proliferação de cianobactérias. As toxinas liberadas por esses seres, foram considerados causadores mais prováveis da

morte, por gastroenterite em 88 pessoas, em sua maioria crianças (TEIXERA et al., 1993).

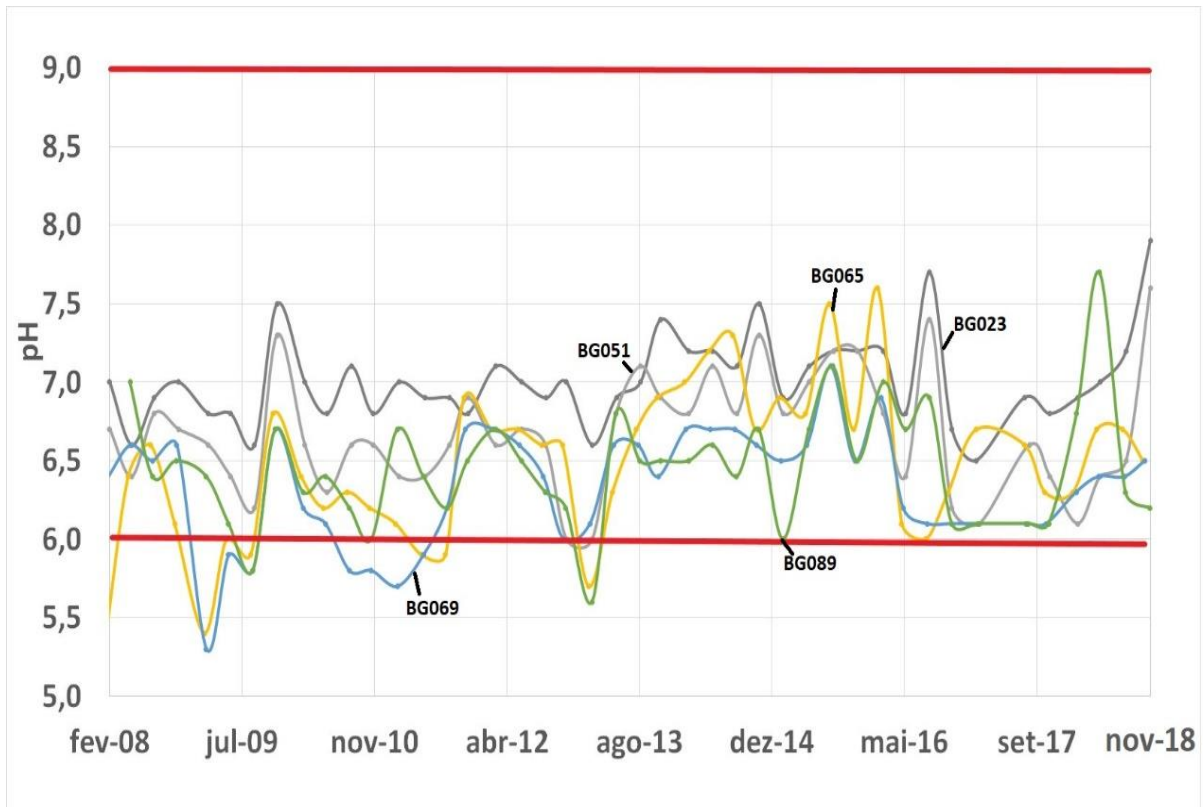
Entretanto, o primeiro caso confirmado de mortes por hepatotoxinas por cianobactérias, confirmado no mundo foi no Brasil (Caruaru – Pernambuco), no ano de 1996. Nesse caso, 131 pacientes que faziam tratamento renal receberam hemodiálise com água contaminada por causa das toxinas de cianobactérias do gênero *Aphanizomenon*, *Oscillatoria* e *Spirulina*. Vieram a óbito 76 pacientes por conta da presença da cianotoxina *microcistina*-LR na água, que vinha de um reservatório de abastecimento da cidade (CARMICHAEL et al., 2001; AZEVEDO et al., 2002).

4.2.4 - Potencial hidrogeniônico - pH

O pH, de acordo com a Resolução CONAMA 274/2000, deve estar entre 6 e 9 para atividades de contato primário. Valores fora dessa faixa podem causar irritação nos olhos, na pele e nas mucosas (WHO, 2003).

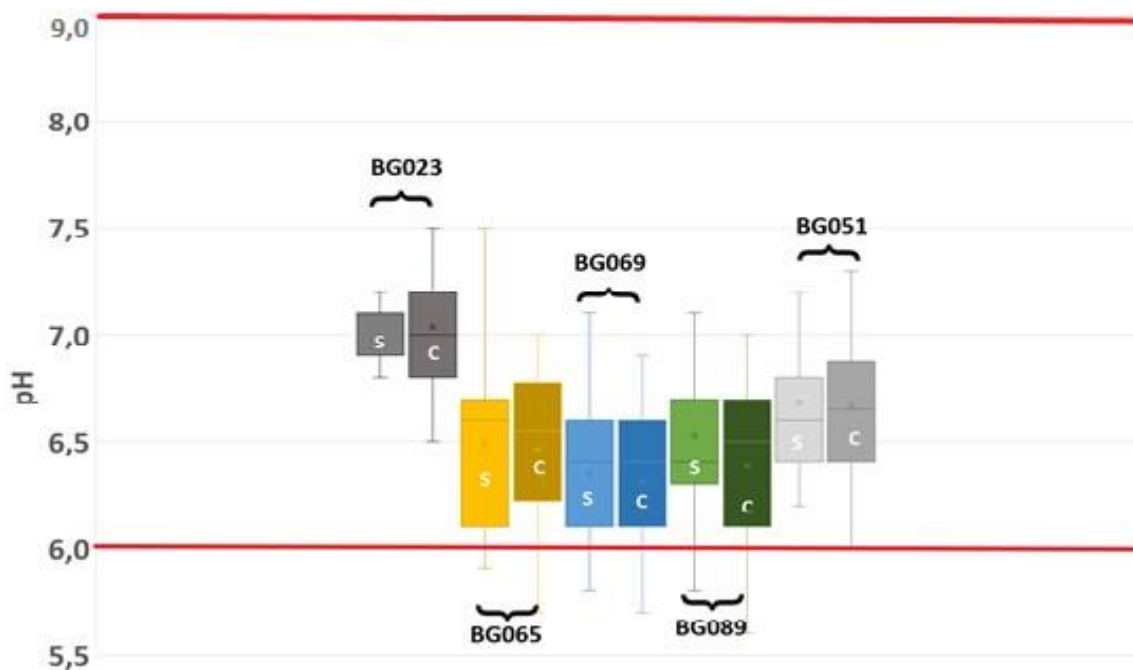
No caso da estação BG023 – Rio Formiga, 100% dos resultados estiveram em conformidade aos limites estabelecidos ($6 < \text{pH} < 9$), com variação entre 6,5 a 7,9. Na estação BG065 – Ribeirão São Pedro, os valores encontrados estão entre 5,4 a 7,6, sendo que 13,9% dos dados estão abaixo de 6, assim como nas estações BG069 – Rio Machado com valores entre 5,3 a 7,1, sendo que 16,3% não estão em conformidade com o estipulado. Na BG089 – Rio Muzambinho, os valores encontrados vão de 5,6 a 7,7 e os valores abaixo de 6 representam 4,7% dos dados. A estação BG051 não apresentou nenhum dado em inconformidade, sendo que os dados se encontram entre 6 a 7,6.

Gráfico 7: Evolução temporal de pH nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil (entre 6 e 9), segundo a Resolução CONAMA 274/2000.



Na análise sazonal, os valores abaixo de 6 encontrados nas estações BG065- Ribeirão São Pedro, BG069 – Rio Machado e BG089 – Rio Muzambinho foram na estação chuvosa. Isso pode indicar uma elevação no aporte de matéria orgânica para os corpos hídricos por meio de escoamento e esgotos jogados diretamente no rio, indicado no uso e cobertura e planos de saneamento nas bacias. Conforme Oliveira e Silva (2014), o pH pode representar as características naturais do ambiente, mas pode ser alterado por meio da entrada de resíduos, como esgotos domésticos e industriais que podem afetar a fisiologia de algumas espécies aquáticas.

Gráfico 8: Distribuição sazonal de pH nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil (entre 6 e 9), segundo Resolução CONAMA 274/2000; S = estação seca; C = estação chuvosa.



Uma outra explicação para a redução do pH, em época de chuva, é a possível poluição por ureia e compostos químicos originados das áreas de pecuária e agricultura, por meio dos defensivos agrícolas e fertilizantes (MORAIS e SILVA, 2012). Alguns outros fatores também podem atuar em conjunto, como a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e atividade fotossintética, dentre outros (VON SPERLING, 2005).

Os resultados encontrados na BG065 – Ribeirão São Pedro, BG069 – Rio Machado e BG089 – Rio Muzambinho foram semelhantes aos encontrados por Campos e Cunha (2015), ao estudar as condições de balneabilidade do balneário Fazendinha Macapá – AP em comparação com outros balneários próximos. No estudo, eles apresentaram os parâmetros *E. coli*, que se manteve em boas condições para todos, e pH que apresentou valores abaixo do permitido pela legislação, sendo 4,4 no balneário de Curiaú, 5,82 em Perpétuo Socorro,

5,89 em Santa Inês e 5,5 em Ariri. Os autores apontam que em alguns desses balneários, como no caso de Perpétuo Socorro, a alteração pode ser devido ao esgoto que é lançado diretamente no Rio Amazonas.

Em sistemas hídricos, altos valores de pH podem estar associados à proliferação de algas e aos processos de eutrofização, já que o maior número de plantas causa aumento da fotossíntese, elevando o consumo de gás carbônico e, portanto, diminuindo o teor de ácido carbônico da água (CHORUS e BARTRAM, 1999).

Conforme apresentado pelos trabalhos de Lopes (2007) e Silva et al. (2019), além dos dejetos lançados pelo homem, as condições naturais também de pH influenciam na qualidade das águas (IQA). Isso ocorre possivelmente por conta de uma grande concentração de matéria orgânica vegetal que tem como origem a vegetação ciliar e os fragmentos florestais, pois a matéria orgânica em decomposição na água faz com que reduza o valor do pH (ESTEVES, 1998).

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pressões ambientais dos usos e cobertura do solo, associados à forte tradição na criação de animais e nos cultivos agrícolas nas bacias de contribuição estudadas, refletem, de forma negativa, na qualidade da água dos cursos d'água locais. Com isso, observou-se que entre os parâmetros analisados, a *E.coli* foi o que mais se destacou negativamente, sendo este, um indicador fundamental de contaminação fecal, e conseqüentemente, organismos patogênicos associados.

Além disso, apesar de ser um instrumento previsto pelas diretrizes nacionais para o saneamento básico desde 2007, muitos municípios não possuem planos municipais de saneamento ou demonstram em seus planos que não fazem a devida coleta e tratamento de seus esgotos. Sendo estes, em inúmeros casos, lançados *in natura* diretamente nos corpos hídricos, o que contribui para a redução da qualidade das águas.

Apesar da importância social e econômica do uso recreacional das águas no Brasil, a mesma atenção e peso não é dada ao monitoramento, especialmente em águas doces. No contexto do Lago de Furnas, que é atualmente uma região com grande potencial turístico voltado para atividades recreacionais, a ausência de um programa de monitoramento específico, pode expor os banhistas aos riscos associados ao contato com águas impróprias para o uso recreacional, uma vez que a qualidade das águas analisadas que chegam em Furnas não é adequada ao uso.

Entretanto, conforme evidenciado no trabalho, a estação a jusante do represamento apresenta melhores resultados por conta da sedimentação, diluição e decaimento microbiano, indicando possivelmente, melhores condições das águas do próprio lago. Deste modo, o ideal seria identificar os principais pontos com maior demanda de uso para banho. Após a identificação e o mapeamento desses pontos, começar análises periódicas da qualidade da água, principalmente em épocas de maior demanda, como verão e feriados. Sobretudo, fazer a divulgação da qualidade da água para os usuários e a

sinalização dos pontos em inconformidade in loco, bem como em plataformas digitais (*website*).

Além de ser imprescindível o monitoramento específico de balneabilidade, também se verificou a necessidade da articulação de planos diretores, planos municipais de saneamento, comitês de bacia e investimentos. O comprometimento dos municípios, dentro de uma gestão integrada de bacia, poderá contribuir para significativa melhoria na qualidade das águas que chegam no Lago de Furnas. Isso possibilitaria um maior dinamismo da economia local e regional, em função do maior afluxo turístico e atração de investimentos.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (BRASIL). **Cadernos de recursos hídricos: turismo e o lazer e sua interface com o setor de recursos hídricos.** Brasília, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos.** Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos. **Volume 6.** Agência Nacional de Águas. – Brasília, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (BRASIL). **Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal.** Atlas esgoto. Disponível em < <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>; 2017.

ALAGO-PDRH FURNAS - **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas:** Relatório Parcial 1: Diagnóstico da Bacia Hidrográfica. Alfenas: Alago, 2013.

ANNADOTER, H.; CRONBERG, G.; LAWTON, L.; HANSSON, H. B.; GÖTHE, U.; SKULBERG, O. An extensive outbreak of gastroenteritis associated with the toxic cyanobacterium *Planktothrix agardii* (Oscillatoriales, Cyanophyceae) in Scania, South Sweden. In: CHORUS, I. (Ed.). **Cyanotoxins: occurrence, causes, consequences.** Berlin: Springer, 2001. p. 200-208.

ARAÚJO, T.; LOPES, F.A; TEIXEIRA, C.P. Incidência de doenças diarreicas na bacia do rio doce e possíveis relações com infraestrutura de saneamento e o rompimento da barragem de fundão - Mariana/MG. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 32, p. 95-111, 1 nov. 2019.

ARCHELA, E., CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O.N.F; ARCHELA, R.S., Considerações sobre a Geração de Efluentes Líquidos em Centros Urbanos, *Geografia*, vol.12, no 1, jan/jun.2003.

ASSIS, E.; LOPES, F.W.A. Avaliação da qualidade das águas na bacia do Ribeirão das Araras, Córrego Danta (MG). **Caminhos de Geografia**, 18(63), p.133-152, 2017.

AZEVEDO, S. M.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru, Brazil. **Toxicology**, v. 181-182, p. 441-446, 2002.

BARBIERI, A.F. *et al.* Atividades antrópicas e impactos ambientais. In: PAULA, J.A (Org.). **Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica.** Belo Horizonte. p. 273-343.1997.

BENETTI, A.; BIDONE. F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 849-876.

BOLLMANN, H. A. Avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas urbanas. In: ANDREOLI, C. V. (Ed.). **Mananciais de Abastecimento: planejamento e gestão**. Estudo de Caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2003. p. 269-315.

BORBA, R.P.; FIGUEIREDO, B.R.; CAVALCANTI, J.A. Arsênio na água subterrânea de Ouro Preto e Mariana. **Revista Escola de Minas**, 57(1): 45-51, 2004.

BRAGA, B; HESPANHOL I; CONEJO J.G.L; BARROS, M.T; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. **Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Brasília: [Senado Federal], 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 274/2000**. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras - Data da legislação: 29/11/2000 - Publicação DOU nº 018, de 08/01/2001, págs. 70-71.

BRASIL, Diário Oficial da União (D.O.U.). **Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Código de Águas. In VIEIRA, Jair Lott. Código de Águas - Decreto Nº 24.643 de 10.7.1932 / Agência Nacional de Águas - Lei nº 9.984. Bauru, SP: EDIPRO, 3ª Ed. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de águas – ANA. **O turismo e o lazer e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2005 (Caderno de Recursos Hídricos).

BROOKES, J. D. et al. Fate and transport of pathogens in lakes and reservoirs. **Environment International**, 30(5), p. 741-759, 2004.

BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental pollution**, v.130, n2, p 287-299, 2004.

BURNS, G.L.; HARALDSDÓTTIR, L. Hydropower and tourism in Iceland: Visitor and operator perspectives on preferred use of natural areas. **J. Outdoor Recreat. Tour**. 2018.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CAMPOS, J. S.; CUNHA, H. F. A. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em fazendinha, macapá-ap. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 110-118, dez. 2015.

CARMICHAEL, W.W. Toxic Microcystis and the environment. In: WATANABE, HARADA, K.I., CARMICHAEL, W.W. AND FUJIKI, H. **Toxic Microcystis**. CRC Press, Boca Raton, 1996. p.1-11.

CARMICHAEL W. W., AZEVEDO S. M., AN J. S., MOLICA R. J., JOCHIMSEN E. M., LAU S., RINEHART K. L., SHAW G. R., EAGLESHAM G. K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, 109(7), p. 663-668, 2001.

CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y.; TOBIAS-JUNIOR, R.; CAMPOS, I C.; CAMO, F.F.; SILVINO, G; CASTRO, K.J.S.X.; MAURO, M.L.; RODRIGUES, N. U. A.; MIRANDA, M.P.S.; PINTO, C. E.F. Fundação tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, p. 145-151, 2017.

CARVALHO, L.M.T & SCOLFORO, J.R.S. **Inventário Florestal de Minas Gerais.: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007**. Lavras: Editora UFLA, 357p:il., 2008.

CARVALHO, A.R; SCHILITTER, F.H.M; TORNOSIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, V.23, n.5. p 618-622. 2000.

CENSO AGROPECUÁRIO IBGE (2017). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring e management**. London: WHO, 1999. 400p.

CODD, G. A., MORRISON, L. F., & METCALF, J. S. (2005). Cyanobacterial toxins: Risk management for health protection. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 203(3), 264–272.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo**. 2019. São Paulo: CETESB, p.212. 2019.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM E CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CERH. **Deliberação Normativa Conjunta no 01 de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos d'água. Diário do Executivo - Minas Gerais- 2008. 28p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. (2000). Resolução 274 de 29 de novembro de 2000. **Estabelece condições de balneabilidade das águas brasileiras**. Brasília.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2005). Resolução 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos d'água**. Brasília. CRAUN, G.F., CALDERON, R.L.,

CRAUN, M.F. Outbreaks associated with recreational water in the United States. *International Journal of Environmental Health Research* 15(4): 243-262, 2005.

DAVIES-COLLEY, R., VALOIS, A., & MILNE, J. Faecal contamination and visual clarity in New Zealand rivers: Correlation of key variables affecting swimming suitability. *Journal of Water and Health*, 16(3), 329–339.2018.

DUFOUR, A. P. **Health effects criteria for fresh recreational waters**. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH. EPA 600/1-84-004. 1984.

DUSSART-BAPTISTA, L.; MASSEIA; N. DUPONT, J.-P.; JOUENNE, T. Transfer of bacteria contaminated particles in a karst aquifer: evolution of contaminated materials from a sinkhole to a spring. *Journal of Hydrology*. 284, 2003, p. 285–295.

ENGEL, E. **Conflitos De Uso Das Águas De Furnas**. O Estado das Águas no Brasil, pág.107 a 109. 2002.

ESCOBAR, H., Mud tsunami wreaks ecological havoc in Brazil. *Science* 350, 2015, p.1138–1139.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência,1998. 602p.

FEWTREL, L., KAY, D. Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Curr Envir Health Rpt*, 2, p. 85–94, 2015.

FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ambientes aquáticos. *Química nova na escola*, n. 22, p. 10-16, 2005.

FUNDAÇÃO DE PESQUISA E ASSESSORAMENTO À INDÚSTRIA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas: Relatório Parcial 1 – Diagnóstico da Bacia Hidrográfica Unidade de Gestão GD3. Alfenas, 2013.

FURNAS, Centrais Elétricas S/A. **Revista Furnas**; Edição Especial 50 anos de Furnas, Ano XXXIII, n.337. Editor e coordenador de conteúdo Eduardo Franklin Correia. Rio de Janeiro, fevereiro, 2007.

FURNAS, Centrais Elétricas S/A. Geração. Disponível em <<https://www.furnas.com.br/geracao/?culture=pt>> Acesso em: 19/12/2019.

GODOY, M. J; ARAUJO SOBRINHO, F. L. Os usos múltiplos das águas do lago reservatório de Furnas, Minas Gerais: turismo, geração de energia elétrica e conflitos. **Revista Cenário**, v. 5, p. 128-147, 2017.

GOUDIE, A.S. **Human Impact on the environment**: past, present and future. 8ed. St. Cross College and the school of geography and the environment, University of Oxford.p.458. 2018.

HARWOOD, V.J., STALEY, C., BADGLEY, B.D., BORGES, K., KORAJKIC, A. Microbial source tracking markers for detection of fecal contamination in

environmental waters: relationships between pathogens and human health outcomes. **FEMS Microbiol. Rev.** 38 (1), 1–40, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE) – Censo demográfico de 2010. 2011. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: Dezembro de 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais - **Relatório Trimestral** - 3º Trimestre de 2017. Belo Horizonte: IGAM, 2017.

JUAREZ, M. M.; RAJAL, V. B. Parasitosis intestinales en Argentina: principales agentes causales encontrados en la población y en el ambiente. **Revista Argentina de Microbiología** v. 45, n. 3, p. 191-204, 2013.

JULIAN, J. P., DE BEURS, K. M., OWSLEY, B., DAVIES-COLLEY, R. J., AUSSEIL, A.-G. E. River water quality changes in New Zealand over 26 years: response to land use intensity, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 21, 1149-1171, 2017.

KOOP, S. H. A., & VAN LEEUWEN, C. J. The challenges of water, waste and climate change in cities. **Environment, Development and Sustainability**, 19, 385–418. 2017.

KUIPERGOODMAN, T.; FALCONER, I.; FITZGERALD, J. Human health aspects. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.). **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health, consequences, monitoring and management**. London: World Health Organization, 1999. p. 115-153.

LANNA, A.E. Recursos Hídricos. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Curso introdução à gestão de recursos hídricos**. Brasília, 1997.

LANNA, A.E. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 727-768.

LEGETT, C.G & BOCKSTAEL, N.E. 2000. Evidence of the effects of water quality on residential land prices. **Journal of Environmental Economics and Management** 39, 121–144.

LEITE, A. C. C.; MAGALHÃES JÚNIOR, H.; LOPES, F. W. A. Avaliação da qualidade das águas para o uso recreacional na bacia do Ribeirão da Prata por meio do Índice de Condições de Balneabilidade – ICB. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Brasília, novembro de 2015.

LEMOIS JÚNIOR, C. B. **A Implantação da Usina Hidrelétrica de Furnas e suas Repercussões**: Estudo sobre a Territorialização de Políticas Públicas. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, UNICAMP, Campinas, 2010.

LOPES, F.W.A.; MACEDO, D.R.; MEDEIROS, I.H.; UMBELINO, G.J.; MAGALHÃES JR, A.P. Bacias hidrográficas como unidade de análise dos

processos de urbanização desordenados. O caso da bacia do Córrego do Nado - Belo Horizonte/MG. **Geo Uerj**, n. especial, p.1985-2002, 2003.

LOPES, F.W.A. **Avaliação da qualidade da água e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007. 97p.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; PEREIRA, J.A.A. Avaliação da Qualidade das Águas e Condições de Balneabilidade na Bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 111-120, 2008.

LOPES, F.W.A.; MAGALHAES JR, A.P. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas – MG. **Hygeia**. v.11, n. 6, p.133 – 150,2010.

LOPES, F. W. A. **Proposta metodológica para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil**. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

LOPES, F. W. A, MAGALHÃES JR, A. P., & VON SPERLING, E. Balneabilidade em águas doces no Brasil: riscos à saúde, limitações metodológicas e operacionais. *Hygeia: Revista Brasileira De Geografia Médica E Da Saúde*, 9(16), 28–47. 2013. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2656495>.

LOPES, F. W. A.; MAGALHAES JUNIOR, A. P.; SPERLING, E. V. Metodologia para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, pp. 124-136.2014.

LOPES F.W.A., DAVIES-COLLEY R.J., VON SPERLING E., MAGALHÃES JUNIOR., A.P. A water quality index for Brazilian freshwaters. **Journal of Water and Health**, n.14, v.2,243-254, 2016.

LOPES, F. W. A.; PIAZI, J.; SILVEIRA, J, S.; LEITE, A. C. C.; LOPES, N. I. A.; DAVIES-COLLEY, R. J. Suitability of Brazilian freshwaters for contact recreation. Assessment by a water quality index. In: **50th New Zealand Freshwater Science Society Conference**, Nelson, 2018.

LOPES, F. W. A; DAVIES-COLLEY, R; VALOIS, A; MILNE, J; STOTT, R. Should we swim here? An indexing approach for contact recreation on the Hutt River, Wellington. In: **50th New Zealand Freshwater Science Society Conference**, Nelson, 2018. p.143 – 177.

LOPES, F. A. et al. Challenges for contact recreation in a tropical urban lake: Assessment by a water quality index. **Environment, Development and Sustainability**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00430-4>

MAGALHÃES JÚNIOR, H. **Relações entre o uso e cobertura do solo e qualidade das águas na bacia do rio Jequitinhonha em Minas Gerais como subsídio à gestão dos recursos hídricos superficiais** 78p. (Dissertação em

Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

MARTINS, L.K.A. **Contribuições para o monitoramento de balneabilidade em águas doces no Brasil**. 122p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

MATSCHULLAT, J.; BORBA, R.P.; DESCHAMPS, E.; FIGUEIREDO, B. R.; GABRIO, T.; SCHWENK, M. Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. **Applied Geochemistry**, V.5, n.2, 2000 p.181-190.

MENDONÇA, M. J. C. de; MOTTA, R. S. Saúde e Saneamento no Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 30, jun./dez, 2007.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments - a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2.ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. p.19-39.

MINAS GERAS. **Lei Estadual de nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

MORAIS, R. C. de S. & SILVA, C. E. Diagnóstico ambiental do Balneário Curva São PauloTeresina-Pi. **Engenharia Sanitária e Ambiente**, 17, 41-50, 2012.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ed. Rio de Janeiro ABES.2000.

NAGELS, J.W.; DAVIS-COLEY, R.; SMITH, D. G. A water quality index for contact recreation in New Zealand. **Water Sci.Tec**. v.43, n.5, p 285-292, 2001.

NELSON, K. L., BOEHM, A. B., DAVIES-COLLEY, R. J., DODD, M. C., KOHN, T., LINDEN, K. G. Sunlight-mediated inactivation of health-relevant microorganisms in water: A review of mechanisms and modeling approaches. **Environmental Science: Processes & Impacts**, 20(8), 1089–1122. 2018.

NICHOLLS, S.; CROMPTON, J. A Comprehensive Review of the Evidence of the Impact of Surface Water Quality on Property Values. **Sustainability** 2018, 10, 500.

OLIVEIRA, L. N; SILVA, C.E. Qualidade da Água do Rio Poti e suas Implicações para Atividade de Lazer em Teresina-Pi. **Revista Equador (UFPI)**, Vol.3, nº1, p. 128 - 147 (jan./jun.,2014).

OLIVEIRA, N. P. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**.

2012, 100 f. Dissertação (Mestrado em engenharia sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2012.

PARZUTO, K. et al. Development of Drwęckie lake in Ostróda for tourist and recreational purposes, and its impact on the burden to the natural environment in the shoreline zone. **Pol. J. Natur. Sc.**, v. 32, n. 1, p. 105–120, 2017.

PERRY, J.; VANDERKLEIN, E. **Water quality**: management of a natural resource. USA: Blackwell Science, p. 639. 1996.

PIAZI J, LOPES FWA, AZEVEDO UR. 2018. Correlação entre qualidade das águas e outorgas superficiais no trecho alto da bacia do médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil/Water quality and granting of permits for water use in the middle course of Velhas river basin, Minas Gerais, Brazil. **Caderno de Geografia** 28 (55), 828-844.

Plano Municipal de Saneamento Básico - Alfenas – **Produto 4** – Prognósticos e alternativas para universalização dos serviços de saneamento básico. Prefeitura de Alfenas, DIEFRA, 2016.

Plano Municipal de Saneamento Básico - Boa Esperança. **Plano Municipal de saneamento básico e gestão integrada de resíduos sólidos**. Prefeitura de Boa Esperança. Julho 2018.

Plano Municipal de Saneamento Básico - Campestre. **Relatório final** - Plano de saneamento básico de Campestre. Prefeitura de Campestre 2015.

Plano Municipal de Saneamento Básico - Campos Gerais. **Relatório final** – Plano de saneamento de Campos Gerais. Prefeitura de Campos Gerais e Felco Faleiros Projetos e Consultoria em Engenharia. Maio 2014.

Plano Municipal de Saneamento Básico - Córrego Fundo. **Relatório Final Consolidado** – Plano de saneamento básico Córrego Fundo. Prefeitura de Córrego Fundo e VM Engenharia de Recursos Hídricos. Fevereiro, 2015.

Plano Municipal de Saneamento Básico – Formiga. **Volume II** – Planejamento dos serviços de saneamento básico. Prefeitura de Formiga e Premier engenharia e Consultoria. Maio 2016.

Plano Municipal de Saneamento Básico – Poço Fundo. **Relatório final** – Plano de saneamento de Poço Fundo. Prefeitura de Poço Fundo, 2016.

PRATTE-SANTOS, R.; TERRA, V. R.; AZEVEDO JR, R. R. Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais de um importante rio no sudeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 127-143, 20 dez. 2018.

PRUSS, A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. **International Journal of Epidemiology**, v. 27, p.1–9, 1998.

REIS, L. F. R; BRANDÃO, J. L.B. Impactos ambientais sobre rios e reservatórios. In: **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão** [S.l: s.n.], 2013.

RIBEIRO, E.M.; GALIZONI, F.M.; SILVESTRE, L.H.; CALIXTO, J.S.; ASSIS, T.P.; AYRES =, E.B. Agricultura familiar e programas de desenvolvimento rural no Alto Jequitinhonha. **Revista Economia Sociologia Rural**, v, 45, n 4, p.1075-1102, 2007.

RICHTER, C; AZEVEDO NETTO, J M. de. **Tratamento de Água. Tecnologia Atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia do rio Corumbataí, SP**. 1996. 199f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SANTOS, A. A. M. **Administrando Conflitos – O caso do lago de Furnas, O Estado das Águas no Brasil**, pág.411 a 417, 2002.

SANTOS D. E. dos; SOUZA A. A. Z. de; GIUNTI, O. D; MORAIS, M. A; SILVA, A. V. S; SANTOS, C. S; SILVA, G. J. da; RITÁ, F. S. Análise do atual sistema de esgotamento sanitário e do projeto de implantação da estação de tratamento de esgoto (ETE) na cidade de Muzambinho/MG. **Anais**. Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas.V.7, N.1. p.291. 2015.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E. E CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. pp.11-45; 83-91.

SILVA, M.do S. R. da; RIOS-VILLAMIZAR, E.A; CUNHA, H.B; MIRANDA, S. A. F; FERREIRA; S. J. F; BRINGEL; S.R.B; GOMES, N.A; PASCOALOTO, D; SILVA, L.M. A contribution to the hydrochemistry and water typology of the Amazon river and its tributaries. Uberândia, Minas Gerais. **Revista Caminhos de Geografia**, v20, n72, p.360-374, 2019.

SMITH, D.G. A new form for water quality index for rivers and streams. **Wat. Sci Tech** V.21, n. 2. p. 123-127, 1989.

SMITH, V.H. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. **Environnement Science and Pollution Research**, v.10, n.2, p.126-139, 2003.

SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento do Ministério das Cidades. **Série Histórica**. 2018. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em junho de 2019.

SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.R.; SONODA, S.L.; SANTOS, H.C.R. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.

TANURE, E.L. **Projeto Furnas Fase III – Monitoramento Metais, Resíduos Agrotóxicos e Cargas Poluidoras**. Laboratório de Pesquisas Ambientais e

Recursos Hídricos da UNIFENAS – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas – Minas Gerais. 200 p, 2003.

TEIXEIRA, M. G. L. C.; COSTA, M. C. N.; CARVALHO, V. L. P.; PEREIRA, M. S.; HAGE, E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil. **Bulletin of PAHO**, v. 27, n. 3, p. 244-253, 1993.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, 2002. p. 305-337.

TORRES, A.D.M. **Avaliação da qualidade e balneabilidade da água na barragem de Santa Cruz – Apodi/RN**. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) UFRSA- Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – Rio Grande do Norte, 2005, 90p.

TUCCI, C.E.M; HESPANHOL, I; CORDEITO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 192 p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, 2002. p. 473-506.

TUCCI, C.E. M. **Águas urbanas**. Estudos Avançado 22(63), 97-112. São Paulo, 2008.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 246 p.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Água para um mundo sustentável. Itália: WWDR, 2015.

VALDES, D.; DUPONT, J. P.; MASSEI, N.; LAIGNEL, B; RODET, J. Analysis of karst hydrodynamics through comparison of dissolved and suspended solids' transport. In: **Compter Rendus Geoscience**. v.337. pp.1365–1374, 2005.

VANZELA, L.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 1., 2010.

VON SPERLING, E. Água para saciar corpo espírito: Balneabilidade e outros usos nobres. In: **Anais...XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. ABES, Joinville, 2003.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p.

VON SPERLING, M. VON SPERLING, E. Challenges for bathing in rivers in terms of compliance with coliform standards. Case study in a large urbanized basin (das Velhas River, Brazil). **Water Science and Technology** 67 (11), 2534–2542.2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 4a edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 472 p., 2014.

WEST, A. O., NOLAN, J. M., SCOTT, J. T. Optical water quality and human perceptions: a synthesis. **WIRES Water**, 3, p.167–180, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for safe recreational water environments - coastal and fresh waters.** Geneva, Switzerland, 253p 2003.

_____. **Guidelines for drinking-water quality.** 4.ed. Geneva, Switzerland, 2011.

_____. **Protecting surface water for health. Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchmentsI.** World Health Organization, 2018, 178p.