

Inconformidade do enquadramento de corpos d'água em Unidades de Conservação de Proteção Integral: Proposta de revisão para a bacia do Ribeirão da Prata – Parque Nacional Serra do Gandarela – Minas Gerais

Nonconformity of the framing of water bodies in Integral Protection Conservation Units: A review proposal for da Prata stream watershed – Gandarela National Park – Minas Gerais - Brazil

Juliana Souza Silveira

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
ju2896@gmail.com

Frederico Azevedo Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
fredericolopes@ufmg.br

RESUMO

O enquadramento de corpos de água é um instrumento previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos que estabelece metas de qualidade da água a serem obrigatoriamente atingidas. Apesar de sua importância estratégica para a gestão qualitativa das águas, o enquadramento da bacia do Rio das Velhas encontra-se defasado, considerando as transformações no uso e cobertura do solo na bacia desde a sua publicação, especialmente sobre a bacia do Ribeirão da Prata, haja vista sua importância estratégica como potencial manancial e área de reconhecido interesse recreacional. Dessa forma, este trabalho visou revisar o enquadramento da referida bacia, elaborando uma proposta de atualização, baseada nos usos atuais e pretendidos, e no diagnóstico preliminar das condições de qualidade das águas do Ribeirão da Prata. Os principais usos identificados na bacia foram o recreacional, agrícola, urbano e a preservação ambiental. Neste contexto, a proposta deste trabalho enquadra em Classe Especial os cursos d'água dentro dos limites do Parque Nacional da Serra do Gandarela. Em Classe 1, os cursos d'água da margem direita do Ribeirão da Prata, e em Classe 2, apesar do atual quadro de poluição, os corpos hídricos inseridos na mancha urbana de Raposos. Embora os trechos analisados nas áreas de uso recreacional tenham apresentado condições próprias de balneabilidade, os resultados verificados para fosfato e oxigênio dissolvido no Poço Azul (dentro dos limites do parque) e na Barragem de Raposos (fora do parque), demonstram a necessidade de um programa de monitoramento e gestão da atividade recreacional.

Palavras-chave: Enquadramento, Qualidade da Água, Ribeirão da Prata, Parque Nacional da Serra do Gandarela.

ABSTRACT

The water bodies classification according to designated uses is an instrument provided by the National Water Resources Policy which establishes water quality goals to be compulsorily achieved. Despite its strategic importance for water resources management, the framework of water bodies in the Rio das Velhas watershed is outdated, given changes in land cover and use in the watershed since its publication, especially on the da Prata stream watershed, given its strategic importance as a potential water supply source and area of recognized recreational interest. Thus, this work aimed to review the current framework of water bodies, based on current and intended water uses, and a preliminary water quality assessment on the da Prata Stream. The main uses identified in the watershed are recreational, agriculture, urban, and environmental protection. In this context, the proposal of this work fits in Special Class, the watercourses within the limits of Serra do Gandarela National Park. In Class 1, the watercourses of the right bank of the da Prata stream, and in Class 2 the water bodies inserted in the urban area of Raposos. Although the results in the recreational use areas presented

favourable conditions for primary contact recreation, phosphate and dissolved oxygen levels in Poço Azul (within the park boundaries) and Raposos Dam (outside the park), demonstrate the need for a specific water quality monitoring and management program.

Keywords: Framework of water bodies, Water Quality, da Prata Stream, Serra do Gandarela National Park.

Introdução

O enquadramento de corpos d'água integra os instrumentos para a gestão das águas previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Com esse instrumento, busca-se “assegurar às águas qualidade compatível com os usos a que foram destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes” (BRASIL, 1997, p.3). Deste modo, para a definição do enquadramento, são feitos estudos e planejamentos sobre a bacia a ser enquadrada, considerando o cenário atual e as previsões para o cenário futuro (BRASIL, 1997).

Uma das diretrizes estabelecidas pela PNRH é a integração da gestão de recursos hídricos e com a ambiental. O enquadramento funciona como referência e elemento de integração entre instrumentos da gestão de recursos hídricos, como os planos de bacia, outorga, cobrança, e ambientais, especialmente por meio do licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras das águas. Apesar de sua importância, por possibilitar a integração de diversas políticas públicas, o enquadramento foi pouco implementado até o momento no país, devido, em parte, aos altos custos e esforços para sua execução (IGAM, 2018).

Em Minas Gerais, o instrumento de enquadramento é conduzido com base na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), que se assemelha à Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005, com algumas alterações mais restritivas nos padrões de qualidade da água. Neste contexto, a bacia do Rio das Velhas, estratégica para o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, teve seu enquadramento estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 20/1997 (MINAS GERAIS, 1997). Desde a implantação de seu enquadramento, a bacia sofreu diversas alterações antrópicas, resultando na deterioração da qualidade de suas águas (MAILLARD; SANTOS, 2008; TRINDADE *et al.*, 2017). Uma mudança ocorrida na bacia foi a criação da Unidade de Conservação Parque Nacional da Serra do Gandarela (BRASIL, 2014). As Unidades de Conservação têm papel essencial na preservação da qualidade e integridade de cursos d'água. No caso da bacia do Rio das Velhas, o Parque Nacional da

Serra do Gandarela contribui para a mitigação dos efeitos da urbanização e da agropecuária sobre os cursos d'água abrangidos.

No entanto, a criação do parque é posterior à definição do enquadramento, gerando desconformidade entre a legislação ambiental e o enquadramento, já que cursos d'água, em Unidades de Conservação de Proteção Integral, devem ser enquadrados em Classe Especial (BRASIL, 2005). O principal curso d'água no parque é o Ribeirão da Prata, atualmente enquadrado como Classe 1.

Considerando a desatualização do enquadramento das águas do Ribeirão da Prata, este trabalho buscou revisar a classificação vigente e elaborar uma proposta com base nos usos atuais e pretendidos, haja vista seu estratégico potencial como manancial (MPSG, 2012) e reconhecida importância recreacional (LOPES; MAGALHAES JUNIOR, 2010). Desta forma, o trabalho pode subsidiar uma futura efetivação de reenquadramento por parte do aparato de gestão das águas, bem como a elaboração de um programa de monitoramento de balneabilidade, considerando a demanda pelo uso de contato primário na bacia e suas possíveis implicações sobre a saúde humana.

Materiais e métodos

Área de estudo

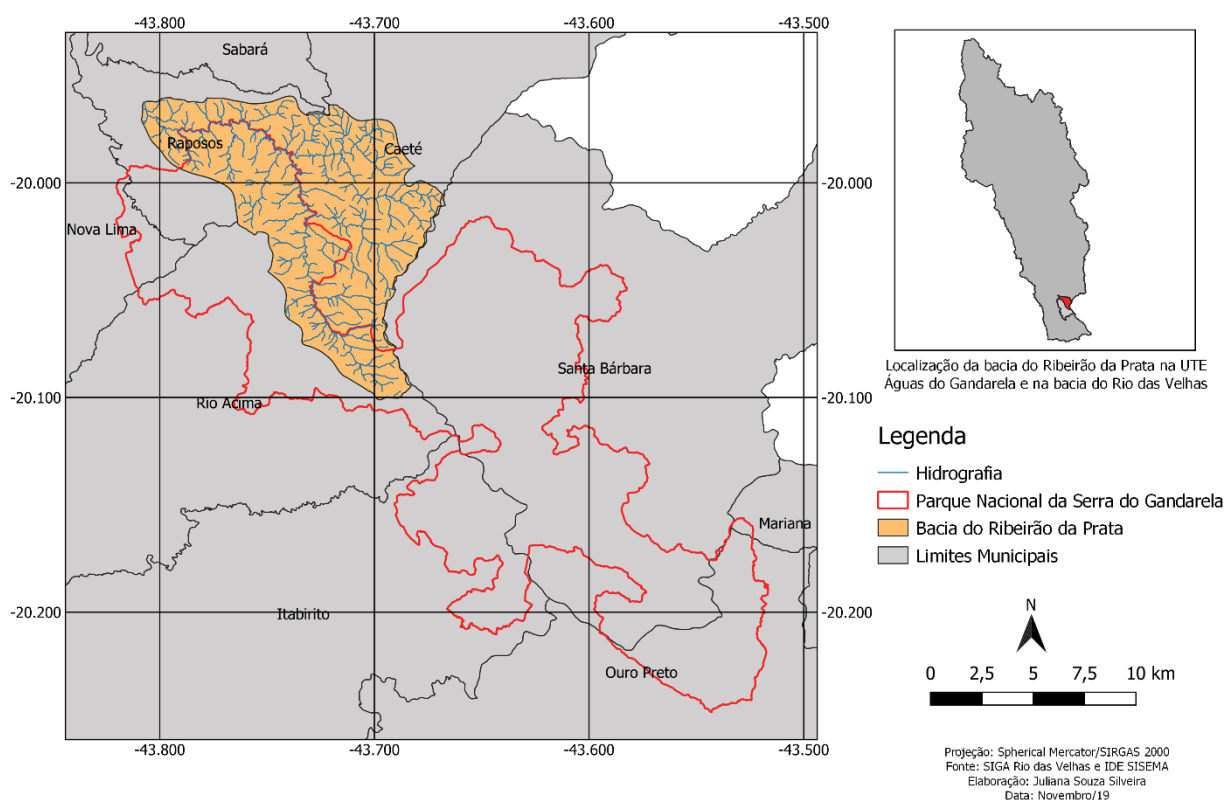
A bacia do Ribeirão da Prata localiza-se no Alto Rio das Velhas, estado de Minas Gerais, com 29,88 km de extensão e aproximadamente 100 km² de área. Sua bacia abrange os municípios de Caeté, Raposos e Rio Acima, sendo parte dela inserida no Parque Nacional da Serra do Gandarela (Figura 1).

O Ribeirão da Prata pertence à Unidade Territorial Estratégica - UTE Águas do Gandarela, sendo seu principal curso d'água (CBH RIO DAS VELHAS, 2019). Esta é formada pelos municípios de Caeté, Itabirito, Nova Lima, Raposos e Rio Acima. A UTE possui área de 323,66 km² e população de cerca de 29 mil habitantes. Nos usos e cobertura da terra, destacam-se a atividade pecuária (11,46%) e a cobertura natural (92,2%), sendo 57% desta formada por área de cerrado e 34,9% por formações florestais. A maior parte de sua área possui forte (69,98%) e média (27,37%) fragilidade à erosão.

Os municípios que compõem a UTE Águas do Gandarela não possuem tratamento de efluentes, e seus resíduos sólidos são destinados a aterros sanitários. Na UTE, existem sete estações de amostragem do IGAM, distribuídas no Rio das Velhas, Córrego Cortesia e Ribeirão da Prata. O trecho do Rio das Velhas pertencente a essa UTE está

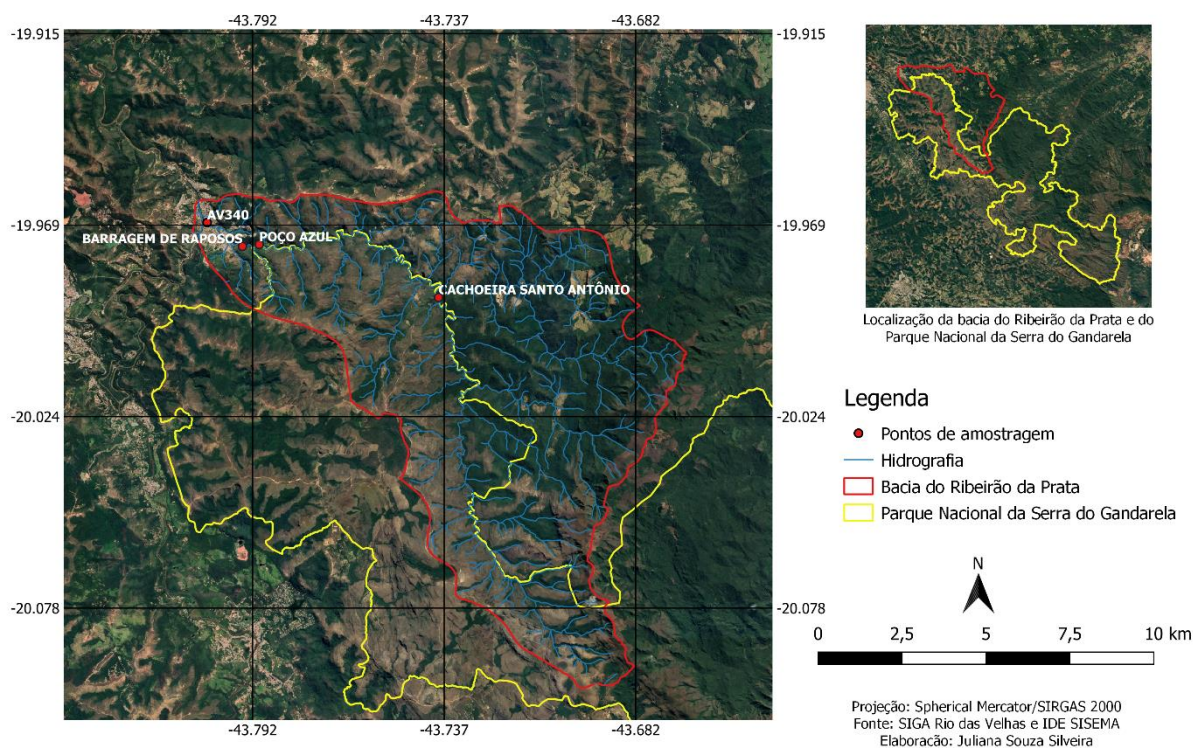
enquadrado em Classe 2. Já o Córrego Cortesia e o Ribeirão da Prata são enquadrados como Classe 1 (MINAS GERAIS, 1997). Estão inseridas na bacia quatro Unidades de Conservação: o Parque Nacional (PARNA) da Serra do Gandarela, a Área de Proteção Ambiental (APA) Sul, o Parque Municipal de Raposos e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda do Sítio, de propriedade da AngloGold Ashanti.

Figura 1 - Localização da bacia do Ribeirão da Prata e do Parque Nacional da Serra do Gandarela.



Procedimentos metodológicos

Para o diagnóstico da qualidade das águas do Ribeirão da Prata, foi realizada coleta em campo no dia 4 de novembro de 2019, entre 9h da manhã e 12h. Foram coletadas amostras simples de água (15cm de profundidade) em três pontos de reconhecido interesse recreacional na bacia (LOPES *et al.*, 2011; LEITE *et al.*, 2015): Barragem de Raposos, Cachoeira Santo Antônio e Poço Azul, sendo estes dois últimos dentro dos limites do Parque Nacional da Serra do Gandarela (Figura 2). Também foram levantados os dados de qualidade das águas do monitoramento oficial do Estado de Minas Gerais, realizado pelo IGAM, do ponto AV340, no Ribeirão da Prata, entre janeiro de 2015 e julho de 2019. O ponto se localiza na cidade de Raposos, fora dos limites do parque.

Figura 2 - Pontos de amostragem de água na bacia do Ribeirão da Prata.

Foram analisados os parâmetros: *Escherichia coli* – *E.coli*, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, fosfato, nitrato, oxigênio dissolvido – OD, potencial hidrogeniônico – pH, sólidos totais dissolvidos – STD, temperatura da água e turbidez, adotados para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, que expressam a contaminação das águas por matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes, como indicadores potenciais da contaminação por esgotos domésticos. O índice varia entre 0 e 100, e foi calculado por meio da Calculadora de IQA, disponível no Portal InfoHidro, do IGAM (2019).

As amostras de *E. coli* foram analisadas pelo Laboratório de Taxonomia, Biodiversidade e Biotecnologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG), pelo método do *Colilert Idexx Quanti-Tray* 2000. A temperatura da água foi determinada em campo com o aparelho Hanna HI8424. Os outros parâmetros foram analisados no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências (IGC/UFMG), seguindo os procedimentos estabelecidos no *Standard Methods for examination of water and wastewater* (APHA, 2012). Para a análise dos parâmetros de qualidade da água analisados, foram comparados os resultados obtidos com os limites para a Classe 1 estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008 e pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005.

A avaliação das condições de balneabilidade seguiu os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000). De acordo com essa resolução, as águas doces são classificadas como própria ou imprópria, com base em padrões de indicadores de contaminação fecal e pH.

De forma a complementar a avaliação de condições de balneabilidade, foi calculado o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB (LOPES, 2012), por meio da adoção das curvas de qualidade desenvolvidas para *E. coli*, pH e turbidez. O índice utiliza ainda em sua formulação a densidade de cianobactérias, não disponível no monitoramento para o Ribeirão da Prata. A ausência de dados sobre a densidade de cianobactérias não interfere no resultado, devido ao ICB utilizar o método do mínimo operador, ou seja, o resultado do índice é definido pela variável de pior desempenho. Assim, não há ponderação no processo de cálculo, evitando a inerente perda de informações e efeito compensatório entre variáveis.

A proposta de reenquadramento foi feita com base no uso e cobertura da terra, nos resultados do diagnóstico de qualidade das águas e com dados sobre os usos atuais e pretendidos, levantados em campo e em fontes secundárias, como outorgas, legislação, artigos, entre outros. Os mapas produzidos para este trabalho foram desenvolvidos no software ArcMap 10.3.

A proposta de monitoramento das águas para fins de recreação de contato primário na bacia do Ribeirão da Prata, foi elaborada a partir dos critérios e diretrizes da Organização Mundial da Saúde para monitoramento de águas recreacionais (WHO, 2003), legislação vigente para avaliação de condições de balneabilidade (BRASIL, 2000; MINAS GERAIS, 2008) e literatura científica correlata (LOPES, 2012; MARTINS, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade das águas

Conforme os resultados apresentados na tabela 1, os parâmetros DBO, *E. coli*, nitrato, pH, STD e turbidez ficaram dentro dos valores estipulados para Classe 1, pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/08, em todos os pontos coletados. As concentrações de fosfato e OD excederam os limites na Barragem de Raposos e no Poço Azul, ficando dentro dos limites na Cachoeira Santo Antônio.

Os resultados desfavoráveis de fosfato podem ser estar relacionados a fatores, como: a intemperização de rochas e minerais fosfáticos, a decomposição de matéria orgânica proveniente da vegetação da bacia e por fezes de animais domésticos (VON SPERLING,

2005), assim como observado no trecho próximo ao Poço Azul e a Barragem de Raposos. Já as concentrações de OD ficaram abaixo do estabelecido pela legislação na amostragem realizada. A concentração inferior de OD na Barragem de Raposos em relação aos demais pontos de análise era esperada, tendo em vista as características lânticas geradas pelo barramento artificial.

Tabela 1 - Concentração das variáveis analisadas na Barragem de Raposos, Poço Azul e Cachoeira Santo Antônio no dia 04/11/2019.

Variáveis	DBO (mg/L)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	OD (mg/L)	pH	STD (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Limites – Classe 1	3	200	0,1 (amb. lótico) 0,02 (amb. lântico)	10	Não inferior a 6	6,0 a 9,0	50	-	40
Barragem de Raposos	0,4	56,3	0,21	0,3	5,2	6,9	18,94	23,8	6,68
Poço Azul	0	27,9	0,67	0,1	5,8	7,2	23,34	23	5,48
Cachoeira Santo Antônio	0	40,8	0,07	1,7	7,4	7,25	14,23	22	2,71

Obs: aos valores, em vermelho, representam violação dos limites estipulados para a Classe 1, conforme DN COPAM/CERH-MG nº 01/08

O IQA foi classificado como “Bom” ($70 < \text{IQA} \leq 90$) em todos os três pontos de coleta. No entanto, o uso do índice encobre os resultados individuais dos parâmetros durante o processo de agregação, não demonstrando aqueles com resultados insatisfatórios. Na Barragem de Raposos (IQA=74) e no Poço Azul (IQA=72,2), os parâmetros *E. coli* e fosfato tiveram resultados inferiores ao IQA final. Na Cachoeira Santo Antônio (IQA=79,7), os parâmetros de pior desempenho foram *E. coli* e nitrato.

Os resultados obtidos para *E. coli* e pH, indicam que, em todos os pontos de amostragem, a qualidade das águas apresentou condições favoráveis à recreação de contato primário, em níveis compatíveis com os padrões para a classe “Excelente” (*E. coli* < 200ufc/00mL e pH entre 6 e 9). Conforme estudo de Lopes e Magalhães Jr. (2010), a Barragem de Raposos esteve em conformidade ao limite de 800 NMP/100mL de *E. coli* em todas as amostras na estação seca (n=5), e ultrapassou o limite em duas amostras no período chuvoso. Assim, foi considerada “Excelente” para a balneabilidade na estação seca e “Imprópria” na estação chuvosa. Já a Cachoeira Santo Antônio apresentou condições

apropriadas à balneabilidade em ambas as estações, sendo classificada como “Muito Boa” na estação seca, e “Excelente” na chuvosa.

Entretanto, em função do maior risco associado à exposição contínua e prolongada em atividades de contato primário com as águas, outras variáveis podem comprometer a saúde e o bem-estar do usuário. Neste contexto, Lopes (2012) propôs o monitoramento das variáveis *E. coli*, pH, densidade de cianobactérias e turbidez, para o cálculo do Índice de Condições de Balneabilidade (ICB). A escolha das variáveis se deve à *E. coli* ser um indicador de contaminação fecal, a densidade de cianobactérias poder apresentar riscos à saúde humana e causar aspectos estéticos negativos. O pH poder causar desconforto em banhistas, com irritações de olhos e pele, e a turbidez, como indicador de claridade visual, devido à fatores estéticos e de segurança para a prática recreacional.

Observando as variáveis *E. coli*, pH e turbidez, e considerando os limites das classes do referido índice, os três pontos estão aptos para a recreação. Deste modo, a Barragem de Raposos e o Poço Azul tiveram a qualidade de suas águas classificada como “Satisfatória” para a balneabilidade (ICB = 63,11 e 68,82, respectivamente) e a Cachoeira Santo Antônio foi considerada “Muito Boa” (ICB = 83,82). Em todos os pontos, a turbidez foi o fator com o pior desempenho.

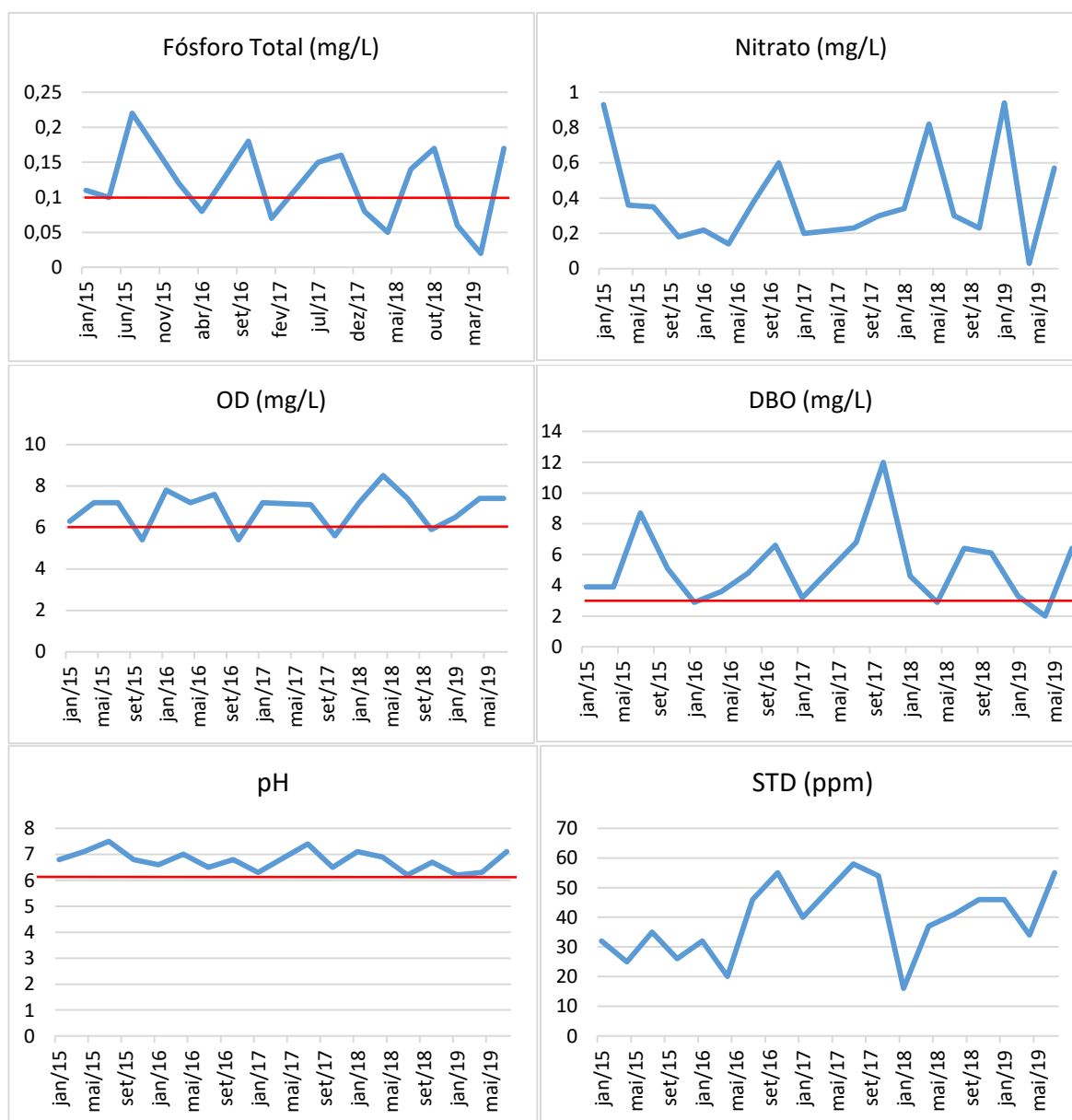
No entanto, para possibilitar a classificação das condições de balneabilidade, é necessária maior frequência de amostragem, visando identificar a influência de fatores sazonais e temporários que possam comprometer a qualidade das águas. Além disso, é recomendável a incorporação da avaliação de densidade de cianobactérias para um diagnóstico mais abrangente (LOPES, 2012).

Visando comparar a qualidade das águas em trechos com diferentes usos da terra, foram avaliados os mesmos parâmetros no ponto de monitoramento do IGAM (AV340), localizado em trecho urbanizado. As concentrações de fósforo no ponto AV340 excederam o limite previsto para Classe 1 (DN COPAM/CERH-MG nº 01/08) em mais de 60% das amostras, possivelmente em função do aporte de efluentes domésticos sem destinação e tratamento adequado (Figura 3).

Na água, o fósforo pode ter origem natural, resultante da decomposição de material biológico ou da lixiviação de minerais fosfatados, ou origem antropogênica, decorrente do escoamento de fertilizantes de terras agrícolas ou provenientes de águas residuais (EMÍDIO, 2012). O aporte excessivo de fósforo em corpos d’água propicia a eutrofização, que é o enriquecimento das águas por matéria orgânica, estimulando o crescimento de algas e plantas (CHORUS; BARTRAM, 1999). Assim, pode ocorrer

alteração de sabor, odor, turbidez e cor da água, além da redução de oxigênio dissolvido, devido ao consumo deste pelas algas e bactérias, causando mortandade de peixes e de outras espécies aquáticas, além de comprometer as condições de lazer no corpo hídrico (LOPES *et al.*, 2020).

Figura 3 – Evolução temporal dos parâmetros fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH e sólidos totais dissolvidos no ponto AV340 – Ribeirão da Prata.



O nitrato em água é oriundo principalmente das águas residuais, do carreamento de fertilizantes agrícolas e da decomposição de resíduos orgânicos. O acúmulo de nitrato, assim como o de fosfato, favorece a eutrofização acelerada de corpos d'água, prejudicando o uso humano da água e causando mortandade de organismos aquáticos (RESENDE, 2002). Nas amostras do ponto AV340, a concentração de nitrato atendeu ao limite da Classe 1 (10

mg/L) em todas as análises, apresentando valores muito abaixo do estabelecido pela legislação (Figura 3).

De acordo com a DN COPAM/CERH-MG n° 01/08, o OD para Classe 1 não deve ser inferior a 6 mg/L. Na amostragem do ponto AV340, as concentrações de OD ficaram dentro do limite de Classe 1 (Figura 3) na maior parte das amostras. As exceções foram nas amostras de outubro de 2015, 2016, 2017 e 2018, não sendo, entretanto, muito abaixo do limite estabelecido pela legislação. Tais resultados coincidem com o início do período chuvoso na região, o que pode gerar uma interferência mais significativa da poluição difusa, carreando materiais orgânicos, depositados durante o período seco, para os cursos d'água. Deste modo, poderia haver uma maior taxa de oxidação na fase inicial do período chuvoso, impactando nas concentrações de OD. Entretanto, apenas por meio de estudos mais aprofundados seria possível verificar a referida hipótese.

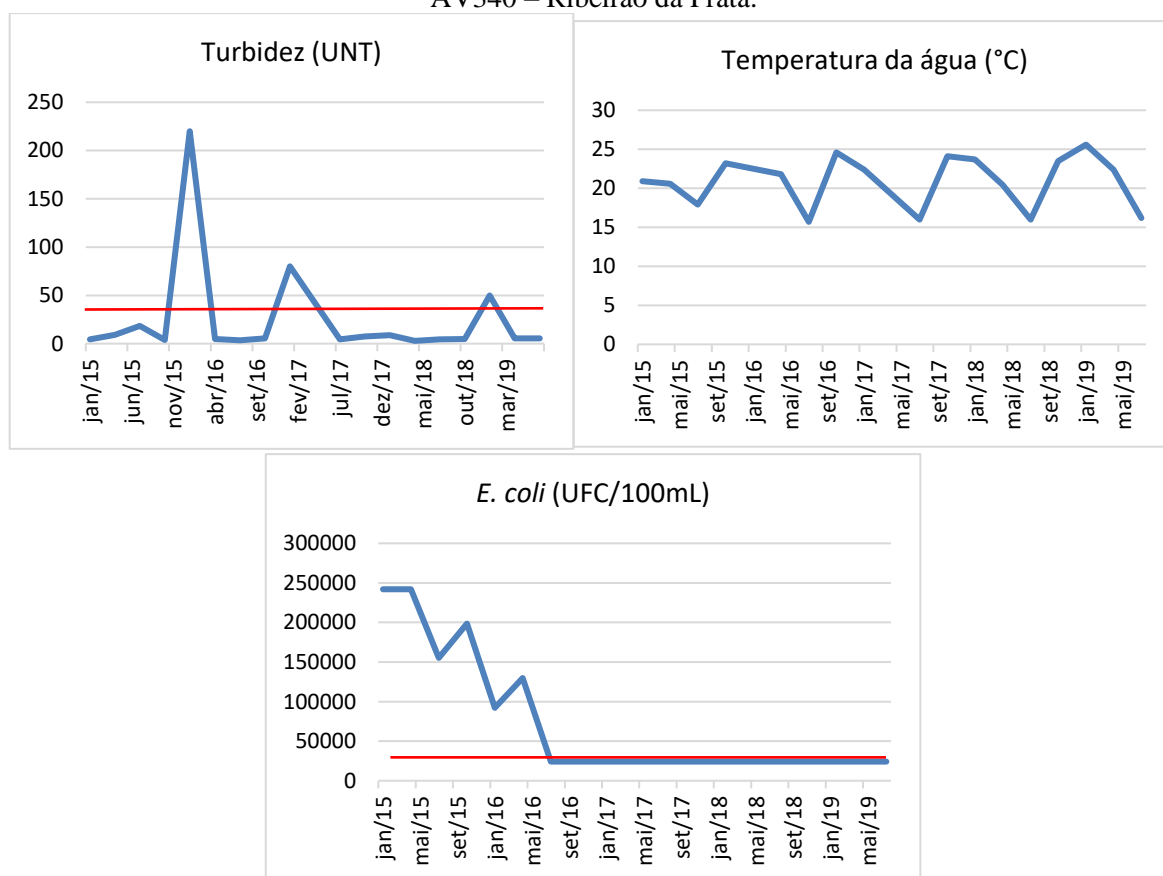
A DBO no ponto AV340 (Gráfico 4) só atendeu ao limite da Classe 1 em três amostras (janeiro/16, abril/18 e abril/19). Tal resultado, demonstra a influência significativa de carga orgânica no Ribeirão da Prata, possivelmente associada à lançamentos de esgotos domésticos *in natura*, das áreas urbanas adjacentes.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um indicador da condição de acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) da água, que varia entre 0 e 14. A variação do pH da água é influenciada por fontes naturais, como a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou por fontes antropogênicas, como despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e despejos industriais (ex. lavagem ácida de tanques). De acordo com a DN COPAM-CERH-MG n° 01/08, o pH para todas as classes deve ser entre 6,0 e 9,0. Valores muito baixos ou muito altos de pH podem causar irritação na pele ou nos olhos e afetar os organismos aquáticos, além da possibilidade de danificação de tubulações, podendo ocorrer corrosão ou incrustações (CECH, 2018). Entretanto, em todas as amostras do ponto AV340, os resultados estiveram conformes aos limites legais ($6,0 < \text{pH} < 9,0$), assim como observado para os valores de STD (500 ppm - Classe 1) (Figura 3).

A turbidez no ponto AV340 (Figura 4), por sua vez, não atendeu ao limite da Classe 1 (40 UNT) em três amostras (janeiro/16, janeiro/17 e janeiro/18). Os picos de turbidez estão possivelmente relacionados a ocorrência de chuvas e a incidência do carreamento de sólidos em suspensão por meio do escoamento superficial. A temperatura da água variou de acordo com mudanças sazonais (Figura 4), não indicando potenciais lançamentos de efluentes geradores de poluição térmica (GAUDARD *et al.*, 2018).

A *E. coli*, espécie do grupo dos coliformes termotolerantes, é utilizada como indicador de contaminação de origem fecal. Assim, a *E. coli* pode ser encontrada em águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente, associada principalmente a efluentes domésticos e atividades pecuárias (DRUMOND *et al.*, 2018). No ponto AV340, a *E. coli* ultrapassou o limite de Classe 1 (200 NMP/100mL) em todas as amostras (Figura 4). Os elevados valores de contaminação fecal podem ser relacionados aos usos da terra do entorno (ROSA; MAGALHÃES JUNIOR, 2019). O ponto de coleta localiza-se em trecho urbanizado, onde o Ribeirão da Prata recebe parte do esgoto da sede municipal de Raposos (ARSAE-MG, 2016).

Figura 4 – Evolução temporal dos parâmetros turbidez, temperatura da água e *E. coli* no ponto AV340 – Ribeirão da Prata.



Proposta de atualização do enquadramento

O enquadramento do Ribeirão da Prata, assim como de toda a bacia do Rio das Velhas, foi estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM n° 20/97. Como disposto na Resolução CONAMA n° 357/05 e Deliberação Normativa n° COPAM/CERH 01/2008, os ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral devem ser

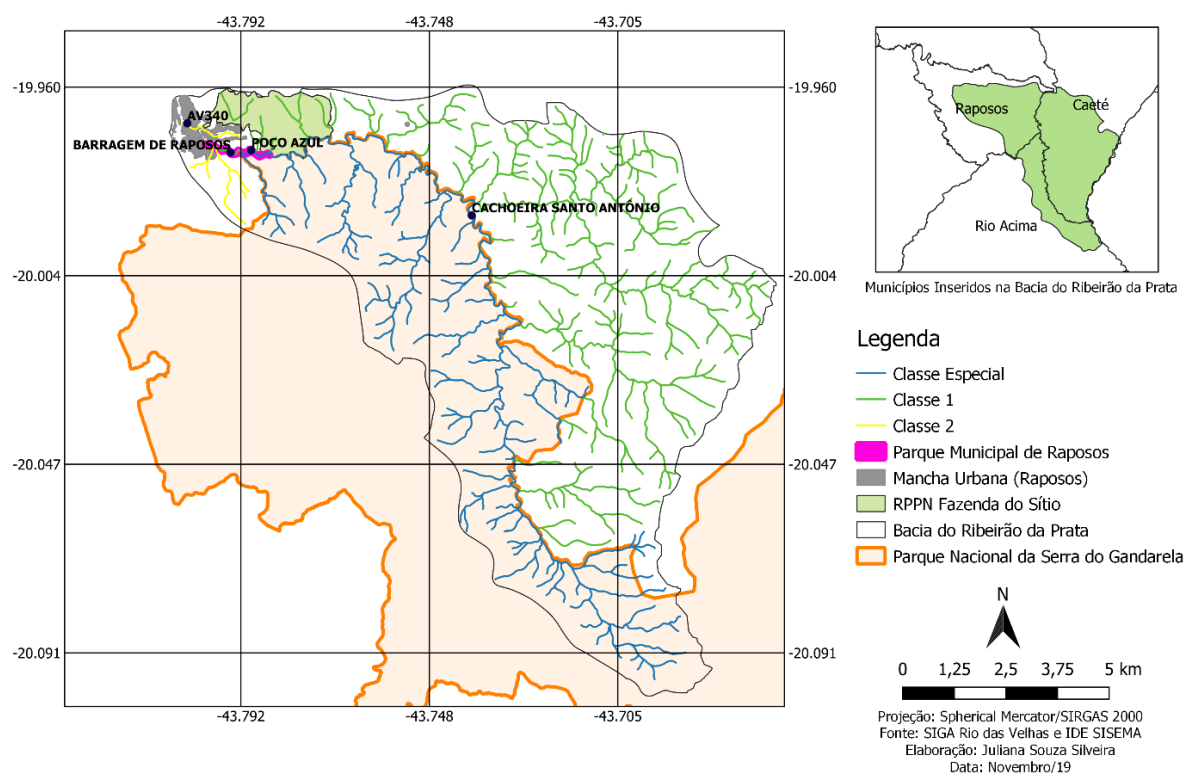
classificados em Classe Especial, visando sua preservação. No entanto, devido a formulação do enquadramento da bacia do Rio das Velhas ser anterior à criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela (2014), o enquadramento do Ribeirão da Prata se mostra desconforme à legislação, já que toda sua bacia está enquadrada como Classe 1, inclusive dentro dos limites do parque.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, o enquadramento deve considerar os usos preponderantes mais restritivos. Na bacia do Ribeirão da Prata, foram identificados os usos recreativos, de preservação, agrícola e urbano. Assim, o enquadramento deve garantir que os usos mais restritivos em requisitos de qualidade das águas não sejam prejudicados.

Na bacia do Ribeirão da Prata foi identificada apenas uma outorga até 2015, no Córrego Grota do Trovão. A outorga é concedida à Vale S.A., para dreno de fundo para disposição de estéril em pilha, podendo ser feita canalização e/ou retificação do curso d'água (SIGA RIO DAS VELHAS, 2019).

Em relação aos usos pretendidos, a Lei Municipal nº 979/2006 de Raposos, que dispõe sobre o uso e ocupação do município de Raposos, prioriza a conservação ambiental do Ribeirão da Prata e o seu uso recreacional. Considerando isto, o diagnóstico da qualidade das águas realizado neste trabalho e os usos atuais e pretendidos da terra e da água na bacia, foi realizada uma proposta de reenquadramento da bacia do Ribeirão da Prata (Figura 5).

Dentro dos limites do parque, todos os cursos d'água foram enquadrados como Classe Especial, devendo ser mantidas as condições naturais destes. Já os cursos d'água da margem direita do Ribeirão da Prata, incluindo os dentro da RPPN e o trecho do Ribeirão da Prata dentro do Parque Municipal de Raposos, foram enquadrados como Classe 1. Nos cursos d'água dentro da RPPN e do Parque Municipal, foi atribuído-se a Classe 1 devido ao uso e ocupação restrita nessas áreas. Já os outros cursos d'água estão em porções pouco ocupadas da bacia, além da maioria destes desaguardarem no Ribeirão da Prata dentro do PARNA Gandarela. Assim, é necessário que estes mantenham elevados padrões de qualidade visando não prejudicar a preservação dos ambientes aquáticos do parque.

Figura 5 - Proposta de reenquadramento da bacia do Ribeirão da Prata.

Já à jusante do Parque Municipal, os cursos d'água são classificados como Classe 2, devido a urbanização consolidada na área, que degrada a qualidade das águas destes tanto pelo lançamento de esgoto não tratado como pela poluição difusa, mas mantendo os objetivos da Meta 2010, substituída pela Meta 2014, da classificação em Classe 2, para propiciar a pesca, navegação e recreação de contato primário na bacia do Rio das Velhas.

O principal problema na qualidade da água do Ribeirão da Prata, no trecho urbanizado, é a alta concentração de *E. coli*. Os níveis adequados de coliformes para balneabilidade em cursos d'água urbanos, mesmo com tratamento de esgotos, são dificilmente atingidos, necessitando de excelente coleta, tratamento e desinfecção das águas residuais para que sejam alcançados (VON SPERLING; VON SPERLING, 2013). Dessa forma, é necessário que sejam estudadas as soluções para a poluição do trecho urbano do Ribeirão da Prata, condizentes com as limitações financeiras e técnicas, para melhor estabelecimento do enquadramento deste trecho. Neste contexto, destaca-se a importância da adoção de medidas de controle da poluição aquática no Ribeirão da Prata, em função do risco à saúde da população, afetada diretamente por inundações recorrentes na área do bairro Várzea do Sítio, em Raposos (SILVA; SANTANA, 2020; BERNARDES, 2022).

Outras análises, como a avaliação dos riscos de não atendimento do enquadramento (MARIN *et al.*, 2007) e a aplicação de questionários junto à população (ATHAYDE JÚNIOR *et al.*, 2008), devem ser realizadas para subsidiar a proposta de revisão do enquadramento, considerando também outros aspectos, como a vazão de referência, a variação sazonal dos parâmetros físico-químicos e biológicos e o volume e a caracterização do lançamento de águas residuais.

Proposta de programa de monitoramento e gestão de águas recreacionais

Devido ao uso recreativo presente nas águas do Ribeirão da Prata, é importante que seja implantado um monitoramento regular da qualidade das águas de seus balneários, buscando a segurança dos banhistas. Deste modo, foi elaborada uma proposta de monitoramento dos balneários do Ribeirão da Prata (Quadro 1), no intuito de subsidiar a gestão da visitação e do uso recreativo das águas na unidade de conservação, seguindo diretrizes legais e literatura especializada (BRASIL, 2000; WHO, 2000; 2003; LOPES, 2012; MARTINS, 2012).

Quadro 1 – Proposta de Programa de monitoramento de balneabilidade para o Ribeirão da Prata.

Local	Parâmetro	Frequência	Observações
Cachoeira de Santo Antônio	• <i>E. coli</i>	Mensal	Coleta no dia de maior visitação - poço da cachoeira.
	• pH	Semanal	Início das coletas 4 semanas antes da estação de maior visitação (verão/férias escolares)
	• Turbidez		
Poço Azul	• <i>E. coli</i>	Mensal	Coleta no dia de maior visitação - praia fluvial.
	• pH	Semanal	Início das coletas 4 semanas antes da estação de maior visitação (verão/férias escolares)
	• Turbidez		
Barragem de Raposos	• <i>E. coli</i>	Mensal	Coleta no dia de maior visitação – a montante do barramento.
	• pH	Semanal	Início das coletas 4 semanas antes da estação de maior visitação (verão/férias escolares).
	• Turbidez		
	• Densidade de cianobactérias ¹		

¹ Avaliar no caso de florações aparentes ou indicação de violação durante o monitoramento mensal.

As amostragens devem ser realizadas, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público e onde houver maior concentração de banhistas, à isóbata de 1m (BRASIL, 2000). Os parâmetros selecionados, *E. coli*, pH, turbidez e densidade de cianobactérias, componentes do ICB (LOPES, 2012), atendem às diretrizes federais e estaduais para águas recreacionais (BRASIL, 2000; MINAS GERAIS, 2008).

O parâmetro determinado pela Resolução CONAMA nº 274 de 2000 para a classificação de balneabilidade são os coliformes fecais (termotolerantes) ou a *E. coli*. Recomenda-se a utilização da *E. coli*, que aponta relação mais significativa entre a incidência de doenças e o uso recreacional das águas (WADE *et al.*, 2003). De acordo com a concentração destes micro-organismos, as águas são classificadas como Excelente, Muito Boa, Satisfatória ou Imprópria.

A avaliação e monitoramento da densidade de cianobactérias, no entanto, é recomendada, em um primeiro momento, para a Barragem de Raposos. Por ser um ambiente aquático com características lânticas, o local apresenta características mais propensas a florações de algas. Entretanto, a frequência, bem como sua aplicação em demais áreas deve ser avaliada ao final do primeiro ano de monitoramento. Embora não estabelecida pela Resolução CONAMA 274/2000, a avaliação da densidade de cianobactérias para águas recreacionais no estado de Minas Gerais é estabelecida pela Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008.

Apesar de não haver limites legais estabelecidos para a turbidez, seu monitoramento consiste em uma parte importante da avaliação, haja vista fatores os riscos de natureza física, relacionados à claridade visual das águas (LOPES, 2012). Além disso, seu monitoramento contínuo apresenta potencial para a predição das concentrações de material fecal em corpos d'água, devido a esperada correlação positiva entre turbidez e *E. coli* (DAVIES-COLLEY *et al.*, 2018).

A frequência de monitoramento sugerida é mensal, com exceção da alta temporada (definida em função do maior afluxo de visitantes), em que o monitoramento deve incorporar 5 (cinco) amostras semanais, iniciadas 4 (quatro) semanas antes da alta temporada. Este critério baseia-se na proposta de Martins (2012), que verificou ser o critério mais aceito dentre o grupo de especialistas consultados, para atendimento ao conjunto mínimo de amostras preconizado pela Resolução CONAMA 274/2000.

Embora o monitoramento semanal seja o mais adequado e recomendado por diversas agências ambientais (LOPES, 2012), os altos custos financeiros e logística de coleta e encaminhamento de amostras, especialmente em áreas naturais, o monitoramento mensal contínuo pode ser adotado. Com esta frequência adotada de forma contínua, seria possível a adoção de classificações de longo termo (*grading*), que permitem traçar o panorama mais fidedigno das condições de balneabilidade, haja vista a alta interferência de fatores sazonais sobre a qualidade das águas. Conforme a WHO (2003), para a classificação de longo termo, seriam necessárias pelo menos 60 amostras em um período de cinco anos, correspondendo

a uma frequência mensal de análise. Deste modo, o protocolo de classificação das águas recreacionais, proposto para a bacia do Ribeirão da Prata é apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Protocolo para classificação das águas recreacionais na bacia do Rio da Prata.

Classificação	Critério	
Própria	Excelente	$E. coli \leq 200/100 \text{ ml}$
	Muito Boa	$E. coli \leq 400/100 \text{ ml}$
	Satisfatória	$E. coli \leq 800/100 \text{ ml}$
Imprópria	Valor obtido na última amostragem superior a 2.000 <i>E. coli</i> /100 ml	
	Densidade de cianobactérias > 10.000 cels/ml	
	$6 > \text{pH} > 9$	

Fonte: Adaptado de Brasil (2000), Minas Gerais (2008) e Lopes (2012).

Além dos critérios acima, a Resolução CONAMA nº 274 de 2000 também considera como fatores impeditivos do uso recreacional a incidência alta na região de doenças de veiculação hídrica, a 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, $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$, exceto em condições naturais, a floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana, além de outros fatores que possam oferecer riscos.

Neste sentido, inspeções sanitárias no entorno e na bacia de drenagem podem ser adotadas para a identificação de possíveis fatores de risco, não identificáveis por meio das análises de água (LOPES; OLIVEIRA, 2017; USEPA, 2008; WHO, 2000). Outra possibilidade de aplicação do programa de monitoramento, seria a avaliação dos impactos da visitação turística nos balneários sobre a qualidade das águas. Neste caso, seria necessário adotar um subprograma, abrangendo amostragens comparativas antes de durante a atividade recreacional, de forma a orientar a elaboração de diretrizes de uso dos balneários.

Considerações finais

A preservação da bacia do Ribeirão da Prata se mostra importante para a prevenção de conflitos entre os usos atuais e pretendidos na bacia, e neste ponto destaca-se o enquadramento como importante instrumento para o planejamento da bacia, visto que este contempla tanto a gestão do uso da terra quanto a do uso das águas. Nesse sentido, a presença do PARNA da Serra do Gandarela exerce papel fundamental para a preservação da qualidade das águas do curso d'água.

Para garantir que o parque efetivamente auxilie na manutenção da qualidade da água do Ribeirão da Prata, o Plano de Manejo e o Plano de Uso Público (PUP) devem considerar o enquadramento da bacia, contemplando o uso recreacional. Este uso demanda boa qualidade, mas, em contrapartida, pode degradar a qualidade da água, caso a atividade seja desenvolvida de forma desordenada. Para conter os possíveis danos desse uso, o PUP deve estabelecer diretrizes para a gestão e o desenvolvimento da atividade recreacional, de forma a minimizar os impactos inerentes a esse uso, a partir de estudos relativos à capacidade de carga nas áreas de maior visitação.

O enquadramento de corpos de água da bacia deve ser revisto pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, juntamente com o Subcomitê Águas do Gandarela, considerando as alterações do uso da bacia desde o estabelecimento do enquadramento atual. Para que o enquadramento seja efetivo, deve haver também a integração com os demais instrumentos da PNRH e da gestão territorial. É importante que a proposta de reenquadramento estabeleça metas viáveis, condizentes com os recursos financeiros e técnicos disponíveis. Deve haver também um prazo estabelecido para o alcance das metas, e estas devem ser revistas no fim do prazo determinado, para que o enquadramento acompanhe as alterações do espaço.

Para garantir o uso seguro do Ribeirão da Prata para a balneabilidade, deve haver o monitoramento dos balneários, com frequência adequada, visto que o único ponto de monitoramento da bacia encontra-se à jusante dos locais de recreação, não refletindo a qualidade destes. Por fim, destaca-se a urgente necessidade da proteção da Serra do Gandarela e de seus recursos naturais no cenário atual, visto esta ser uma das poucas áreas preservadas no Quadrilátero Ferrífero e reserva estratégica para o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, região que vem observando seus principais mananciais de abastecimento de água serem degradados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Tarcísio Nunes (ICMBio) e ao ICMBio pelo apoio para a realização deste trabalho e pela viabilização do trabalho de campo. Agradecemos também ao Prof. Diego Macedo (UFMG) e ao Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais pelo auxílio com as análises laboratoriais.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Relatório de Fiscalização dos Serviços de Esgotamento Sanitário da Sede Municipal de Raposos - Agosto/2016*.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methos for examination of water and wastewater*. 22ed. Washington, 2012.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B. *et al.* Principais usos da água do rio Sanhauá na área de influência do antigo lixão do Roger: proposta de revisão de enquadramento do rio. *Ambi-Agua*, Taubaté, v.3, n.3, p. 128-142, 2008.

BERNARDES, I. *Nova Lima, Rio Acima, Raposos e Juatuba ficam debaixo d'água após temporal*. Estado de Minas, Belo Horizonte, 08/01/2022. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2022/01/08/interna_gerais,1336342/nova-lima-rio-acima-raposos-e-juatuba-ficam-debaixo-d-agua-apos-temporal.shtml.

BRASIL. *Decreto nº 14.013, de 13 de outubro de 2014*. Cria o Parque Nacional da Serra do Gandarela, localizado nos Municípios de Nova Lima, Raposos, Caeté, Santa Bárbara, Mariana, Ouro Preto, Itabirito e Rio Acima, Estado de Minas Gerais. Brasília, 13 out. 2014.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 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, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 jan. 1997.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000*. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, 25 jan. 2001.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. 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. Brasília, 18 mar. 2005.

CECH, T. *Principles of water resources: History, development, management, and policy*. 4th edition (VitalSource bookshelf version). 2018.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. WHO, London, 1999.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS - CBH RIO DAS VELHAS. *Cartilha Unidade Territorial Estratégica Águas do Gandarela*. 2019. Acessado em: 07 jun. 2019. Disponível em: < <http://cbhvelhas.org.br/riocipo/>>

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.

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

EMÍDIO, V.J.G. *A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2012.

GAUDARD, A.; WEBER, C.; ALEXANDER, T.J.; HUNZIKER, S.; SCHMID, M. Impacts of using lakes and rivers for extraction and disposal of heat. *WIREs Water*. 2018; 5:e1295.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Calculadora de IQA e CT*. Portal Infohidro: IGAM, 2019. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/280-calculadora-de-iqa-e-ct>. Acesso em: 18/11/2019

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais - 2014/2017*. Belo Horizonte: IGAM, 2018.

LEITE, A.C.C.; MAGALHÃES JR., 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, 2015.

LOPES, F. A.; OLIVEIRA, C. K. R. Protocolo para avaliação da qualidade sanitária e ambiental em balneários de águas doces no Brasil. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 13(25), 1–17, 2017.

LOPES, F. W. A.; CARVALHO, A.; MAGALHÃES JR, A.P. Levantamento e avaliação dos impactos ambientais em áreas de uso recreacional das águas na bacia do alto rio das Velhas. *Caderno Virtual de Turismo*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p.177-190 ago. 2011

LOPES, F.A. *et al.* Challenges for contact recreation in a tropical urban lake: assessment by a water quality index. *Environ Dev Sustain*, 22(6), 5409-5423, 2020.

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

LOPES, F.W.A.; MAGALHÃES JR, A.P. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do Alto Rio das Velhas – MG. *Hygeia*, v. 6, n. 11, p. 133-149, 2010.

MAILLARD, P.; SANTOS, N.A.P. Spatial-statistical approach for modelling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed - Brazil. *Journal of Environmental Management* 86(1) 158-170, 2008.

MARIN, M.C.F.C. *et al.* Proposta preliminar de reenquadramento dos corpos de água em classes e avaliação do seu risco de não atendimento: estudo de caso da bacia do Alto Iguaçu. *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo, 2007.

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

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997*. Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas. Belo Horizonte, 27 jun. 1997.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01, de 5 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. Belo Horizonte, 13 maio 2008.

MOVIMENTO PELA PRESERVAÇÃO DA SERRA DO GANDARELA - MPSG. *Parque Nacional da Serra do Gandarela Oportunidade de Riqueza Limpa e para Toda Vida*. Belo Horizonte, 2012, 217 p.

PREFEITURA DE RAPOSOS. *Lei Municipal N° 979, de 2006*. Dispõe sobre normas de uso e ocupação do solo no município de Raposos. Raposos, 2006.

RESENDE, A.V. *Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

ROSA, N.M.G.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P.M. Aplicabilidade de Protocolos de Avaliação Rápida (PARs) no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: o caso do Parque Nacional da Serra do Gandarela (MG). *Caderno de Geografia*, v.29, n.57, p. 441- 464, 2019.

SIGA RIO DAS VELHAS. *VelhasMap*. Disponível em: <<http://sig.cbhvelhas.org.br/portal/sigaweb.zul>> Acesso em: 22/11/2019

SILVA, C.; SANTANA, P. *Após inundação, moradores deixam casas em Raposos*. Estado de Minas, Belo Horizonte, 24/01/2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/24/interna_gerais,1116642/apos-inundacao-moradores-deixam-casas-em-raposos.shtml

TRINDADE, A. L. C. et al. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 13-24, 2017.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Great lakes beach sanitary survey user manual*. EPA-823-B-06-001, 2008. 81p.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. *Eclética Química.*, v. 22, p. 49-66, 1997.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

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 & Technology*, 67,11, 2013.

WADE, T.J. et al. Do US Environmental Protection Agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 111(8), 1102–1109, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for safe recreational water environments - coastal and fresh waters*. Geneva, Switzerland, 2003. v.1, 253p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Monitoring Bathing Water: a Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programs*. London: E & FN Spon, 2000, 311 p.