

RESTRIÇÃO DO USO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MATIPÓ DEVIDO À CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Deyse Almeida dos Reis¹
Laura Pereira do Nascimento²
Lilian de Souza Marques³
Edilson Gonçalves de Oliveira⁴
Clóvis de Souza Ferreira⁵
Igor Aparecido Santana das Chagas⁶
Hubert Mathias Peter Roeser⁷
Aníbal da Fonseca Santiago⁸

RESUMO

O presente estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Matipó, um afluente do Rio Doce, em Minas Gerais – Brasil. O principal objetivo foi avaliar a contaminação microbiológica das águas da bacia devido à influência da atividade humana. Para tal, foram realizadas amostragens de água em 25 estações de monitoramento situadas ao longo do curso hídrico em períodos sazonais distintos. Essas amostragens possibilitaram mensurar variáveis químicas e microbiológicas das águas. A análise dos dados obtidos permitiu observar a limitação dos usos da água da bacia hidrográfica pelo fato de estar contaminada com microrganismos, alguns potencialmente patogênicos. Os impactos ambientais verificados na bacia hidrográfica, como criação de animais nas margens e, principalmente, lançamento de esgoto sanitário sem tratamento, foram os principais fatores que interferiram na limitação dos usos da água para balneabilidade e para o abastecimento público.

Palavras-chave: Contaminação. *E. coli*. Esgoto sanitário. Rio Doce.

¹ Doutora em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto - deysereis.reis@gmail.com

² Mestra em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto - lauraifmg@gmail.com

³ Mestra em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto - smbiolilian@gmail.com

⁴ Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto - edilson.ecologia@gmail.com

⁵ Graduado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto - clovissouza02@gmail.com

⁶ Graduado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto - igoraparecido07@gmail.com

⁷ Doutor em Mineralogia, Professor da Universidade Federal de Ouro Preto - hubert-deamb@ufop.edu.br

⁸ Doutor em Engenharia Civil, Professor da Universidade Federal de Ouro Preto - anibal@ufop.edu.br

ABSTRACT

The present study was carried out in the Matipó river watershed, a tributary of the Doce river, in Minas Gerais, Brazil. The main objective was to evaluate the microbiological contamination of waters of the basin due to the influence of human activities. In order to do so, water sampling was performed in 25 sampling stations along the water course in distinct seasonal periods. These samples made it possible to measure chemical and microbiological variables of the waters. The analysis of the obtained data allowed to notice the limitation of the water uses in the watershed due to contamination with microorganisms, some potentially pathogenic. The environmental impacts observed in the watershed, such as livestock farming on the banks and mainly the release of untreated domestic sewage were the main factors that interfered with the limitation of water use for leisure purposes and public supply.

Keywords: Contamination. *E. coli*. Sewage. Doce River.

Submissão: 31/07/2019

Aprovação: 11/12/2019

1 INTRODUÇÃO

Em Minas Gerais há diversas bacias hidrográficas com relevante importância histórica, social e econômica. O processo de ocupação com o uso dos recursos hídricos sem planejamento, aplicação de técnicas de agricultura inapropriadas e o aumento da população resultaram em uma queda da qualidade e quantidade de água da maioria dos corpos hídricos mineiros. Tal informação é exemplificada com os dados de 2013, fornecidos pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), os quais relatam que os índices de qualidade das águas tiveram uma queda na bacia hidrográfica do rio Doce (IGAM, 2014). A obtenção e a interpretação desses dados fazem parte dos estudos ambientais que permitem avaliar os impactos e a partir deles compreender o comportamento, as características e os problemas existentes em uma determinada área.

Diante das informações supracitadas, a presente pesquisa estudou a bacia hidrográfica do Rio Matipó, a qual é considerada de grande relevância para a Zona da Mata Mineira. Essa área era no século XIX uma rota de passagem para o Espírito Santo e isto ocasionou o povoamento da região. Destaca-se que a nascente do rio principal localiza-se na Serra do Brigadeiro, importante unidade de conservação que abriga uma relevante biodiversidade da Mata Atlântica. Entre outras espécies, encontra-se nessa unidade o maior primata das Américas,

Brachyteles hypoxanthus, o Muriqui-do-norte, ameaçado de extinção (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2009).

Na bacia hidrográfica há alguns conflitos devido aos múltiplos usos de suas águas. Um desses impasses diz respeito à relação entre as empresas do setor elétrico e a comunidade afetada, onde atua o Movimento dos Atingidos por Barragens. Outro impasse é devido ao fato de as águas da bacia hidrográfica abastecerem uma estação de bombeamento de um mineroduto que leva o minério de ferro de Minas Gerais ao Espírito Santo (REIS *et al.*, 2017).

Dentre esses múltiplos usos da água, há aqueles que causam impactos oriundos, por exemplo, da agropecuária existente ao longo das margens e do lançamento de efluentes industriais, e principalmente efluentes domésticos. Cumpre salientar que o saneamento básico precário expõe a população a diversas doenças de veiculação hídrica, tais como: cólera, gastroenterite, hepatite A e E e parasitoses. Segundo Paiva e Souza (2018), outras doenças de veiculação hídrica atingem grupos etários distintos e também são responsáveis por um elevado número de internações e de indivíduos com diarreia. Segundo a World Health Organization (WHO), mais de 2,6 bilhões de pessoas em todo o mundo não têm acesso a saneamento, e 884 milhões de pessoas não têm acesso à água de boa qualidade para consumo (WHO; UNICEF, 2015).

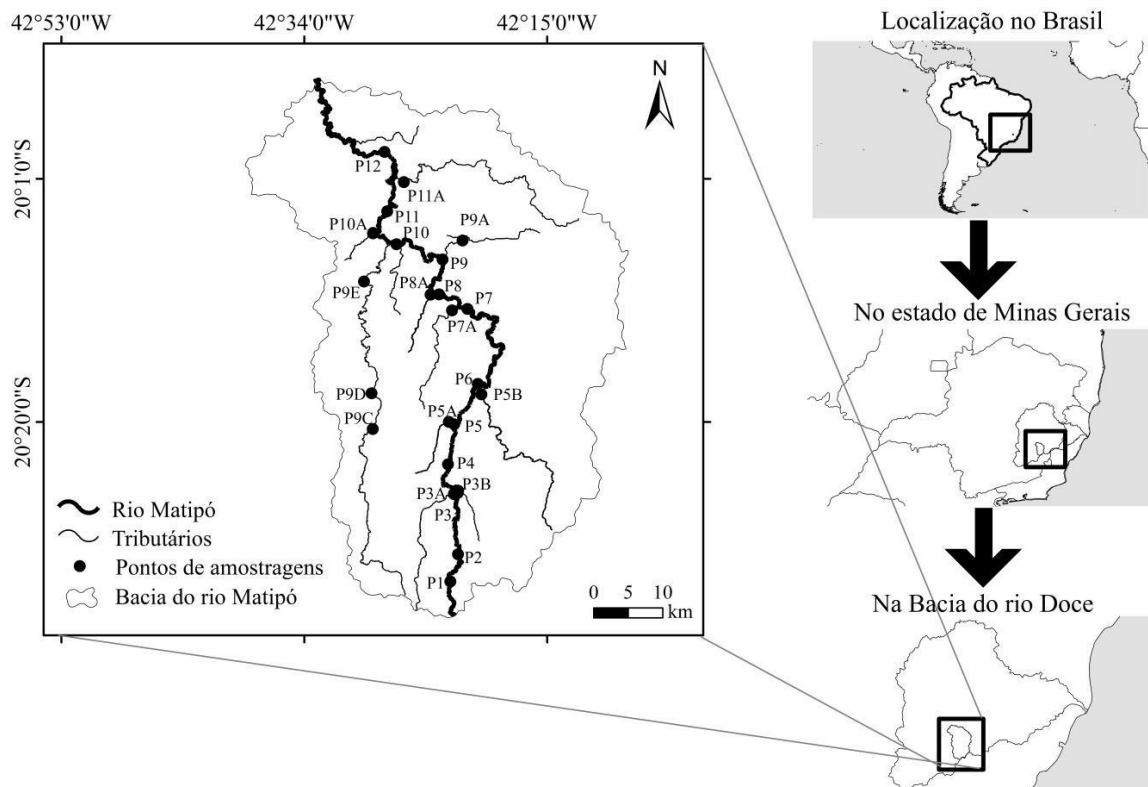
Diante dos informes supracitados e da importância da região, esta pesquisa avaliou a qualidade microbiológica da bacia hidrográfica do Rio Matipó e analisou as possíveis restrições de uso de suas águas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Localizada na Zona da Mata Mineira, a bacia hidrográfica do Rio Matipó é um afluente do rio Doce e possui uma área de drenagem de 2.559,50 km². O seu principal manancial é o rio Matipó, o qual drena as cidades de Matipó e Raul Soares. A área desta bacia é acrescida das áreas de drenagem de outros afluentes que percorrem os municípios de Abre Campo, Caputira, Pedra Bonita, Santa Margarida, São Pedro dos Ferros, Sericita e Vermelho Novo (MAPA 1).

Mapa 1 – Localização da área de estudo e os pontos de amostragem



Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Em relação ao uso, a bacia hidrográfica é a principal fonte para o abastecimento de água para o consumo humano e para a dessedentação de animais. Além disso, é também fonte de abastecimento industrial, irrigação e geração de energia. Constata-se que a área de estudo sofre uma intensa pressão provocada por atividades desenvolvidas em seu entorno, oriundas da agricultura (principalmente a cafeicultura), mineração, despejos de águas residuárias sem tratamento nos corpos d'água, entres outras.

Coletas e análises limnológicas

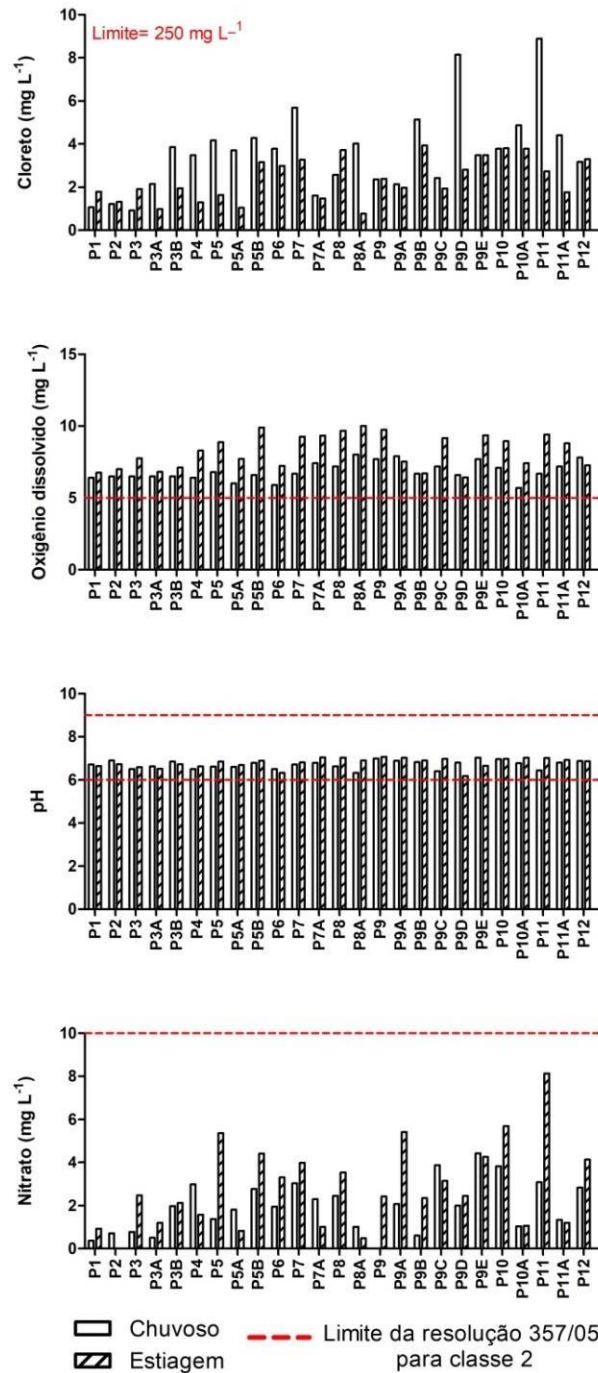
As amostras foram coletadas no período chuvoso (14 a 17 de março) e na estação de estiagem (12 a 14 de agosto) no ano de 2014, totalizando vinte e cinco pontos de amostragem ao longo da bacia hidrográfica (MAPA 1). Os pontos de amostragem localizados no rio principal foram numerados de 1 a 12. As estações localizadas nos tributários receberam letras alfabéticas além da numeração cardinal. A coleta de amostras nos tributários visou verificar como estes influenciam o rio principal.

Para as análises de oxigênio dissolvido, foram utilizados equipamentos portáteis da marca DIGIMED e Modelo DM-4P. As análises de pH foram realizadas com auxílio do multiparâmetro portátil da marca Myron L. Company, Modelo Ultrameter II, 6P. Para a determinação da concentração dos ânions cloreto e nitrato, foi utilizado o método de cromatografia iônica por meio do equipamento Dionex ICS-90. As análises de coliformes totais e *E. coli* foram realizadas em até 24 h, utilizando o método IDEXX Colilert Quanti-Tray 2000 (método 9223B) de acordo com a American Public Health Association (APHA, 2012). Após incubação a 37 °C ($\pm 0,5$ °C) para 24 h (± 2 h), os poços positivos para coliformes totais (CT) e fluorescentes para *E. coli* foram quantificados com Número Mais Provável por 100 mL (NMP 100 mL⁻¹).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1 são demonstradas algumas variáveis em que as concentrações mensuradas não sinalizaram valores de preocupação ambiental segundo a legislação ambiental do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 357/05, para as águas classe 2. Porém, observa-se que as concentrações foram maiores em pontos que possuem interferência antrópica, como lançamento de esgoto sanitário e criação de animais. Cita-se o caso do oxigênio dissolvido, em que as medidas mensuradas não apresentaram, em nenhum ponto amostral, valores menores que 5 mg L⁻¹ (média = 7,57 mg L⁻¹). Tal fato não significa a inexistência de contaminação por carga orgânica, considerando que apenas o município de Santa Margarida, situado na área da bacia estudada, possui tratamento de esgoto sanitário (REIS *et al.*, 2017) e que há também fontes difusas, como as provenientes da pecuária. Os altos valores de oxigênio dissolvido estão principalmente relacionados à capacidade de autodepuração dos corpos d'água.

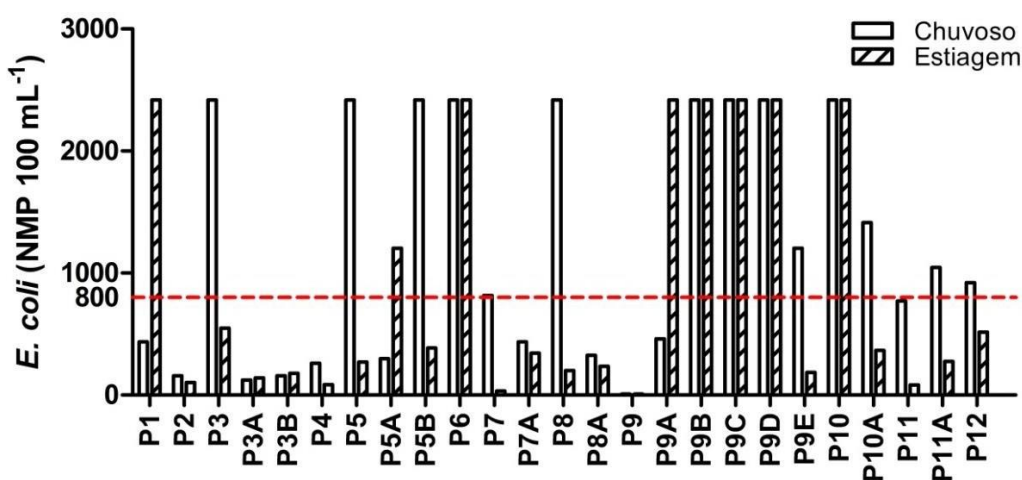
Gráfico 1 – Análise química das águas da bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Em relação às variáveis biológicas, observou-se que no período chuvoso 48% das amostras e 32% no período de estiagem apresentaram quantidade de bactérias acima das concentrações permitidas na resolução, que é de 1000 NMP 100 mL⁻¹ (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Resultados de *E. coli* dos pontos amostrais da bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

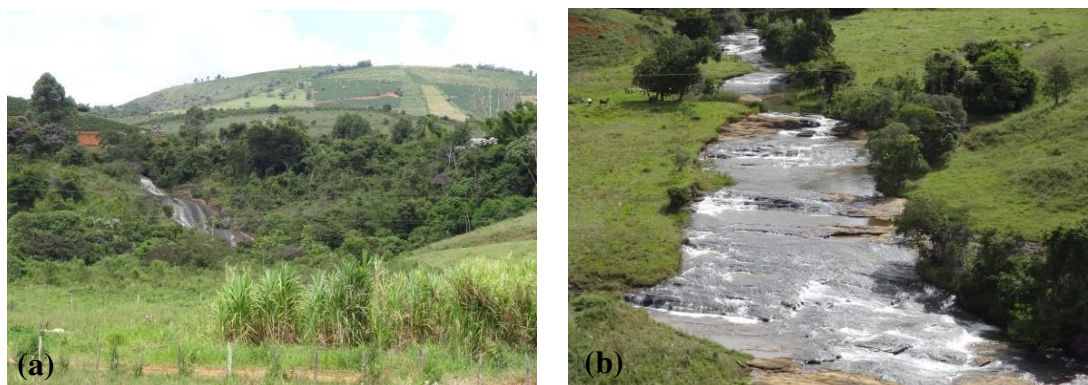
Como já mencionado, as águas da bacia hidrográfica do Rio Matipó possuem múltiplos usos. Alguns geraram consequências negativas, pois lançam substâncias que, em certas concentrações, podem ser prejudiciais à população. Um exemplo são microrganismos procedentes de esgotos sanitários sem tratamento, que podem causar algumas doenças. Segundo dados do Departamento do Sistema Único de Saúde (DATASUS), entre 2008 a 2013, nos municípios que abrangem a bacia do Rio Matipó foram internadas 1.738 pessoas devido a doenças de veiculação hídrica, tais como: diarreias, gastroenterite, cólera, shigelose, febre tifoide e amebíase (BRASIL, 2013). Essas doenças são contraídas por meio da ingestão, inalação ou de contato direto com a água contaminada por patógenos.

Um exemplo de contato direto com as águas é a recreação, que é um dos usos que se faz da bacia hidrográfica do Rio Matipó. Nesse corpo hídrico encontram-se cachoeiras e, como já exposto, a nascente do rio principal se localiza no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Esse parque e as cachoeiras são atrativos turísticos na região.

Tendo em vista o potencial recreativo citado, ilustrado na Fotografia 1, as amostras de água da bacia hidrográfica foram classificadas de acordo com a Resolução CONAMA nº

274/00, referente à balneabilidade. Esta resolução classifica a água para recreação nas categorias própria e imprópria (QUADRO 1). São consideradas atividades de recreação aquelas em que a população tem um contato primário com a água, tais como: mergulho, natação, esqui aquático, entre outras.

Fotografia 1 – Vista das cachoeiras na bacia hidrográfica do Rio Matipó



Legenda: (a) Cachoeira localizada no Rio Matipó
(b) Trecho do Rio Matipó encachoeirado
Fonte: Fotografia dos autores (2019)

Quadro 1– Classificação da balneabilidade segundo a Resolução CONAMA nº 274/00

Classificação	Categoria	Coliformes termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
		(NMP 100 mL ⁻¹)	(NMP 100 mL ⁻¹)
Própria	Excelente	250	200
	Muito Boa	500	400
	Satisfatória	1.000	800
Imprópria	-----	Acima de 1.000	Acima de 800

Nota: NMP 100⁻¹ mL: número mais provável por 100 mL, em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores.

Fonte: CONAMA (2000)

Destaca-se que, pela resolução, a classificação das águas como impróprias deve levar em consideração diversos fatores. Um deles é a presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal. As águas são consideradas impróprias quando os valores das análises apresentam valores acima de 1.000 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes termotolerantes ou

800 NMP 100 mL⁻¹ de *E. coli*, em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores. Tais valores são indicadores de contaminação fecal. Um outro fator está relacionado com o pH, sendo que, se o valor deste for menor do que 6 ou maior do que 9, as águas também são consideradas impróprias (este item para águas doces). Quando houver floração algal, esta também pode ser considerada fator de classificação. Até que se façam análises e que se verifique que essa floração não será prejudicial aos usuários, o trecho em que isso ocorrer deve ser interditado para as atividades de recreação. Além desses, há também outros fatores, como a presença de resíduos, esgoto sanitário e/ou industrial, óleos e graxas, e também quando houver incidência de doenças de veiculação hídrica.

Em muitos trechos estudados na bacia hidrográfica, verificou-se o lançamento de esgoto sanitário sem tratamento e de resíduos nas seguintes estações de amostragem: P6, P8, P9B, P9D e P9E. Portanto, essas constatações, antes mesmo de verificar as análises de água, já são fatores suficientes que poderiam interditar esses trechos para as atividades de recreação. Esses pontos se localizam próximos a áreas antropizadas. Quanto ao pH, nenhuma amostra de água apresentou valores abaixo do pH 6 (GRÁFICO 1).

Em relação às análises da *E. coli* no período chuvoso, os resultados indicam que 44% ($n = 25$) das amostras foram consideradas impróprias e 56% próprias para as atividades de recreação. Ressalta-se que, dessas águas próprias, apenas em quatro pontos de amostragem a água é considerada excelente, pois os seus resultados para *E. coli* foram inferiores a 200 NMP 100 mL⁻¹. Já no período de estiagem, 31% ($n = 25$) foram consideradas impróprias e 69% foram classificadas como próprias. Na bacia hidrográfica do Rio Matipó, as principais fontes de contaminação por coliformes totais e *E. coli* são o despejo de efluentes doméstico *in natura* no manancial e as atividades de pecuária próximas ao corpo hídrico. Segundo Gonçalves *et al.* (2005), estes microrganismos podem ser carreados para o leito do manancial, contaminar as águas e, portanto, restringir os usos.

Após levar em consideração os resultados obtidos pelas análises de água e pelos ensaios de *E. coli*, bem como as observações feitas nos dias da coleta, foi realizada a classificação das águas na bacia hidrográfica do Rio Matipó (MAPA 2). Esperava-se que fossem identificadas águas excelentes para a recreação na estação de amostragem (P1), pois se localiza próxima ao Parque Estadual. Contudo, próxima a esse ponto de coleta há uma comunidade que lança esgoto sanitário sem tratamento no manancial e, além disso, há criações de gado próximas às margens. As águas excelentes foram caracterizadas em quatro estações amostrais (P2, P3, P4 e P9), que se localizam em áreas rurais e sem influência da pecuária. Em doze pontos as águas foram

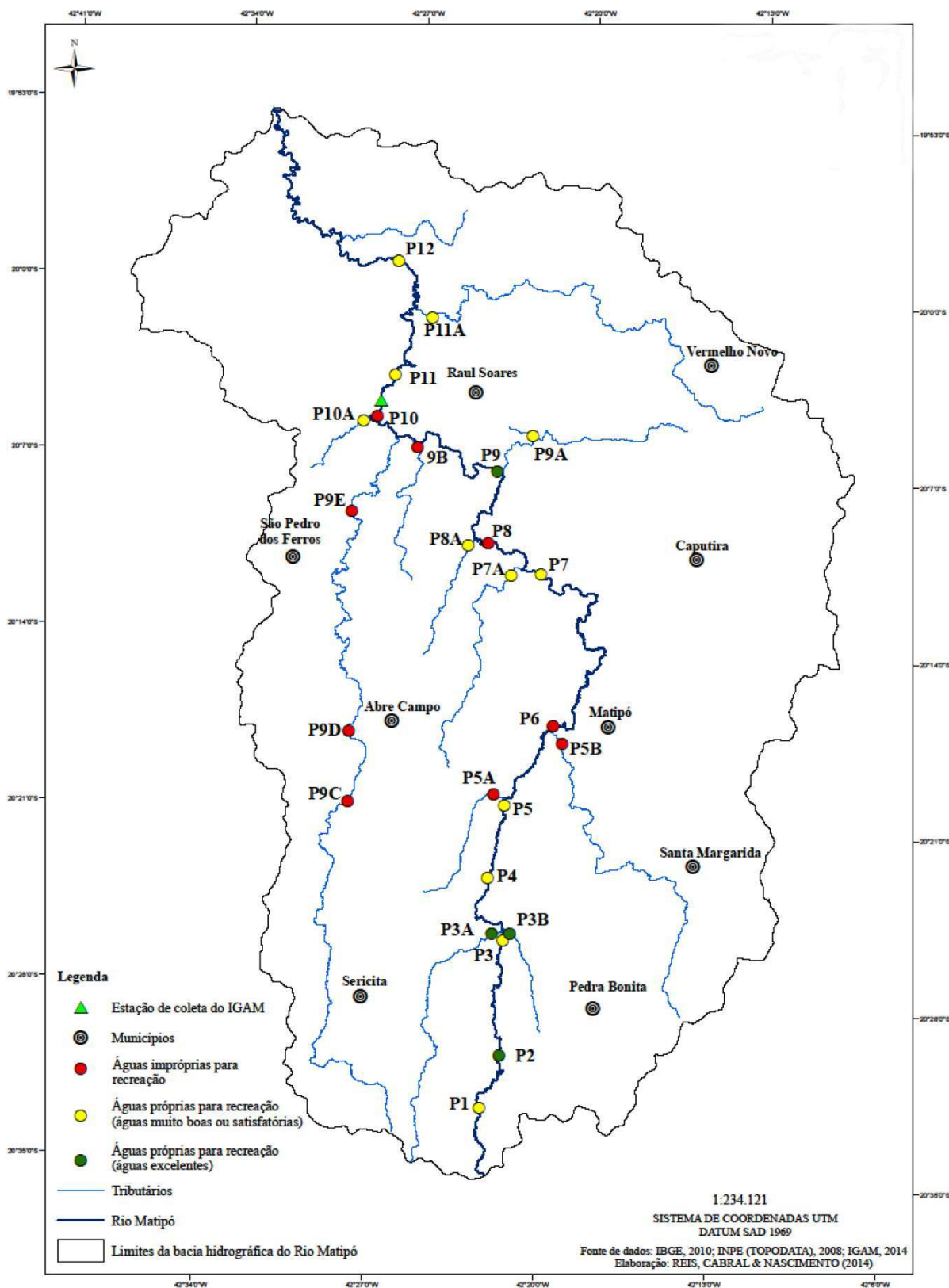
consideradas próprias para recreação, sendo essas classificadas como muito boa ou satisfatória. Desses pontos, sete se localizam próximo ao rio principal. Quanto às águas consideradas impróprias para a recreação, elas foram identificadas em oito pontos, sendo que destes, seis são localizados nos afluentes da bacia hidrográfica. Destaca-se o tributário Rio Santana, pois nos três pontos de coleta o número mais provável de *E. coli* foi acima de 800 organismos por 100 mL. Nesses pontos foram percebidos resíduos sólidos, lançamento de efluentes e criação de animais próxima às estações de amostragem.

Cunha *et al.* (2004) e Moraes e Silva (2012) fizeram estudos em bacias hidrográficas e verificaram que a precipitação interfere na concentração de coliformes. Segundo os autores, as concentrações oriundas da poluição fecal são aumentadas nos períodos de maiores precipitações, pois microrganismos podem ser carregados para os corpos hídricos. Esta tendência pode ser percebida nos estudos da bacia hidrográfica do Rio Matipó. A precipitação do mês de março da região foi maior em comparação ao mês de agosto. Em função disso, as concentrações de *E. coli*, encontradas nas amostras, foram maiores no período chuvoso. Devido à chuva, os excrementos dos animais podem ter sido carregados para o corpo hídrico, o que resulta no aumento da concentração de bactérias de origem fecal, caso da *E. coli*.

Percebe-se que as análises realizadas por indicadores de contaminação fecal na bacia hidrográfica extrapolaram os limites estabelecidos pela legislação. Na bacia hidrográfica do rio Doce, esse foi um dos problemas detectados (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce -CBH-Doce, 2008). Exemplifica-se tal fato pelos resultados encontrados por Lacerda *et al.* (2014) para o rio Oratórios; Oliveira (2016) para o rio Piranga; Drummond *et al.* (2018) para o rio Xopotó; e Nascimento (2019) para o Rio do Peixe; mananciais esses que são afluentes do rio Doce.

A concentração elevada de coliformes termotolerantes no rio Piranga foi atribuída à criação de gados e porcos encontrada ao longo da bacia hidrográfica, assim como ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio (OLIVEIRA, 2016). Esses fatores também foram apresentados por Lacerda *et al.* (2014) para justificar o comprometimento do manancial Oratórios, visto que na maioria dos pontos de coleta foram mensurados valores acima de 2.000 coliformes termotolerantes por 100 mL. A falta de saneamento também foi mencionada por Drummond *et al.* (2018) e Nascimento *et al.* (2019) para justificar os altos valores de coliformes totais e *E. coli* nos rios Xopotó e Rio do Peixe.

Mapa 2 – Qualidade da água da bacia hidrográfica segundo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/00



Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

4 CONCLUSÃO

A falta de tratamento de esgoto doméstico na bacia hidrográfica do Rio Matipó compromete a qualidade das águas em relação às variáveis microbiológicas, por esta razão em alguns pontos de amostragem é restrito o uso para balneabilidade e para o abastecimento público. Esses resultados indicam a necessidade de implementar estações de tratamento de esgoto ao longo do manancial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro obtido para o desenvolvimento desta pesquisa ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES- Código de Financiamento 001), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Fundação Gorceix e a Universidade Federal de Ouro Preto.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, D.C.: APHA; AWWA; WEF, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS . **Doenças de veiculação hídrica**. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205>. Acesso em: 7 fev. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000**. Estabelece condições de balneabilidade das águas brasileiras. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em: 7 fev. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Estabelece 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. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 7 fev. 2019.

CUNHA, A. C. *et al.* Qualidade microbiológica de água em rios de áreas urbanas e perturbadas no baixo Amazonas: o caso Amapá. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 9, n.4, p. 322-8, 2004.

DRUMOND, S. N. *et al.* Identificação molecular de *Escherichia coli* diarreiogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Rio Doce. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v.23, n. 3, p.579-590, 2018.

GONÇALVES JUNIOR, A. C. *et al.* Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichhorniacrassipes*) como bioindicador. Maringá: **Acta Scientiarum Technol.**, Maringá, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Dados sobre recursos hídricos**. 2013. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/cobranca>. Acesso em: 12 abr. 2019.

LACERDA, F. M.; ROESER, H. M. Análise geoquímica e ambiental para descrição da bacia do Rio Oratórios (MG). **Geochim Brasiliensis**, Ouro Preto, v. 28, p.227-236, 2014.

MARQUES, L. S. **Avaliação espaço temporal da qualidade da água e da concentração e distribuição de elementos químicos em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara-MG**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

MORAIS, R. C. de S.; SILVA, C. E. Diagnóstico ambiental do balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 41- 50, jan./mar. 2012.

NASCIMENTO, L. P. *et al.* Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 14, n. 5, 2019.

PAIVA, R. F. P. S; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, p. e00017316, 2018.

OLIVEIRA, E. G. **Contribuições para o diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce, estudo de caso: sub-bacia do rio Piranga**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

REIS, D. A. dos. *et al.* Influência dos fatores ambientais e antrópicos nas águas superficiais no rio Matipó, afluente do rio Doce. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 14, p. 1–15, 2017.

SILVA JÚNIOR, W. M. da *et al.* Habitat quality of the woolly spider monkey (*Brachyteles hypoxanthus*). **Folia Primatologica**, Basel, v. 80, n. 4, p. 295-308, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO; UNICEF. **WHO/UNICEF Joint Water Supply and Sanitation Monitoring Programme, 2015**. Progress on sanitation and drinking water: 2015 Update and MDG Assessment. Geneva: UNICEF, 2015.