

## **Evolução temporal e variação sazonal das condições de balneabilidade no Lago de Furnas – Minas Gerais / Brasil**

### **Temporal evolution and seasonal variation of contact recreational water quality in Lake Furnas – Minas Gerais / Brazil**

Andrea Coelho Leite

Universidade Federal de Minas – Gerais

[andreacoelhoite@gmail.com](mailto:andreacoelhoite@gmail.com)

Roberto Célio Valadão

Universidade Federal de Minas – Gerais

[valadao@geo.igc.ufmg.br](mailto:valadao@geo.igc.ufmg.br)

Frederico Azevedo Lopes

Universidade Federal de Minas – Gerais

[fredericolopes@ufmg.br](mailto:fredericolopes@ufmg.br)

Débora Couto de Assis

Universidade Federal de Minas – Gerais

[cassis.debora@gmail.com](mailto:cassis.debora@gmail.com)

#### **Resumo**

A deterioração da qualidade das águas em ambientes aquáticos recreacionais pode causar danos à saúde humana e, conseqüentemente, aumentar a pressão e gastos sobre os serviços de saúde, bem como impactar significativamente a economia local. O Lago de Furnas, localizado na região sul do estado de Minas Gerais, consiste em um dos maiores reservatórios artificiais para geração de energia hidroelétrica do país, e neste contexto, exerce considerável papel para a atratividade turística e para a dinâmica econômica regional. Deste modo, este trabalho tem como objetivo avaliar as condições de balneabilidade do Lago de Furnas, visando contribuir para a segurança e bem-estar de seus usuários, por meio da análise de dados de variáveis-chave para o uso recreacional de contato primário (*E. coli*, pH, Turbidez e Densidade de Cianobactérias), entre 2008 e 2018, nos cursos d'água contribuintes. Os usos no entorno do lago, principalmente agricultura e pecuária e o lançamento de esgoto *in natura*, alteraram, especialmente, as concentrações de *E. coli*, impactando 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, bem como a 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:** Qualidade das águas, Recreação de contato primário, Lago de Furnas.

#### **Abstract**

Water quality impairment in recreational aquatic environments may cause damage to human health and, consequently, increase pressure and expenses on health services, and 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. 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, by the analysis of water monitoring data for key variables for contact recreation (*E. coli*, pH, Turbidity and Density of Cyanobacteria), between 2008 and 2018, in the contributing rivers. Land uses around the lake, mainly agriculture, livestock and the release of raw sewage impacted, especially *E. coli* concentrations, and 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, and 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, Water contact recreation, Lake Furnas.

## **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 intensivos usos antrópicos da terra ao longo de centenas de anos sem o manejo adequado acarretaram danos negativos sobre a qualidade das águas (GIRI; QIU, 2016; JULIAN et al., 2017), inviabilizando seus múltiplos usos.

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 em águas inconformes (PRUSS, 1998; FEWTREL; KAY, 2015), demanda requisitos específicos de qualidade. No caso do Brasil, os critérios de balneabilidade são estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000 que classifica as águas doces em categorias de qualidade por meio de padrões de coliformes termotolerantes ou *Escherichia Coli*. Além deste, outros critérios tais como pH, turbidez e densidade de cianobactérias podem atribuir condições impróprias ao balneário e causar danos à saúde humana

Contudo, a classificação baseada em tais parâmetros, é pouco abrangente no que diz respeito aos riscos que o banhista está exposto quando em contato direto com a água (LOPES, 2012). Deste modo, para a classificação das águas doces recreacionais devem ser 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).

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). Assim, 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; HARALDSDÓTTIR, 2019). Neste contexto, um dos principais lagos usados para recreação no Brasil é o lago da Represa de Furnas, em Minas Gerais.

No entorno do referido lago, 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; BOCKSTAEL, 2000; NICHOLS; 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 analisar a evolução temporal e variação sazonal da qualidade das águas em relação às condições de balneabilidade do Lago de Furnas, entre os anos de 2008 e 2018, de forma a identificar possíveis inconformidades da qualidade das águas aos padrões estabelecidos para uso recreacional, e respectivos fatores de interferência.

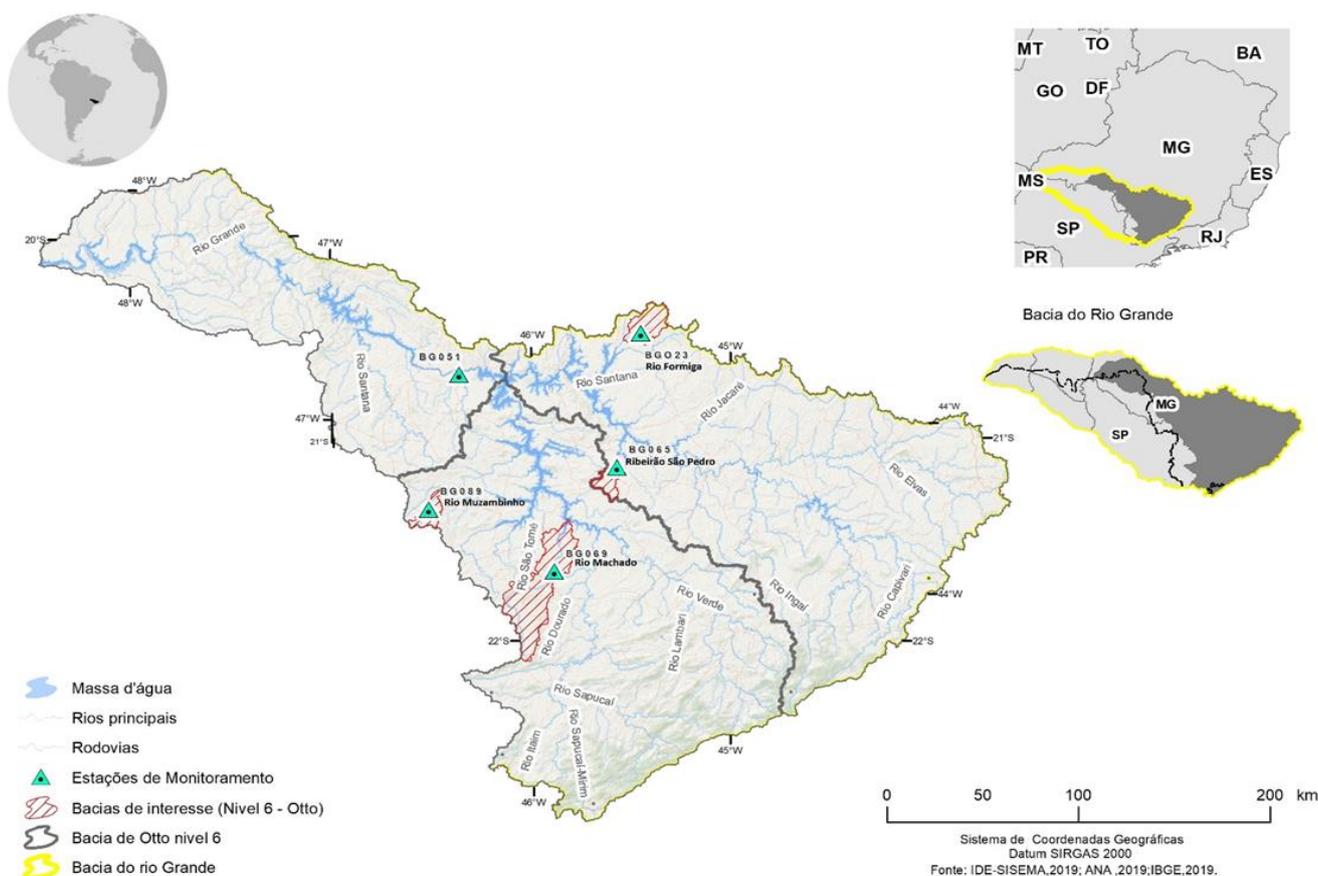
## **Material e Métodos**

### *Localização e caracterização da área de estudo*

O lago da represa de Furnas é um dos principais lagos artificiais usados para atividade de recreação de contato primário e secundário no Brasil, por conta de sua beleza cênica e atividades de lazer. O Lago de Furnas é considerado o “Mar de Minas”, sendo o maior em extensão dentro do estado de Minas Gerais (ANA, 2005). A represa de Furnas está localizada no sudoeste de Minas Gerais, a 355 km de Belo Horizonte, possuindo extensão de 1.458 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> e população aproximada de 900 mil habitantes IBGE (2010). Algumas das bacias contribuintes do lago possuem estações de monitoramento de qualidade de suas águas (Figura 1), sendo que quatro dessas estações estão a montante do lago e uma a jusante.

**Figura 1:** Localização das bacias de contribuição e estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas, em Minas Gerais (Brasil).



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. Em 1963, inaugurou-se a primeira unidade da usina e até os anos 1970 já se contava com oito turbinas em funcionamento (FURNAS, 2007). Com a produção de 1.216 Megawatts-hora (FURNAS, 2020) e, com a atividade da usina, os municípios banhados pelo lago passaram a receber uma compensação financeira da empresa administradora. Os valores dessa compensação são repassados para os municípios de acordo com o percentual de sua área alagada e por meio da quantidade de energia elétrica gerada pela usina. Entre o período de 2015 a 2018, os

valores repassados variaram entre R\$115.819,37 e R\$ 2.755.431,37, por município/ano (ANEEL, 2018). 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.

Geologicamente, a região de Furnas está inserida na borda sul do Cráton do São Francisco. O clima da região do Lago de Furnas, segundo a classificação de Köppen, corresponde ao clima Tropical (Aw) e Tropical de Altitude (Cwb). 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 de 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; SCOLFORO, 2008).

#### *Procedimentos metodológicos*

Para avaliar a qualidade da água na represa de Furnas e a respectiva condição de balneabilidade do lago, este trabalho fez uso de dados públicos 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 das que saem pelo seu vertedouro.

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). Conforme esta metodologia, 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 verificar as variações registradas para cada um dos parâmetros, os resultados encontrados foram relacionados ao uso e cobertura do solo de cada bacia contribuinte. Essa análise dos resultados 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.

## **Resultados e discussões**

### ***Uso da terra***

Percebe-se que há o predomínio de áreas de pastagem em todas as 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) –, o que mostra que é preponderante a destinação de espaços à criação de animais para corte e produção de leite (Tabela 1). O segundo destaque é o mosaico agricultura e pastagem, de tal modo que o MapBiomas não diferencia ambas as 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 o mosaico agricultura e pastagem (31,8%).

**Tabela 1.** Porcentagem dos usos e coberturas da terra nas bacias de contribuição do Lago de Furnas.

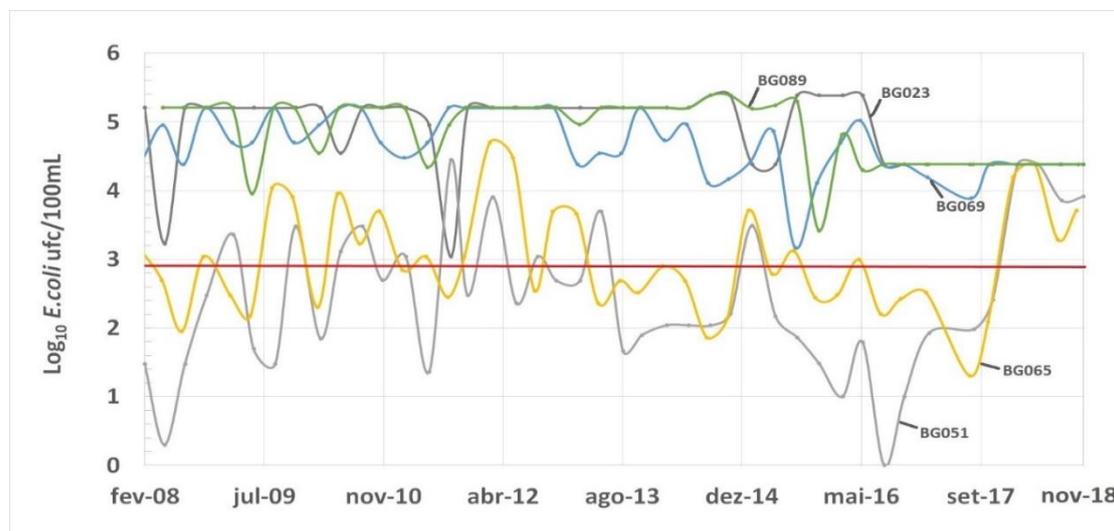
Uso e cobertura da terra	Bacias contribuintes			
	Rio Formiga	Rio São Pedro	Rio Machado	Rio Muzambinho
Formação Florestal	11,81%	8,7%	9,71%	5,25%
Formação savânica	1%	0,26%	0	0
Floresta plantada	11,2%	4,35%	1,62%	0,62%
Formação campestre	0,21%	0,46%	0	0
Pastagem	46,58%	44,99%	53,71%	64,59%
Agricultura	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	0,10%	0,09%	1,16%	0,06%

A formação florestal tem maior extensão na bacia do Rio Formiga (11,81%), onde a extensão de Formação Savânica é de 1% e a 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 são registrados os maiores valores para a área de lagos e rios, com 1,16%, e afloramento rochoso, 0,28%.

### **Qualidade de água**

Os resultados das análises de *E. coli* nas estações BG023 (Rio Formiga), BG069 (Ribeirão São Pedro) e BG089 (Rio Muzambinho) excederam em 100% das amostragens realizadas pelo IGAM (Gráfico 1) o limite estabelecido para atividades de contato primário (800 ufc/100mL). Ao longo dos anos analisados (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 estação BG065 (Ribeirão São Pedro) apresentou os melhores resultados para *E. coli* dentro 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 ( $\text{Log}_{10} = 2,9$ ). Esta bacia apresenta 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 da terra, como criação de animais e lançamento de esgoto *in natura*, em suas respectivas áreas de drenagem.

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. 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; LOPES, 2017), uma vez que essa bactéria é encontrada em fezes de animais de sangue quente. Entre as bacias analisadas, a bacia do Rio Machado (BG069) é a que tem maior criação de animais, seguida das bacias dos rios 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 JÚNIOR et al., 2019).

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; RAJAL, 2013).

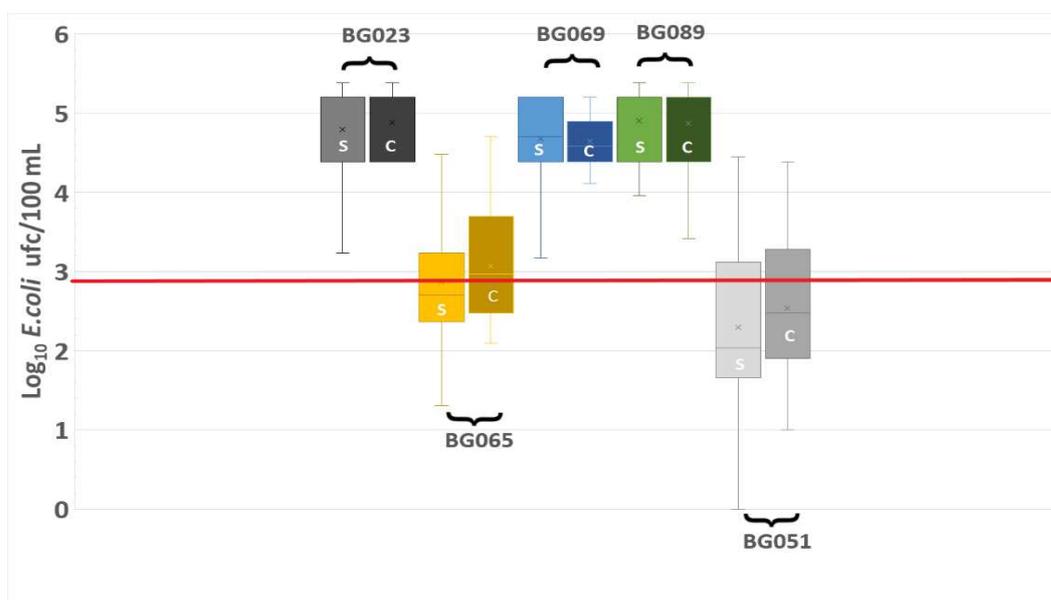
Na análise sazonal (Gráfico 2), verificou-se que as estações BG023 (Rio Formiga), BG069 (Ribeirão São Pedro) e BG089 (Rio Muzambinho) apresentam 100% dos seus resultados acima do limite determinado pela CONAMA 274/2000, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Neste período, nas estações BG065 e BG051, as concentrações médias de *E. coli* foram relativamente superiores, indicando possível influência da poluição difusa nas respectivas áreas de drenagem.

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 estação 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 localizadas 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* em ambientes de interesse recreacional (LOPES et al., 2008, 2020; VON SPERLING; VON SPERLING,

2013; LEITE et al., 2015). Além disto, 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), o que pode causar severos sintomas de dores abdominais, vômito e diarreia (WHO, 2016).

**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.



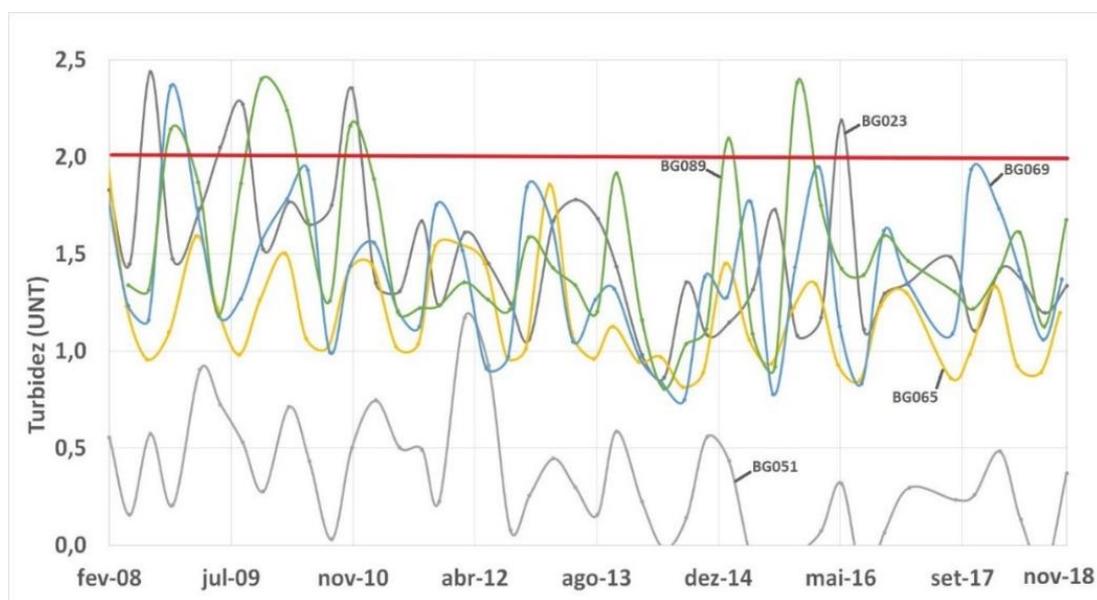
Considerando o limite como 100 UNT, referente à classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, a estação BG089 (Rio Muzambinho) teve 14,2% dos seus dados acima do limite, seguida da BG023 (Rio Formiga), com 11,6%, e das estações BG065 (Ribeirão São Pedro) e BG069 (Rio Machado), que tiveram 2,3% em inconformidade.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

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 esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (WEST et al., 2016; LOPES

et al., 2016). 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 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 (2012), propõe, como valor de segurança, o valor de 10 UNT. Deste modo, ao adotar-se como referência o valor de 10 UNT proposto pelo referido autor, 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), 4,76% dos resultados estiveram acima de 14,9 UNT. O restante dos valores nessa estação está abaixo dos 10 UNT, o que 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 (Gráfico 3).

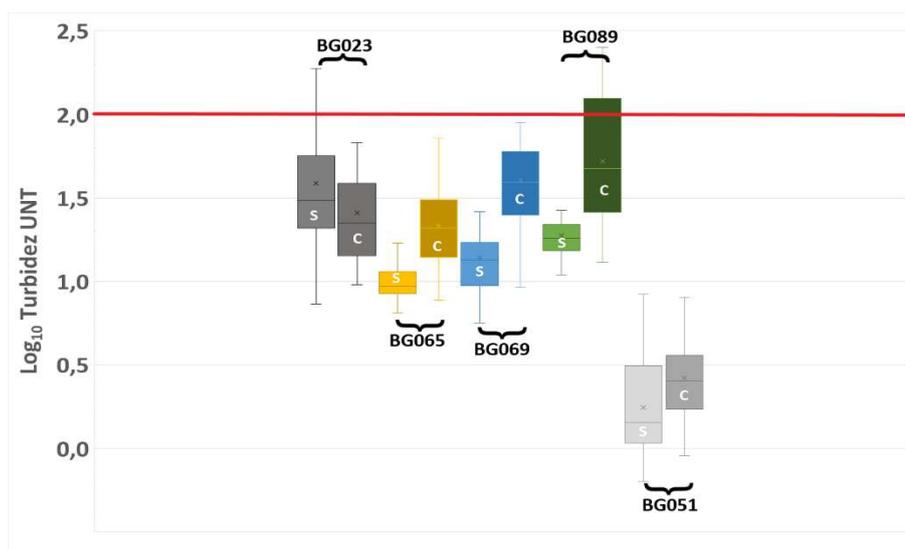
**Gráfico 3:** Evolução temporal de turbidez nas estações de monitoramento no entorno do Lago de Furnas e a jusante (BG051), no período de 2008 a 2018. Onde: a linha vermelha representa o limite de 100 UNT ( $\text{Log}_{10} = 1,6$ ), referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005.



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 3 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. A diminuição do volume de água na estação seca reduz a capacidade de diluição dos esgotos pelos corpos hídricos. Um outro diferencial para essa bacia ter esse pico pode ser a proximidade de sua sede municipal 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 UNT, referente à classe 2, conforme Resolução CONAMA 357/2005; S = estação seca; C = estação chuvosa.



Na época seca, na 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 100 UNT. 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 leva mais sedimentos para o lago e, que conseqüentemente, aumenta a turbidez.

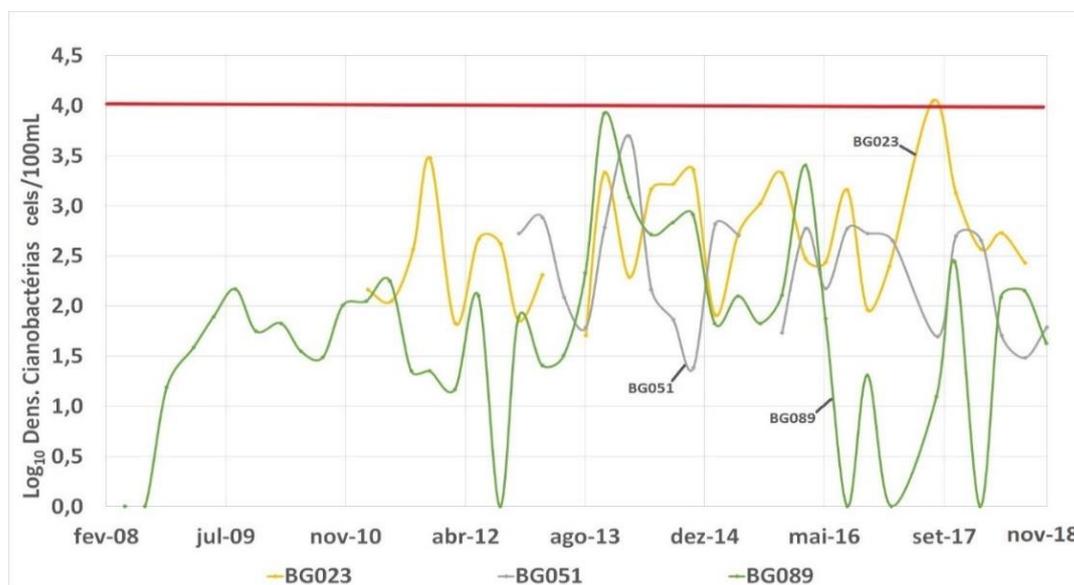
A elevação dos níveis de turbidez em épocas de chuva se deve ao impacto e à remoção de partículas de solos expostos pela ausência de cobertura vegetal (desmatamento), manejo do solo em atividades agropecuárias, despejo de esgotos sanitários e efluentes industriais e o transporte desses materiais por meio do escoamento superficial para os corpos hídricos (VALDES et al., 2005; BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013; LEITE et al., 2015; LOPES et al., 2016). 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. O rebaixamento do nível da água contribui para o aparecimento de vegetação em áreas antes cobertas pela água e, quando a água retorna ao seu nível normal, essa vegetação entra em decomposição e ocasiona piora na qualidade da água nas margens onde se concentram as principais atividades turísticas (SANTOS, 2003). A exposição das margens provoca também maior assoreamento, que reduz o volume do reservatório e dificulta o acesso às águas próximas às margens pelos turistas, contribuindo para a degradação da qualidade da água (SANTOS, 2003).

A jusante do Lago de Furnas, a estação BG051 apresentou 100% dos seus resultados abaixo dos 100 UNT em ambas as estações climáticas, sendo que na chuvosa se registra valores um pouco mais elevados que na seca. Considerando o limite de 10 UNT proposto por Lopes (2012), na seca 100% dos dados estariam abaixo do limite e na estação chuvosa seriam 95,3% em conformidade. Apresentar baixos valores de turbidez não elimina o risco de 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, o que conseqüentemente diminui a penetração de luz no corpo hídrico (LOPES et al., 2020). A densidade de cianobactérias (Gráfico 5), variou de 0 a 11.184,68 cels/ml nos pontos analisados, 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. Na estação BG089 (Rio Muzambinho) esse parâmetro é medido 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.

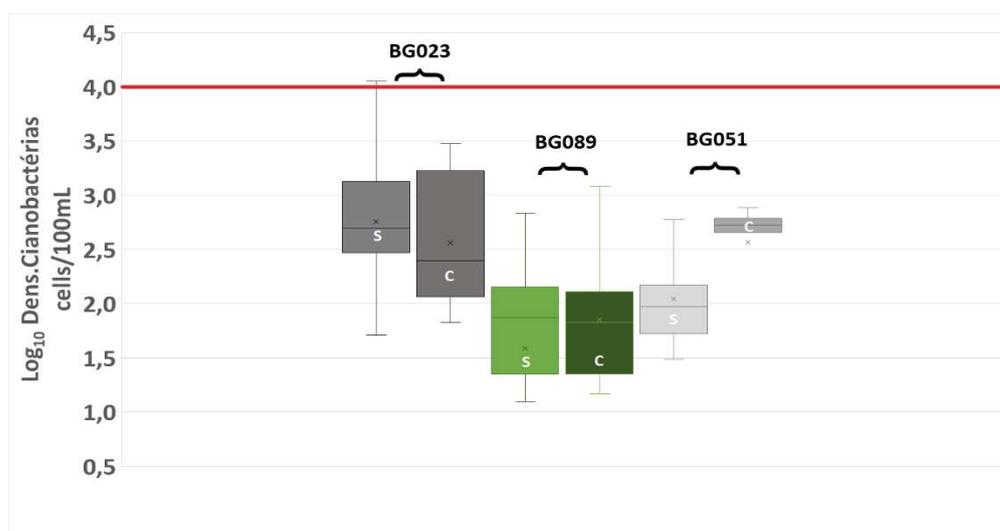


A estação BG023 (Rio Formiga) apresentou, em 2011, o maior valor registrado, igual a 11.184,68 cels/ml, sendo o único que ultrapassou o limite estipulado. A estação BG089 (Rio Muzambinho) apresentou seu valor mais alto em novembro de 2013, sendo igual a 8.368,1 cels/ml, e a estação BG051 teve como maior 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 época de intensa floração de cianobactérias. Segundo IGAM (2017), essa elevação da densidade de cianobactérias foi devida 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 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 as estações não houve nenhum valor que ultrapassasse o limite. A estação de monitoramento BG051 apresentou os menores valores na estação seca (30,61 cels/ml), 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, favorece 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. 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 et al., 2007). Esses organismos têm a capacidade de liberar toxinas (cianotoxinas) que podem ser prejudiciais à saúde humana (CHORUS; BARTRAM, 1999; WHO, 2016).

A exposição do ser humano às 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 efeitos adversos à saúde, desde irritações na pele a distúrbios estomacais e até mesmo a morte (CODD et al., 2005).

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).

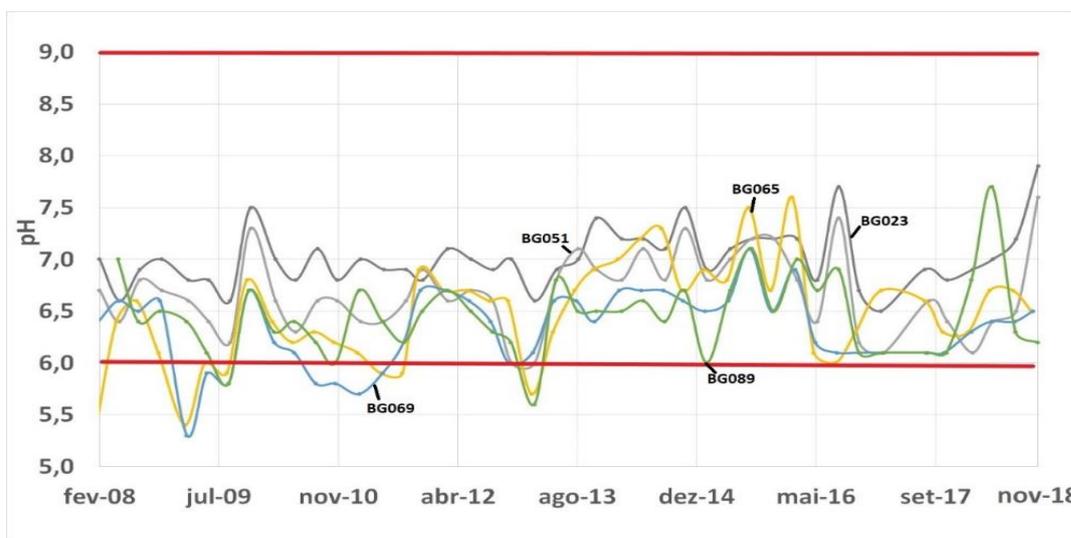
No caso da estação BG023 (Rio Formiga), 100% dos resultados estiveram em conformidade aos limites estabelecidos ( $6 > \text{pH} < 9$ ), com variação entre 6,5 e 7,9. Na estação BG065 (Ribeirão São Pedro), os valores encontrados estão entre 5,4 a 7,6, sendo que 13,9% dos dados estão abaixo de 6, assim 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, como visto no Gráfico 7.

Na análise sazonal (Gráfico 8), os valores abaixo de 6 encontrados nas estações BG065 (Ribeirão São Pedro), BG069 (Rio Machado) e BG089 (Rio Muzambinho) foram observados na estação chuvosa. Isso pode indicar uma elevação no aporte de matéria orgânica para os corpos hídricos por meio de escoamento superficial e lançamento de esgotos domésticos. 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 (CAMPOS, CUNHA, 2015; SANTOS et al., 2021).

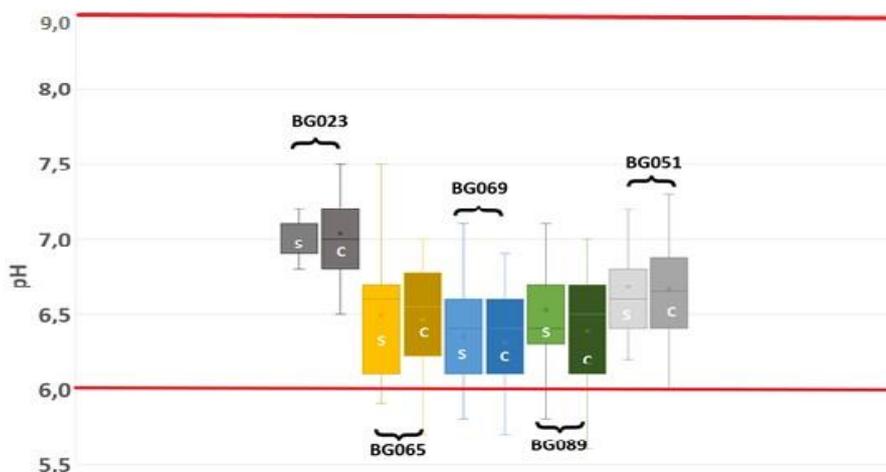
Uma outra explicação para a redução do pH, em época de chuva, é a possível poluição por ureia e compostos químicos originados das áreas de pecuária e agricultura, por meio dos defensivos agrícolas e fertilizantes (MORAIS; SILVA, 2012). Alguns outros fatores também podem atuar em conjunto, como a dissolução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

da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e atividade fotossintética, dentre outros (VON SPERLING, 2005). Além dos dejetos lançados pelo homem, as condições naturais de pH também influenciam na qualidade das águas (LOPES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2010; SILVA et al., 2019).

**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.



**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.



**Considerações finais**

As pressões ambientais dos usos e cobertura da terra, associados à forte tradição na criação de animais e nos cultivos agrícolas nas bacias de contribuição estudadas, especialmente o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, 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, de organismos patogênicos associados.

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 os melhores resultados por conta da sedimentação, diluição e decaimento microbiano, indicando, possivelmente, melhores condições das águas do próprio lago em relação aos demais pontos de monitoramento avaliados, cujos resultados são influenciados pelos respectivos usos da terra. Deste modo, o ideal seria identificar os principais pontos com maior demanda de uso para banho. Após a identificação e o mapeamento desses pontos, executar análises periódicas da qualidade da água, principalmente em épocas de maior demanda, como verão e feriados. É fundamental 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 para a região, também se verificou a necessidade da articulação de planos diretores, planos municipais de saneamento, comitês de bacia e investimentos em coleta e tratamento de efluentes. O comprometimento dos municípios com uma gestão integrada de bacia poderá contribuir para a significativa melhoria na qualidade das águas que chegam ao Lago de Furnas. Isso possibilitaria maior dinamismo da economia local e regional, em função do maior afluxo turístico e atração de investimentos.

**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 ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. *Compensação financeira, 2018*. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>>. Acesso em: 10/07/2020.

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.

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

BROOKES, J.D.; ANTENUCCI, J.; HIPSEY, M.; BURCH, M.D.; ASHBOLT, N.J.; FERGUSSON, C. Fate and transport of pathogens in lakes and reservoirs. *Environment International*, v. 30, n. 5, p. 741-759, 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.* 2019.

BUZELLI, G.M.; CUNHA-SANTINO, M.B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). *Ambi-Água*, 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)*. v. 5, n. 4, p. 110-118, 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.; AN J.S.; MOLICA, R.J.R.; 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*, v. 109, n. 7, p. 663-668, 2001.

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.

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. Cyanobacterial toxins: Risk management for health protection. *Toxicology and Applied Pharmacology*, v. 203, n. 3, p. 264–272, 2005.

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.

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*, v. 16, n. 3, p. 329–339, 2018.

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*, v. 284, p. 285–295, 2003.

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

FEWTREL, L.; KAY, D. Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Current Environmental Health Reports*, v. 2, n. 1, p. 85–94, 2015.

FUNDAÇÃO DE PESQUISA E ACESSORAMENTO À INDÚSTRIA (FUPAI). 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: 10/07/2020.

GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of Environmental Management*, 173, p. 41-48, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Censo demográfico de 2010. 2011. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10/07/2020.

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 Microbiologia* 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. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 21, p. 1149-1171, 2017.

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

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.

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. Influência das condições naturais de pH sobre o Índice de Qualidade das Águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. *Revista Geografias*, v. 6, n. 2, p. 134-147, 2010.

LOPES, F.W.A.; MAGALHÃES JR, 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, n. 4, p. 111–120, 2008.

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*, v. 9, n. 16, p. 28–47. 2013.

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

LOPES, F.A.; DAVIES-COLLEY, R.J.; PIAZZI, J.; SILVEIRA, J.S.; LEITE, A.C.C.; LOPES, N.I.A. Challenges for contact recreation in a tropical urban lake: Assessment by a water quality index. *Environment, Development and Sustainability*, v. 22, n. 6, p. 5409-5423. 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, H.; LOPES, F.A.; MACEDO, D.R. Diagnóstico multitemporal do uso e cobertura da terra e qualidade das águas na bacia do rio Jequitinhonha em Minas Gerais como subsídio à gestão dos recursos hídricos superficiais. *Revista Espinhaço*, v. 8, n. 2, p. 47-57, 2019.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no Diário Executivo de Minas Gerais, de 13/05/2008.

MORAIS, R.C. de S.; SILVA, C.E. Diagnóstico ambiental do Balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. *Engenharia Sanitária e Ambiente*, v. 17, n. 1, p. 41-50, 2012.

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*, v. 20, n. 8, p. 1089–1122. 2018.

NICHOLLS, S.; CROMPTON, J. A Comprehensive Review of the Evidence of the Impact of Surface Water Quality on Property Values. *Sustainability*, v. 10, n. 2, p. 500. 2018

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.; TANDYRAK, R.; ŁOPATA, M.; MIKULEWICZ, S.; GROCHOWSKA, J.; DUNALSKA, J. 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. *Polish Journal of Natural Sciences*, v. 32, n. 1, p. 105–120, 2017.

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, n. 1, p.1–9, 1998.

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.

SANTOS, A. A. M. Administrando conflitos: o caso do Lago de Furnas. In: FREITAS, M. A. V. (Org.). *Estado das águas no Brasil 2001-2002*. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2003.

SANTOS, C. L.; XAVIER, M. R. R.; CORREA, D. L.; PEREIRA JUNIOR, A. Aplicação do índice de qualidade da água no rio Ipixuna e avaliação das condições de balneabilidade com a percepção ambiental dos usuários. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, e36810414131, 2021.

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. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 20, n. 72, p.360-374, 2019.

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.

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.

VALDES, D.; DUPONT, J. P.; MASSEI, N.; LAIGNEL, B; RODET, J. Analysis of karst hydrodynamics through comparison of dissolved and suspended solids' transport. *Compter Rendus Geoscience*, v. 337, n. 15, p.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, p.55–64, 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*, v. 67, n. 11, p. 2534–2542, 2013.

WEST, A.O., NOLAN, J.M., SCOTT, J.T. Optical water quality and human perceptions: a synthesis. *WIREs Water*, v. 3, n. 2, p.167–180, 2016.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for drinking-water quality*. 4.ed. Geneva, Switzerland, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Protecting surface water for health. Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchmentsI. World Health Organization, 178 p, 2016.