

Utilização de Técnicas de Geoprocessamento como Suporte à Análise da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Tanque, MG

Use of Geoprocessing Techniques to Support Water Quality Analysis in the Tanque River, MG

Uso de Técnicas de Geoprocementamiento para Apoyar el Análisis de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Tanque, MG

Recebido: 17/05/2022 | Revisado: 25/05/2022 | Aceito: 27/05/2022 | Publicado: 06/06/2022

Diego Carlos Ferreira Rosa Vitorino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5241-9757>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: diegocarlosrosa@yahoo.com.br

Anderson de Assis Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4269-7072>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: andersondeassis@unifei.edu.br

Wesley Maia Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5888-270X>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: wesley.supramlm@gmail.com

Resumo

A geotecnologia atualmente é uma ferramenta de extrema importância para a realização de estudos ambientais por meio do levantamento de uma série de dados adquiridos por imagens de satélite. Com o auxílio do programa QGIS e da paleta de cores do MapBiomas Brasil buscou-se identificar os tipos de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Tanque, MG. Com essas informações foram comparados os parâmetros de qualidade da água obtidos por meio da estação de monitoramento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no rio Tanque (código RD080) no período de janeiro de 2017 a outubro de 2020. Foram levantados os dados do uso e ocupação do solo a montante do ponto de monitoramento, procurando-se descrever os possíveis usos e ocupação do solo que possam interferir nos parâmetros de qualidade da água nesta estação de monitoramento, sendo os principais usos observados pastagem (39,31%) e formação florestal (35,19%). Observaram-se violações da Deliberação Normativa 01/2008 nos parâmetros analisados, que em alguns casos estão relacionados à sazonalidade (turbidez e cor verdadeira, por exemplo). Observou-se também valores de ferro dissolvido acima do valor máximo permitido em 67% das análises, um indicativo da vocação minerária deste elemento na região, que interferiu na qualidade da água. E. coli apresentou violações em 40% das análises, que parece ter relação com a criação de bovinos e equinos na bacia, que tem como principal uso do solo a pastagem.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Qualidade da água; Uso e ocupação do solo.

Abstract

Nowadays, geotechnology is an extremely important tool for carrying out environmental studies through the collection of a series of data acquired by satellite images. With the help of the QGIS software and the MapBiomas Brazil color palette, the types of land use and occupation in the Tanque river watershed, MG, Brazil, have been identified. With this information, the water quality parameters were compared through the monitoring station of the Minas Gerais Institute for Water Management (IGAM) on the Tanque river (code RD080) from January 2017 to October 2020. Land use and occupation upstream of the monitoring point, seeking to describe the possible uses and occupation of the soil that may interfere with the parameters of water quality in this monitoring station, with the main uses observed being pasture (39.31%) and forest formation (35.19%). Violations of Normative Deliberation 01/2008 were observed in the analyzed parameters, which in some cases are related to seasonality (turbidity and true color, for example). Dissolved iron values above the maximum allowed value were also observed in 67% of the analyses, an indication of the mining vocation of this metal in the region, which interfered with the quality of the water. E. coli showed violations in 40% of the analyses, which seems to be related to cattle and horses in the basin, whose main land use is pasture.

Keywords: Hydrographic Basin; Water quality; Land use and occupation.

Resumen

Hoy en día, la geotecnología es una herramienta de suma importancia para la realización de estudios ambientales a través de la recopilación de una serie de datos adquiridos por imágenes satelitales. Con la ayuda del programa QGIS y

la paleta de colores MapBiomas Brasil, han sido identificados los tipos de uso y ocupación del suelo en la cuenca del río Tanque, MG, Brasil. Con esta información, se compararon los parámetros de calidad del agua a través de la estación de monitoreo del Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) en el río Tanque (código RD080) desde enero de 2017 hasta octubre de 2020. Los datos de uso y ocupación del suelo fueron analizados arriba del punto de monitoreo, buscando describir los posibles usos y ocupaciones del suelo que puedan interferir en los parámetros de calidad del agua en esta estación de monitoreo, siendo los principales usos observados el pasto (39,31%) y la formación de bosque (35,19%). Se observaron violaciones a la Deliberación Normativa 01/2008 en los parámetros analizados, que en algunos casos están relacionados con la estacionalidad (turbidez y color verdadera, por ejemplo). También se observaron valores de hierro disuelto por encima del valor máximo permitido en el 67% de los análisis, indicio de la vocación minera de este metal en la región, que interfería en la calidad del agua. E. coli mostró violaciones en el 40% de los análisis, lo que parece estar relacionado con el ganado vacuno y equino de la cuenca, cuyo uso principal del suelo es el pastoreo.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica; Calidad del agua; Uso y ocupación del suelo.

1. Introdução

A importância de adquirir conhecimentos sobre a distribuição geográfica criou ao decorrer dos anos um conjunto de técnicas e aparatos tecnológicos capazes de realizarem tratamentos de imagens por meio de ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG), permitindo identificar as características da superfície terrestre (Câmara & Davis, 2001).

Com as aplicações de estudo de imagens de geoprocessamento é possível realizar ações de planejamento para a tomada de decisões em diversas áreas, como econômica, transportes, energia, estudos ambientais e diversas outras demandas que o geoprocessamento contribui por meio da análise espacial (Stefani et al., 1996).

Portanto, pode-se destacar o geoprocessamento como uma vertente para gerar dados para análises de estudos ambientais, que podem ser realizadas por ferramentas computacionais, analisando as evoluções espaciais e temporais de determinada área de análise com fenômenos geográficos (Souza, 2003).

Na vertente das análises ambientais, a geotecnologia pode ser utilizada como uma ferramenta de extrema importância para a gestão dos recursos hídricos, permitindo a disponibilização de informações para o estudo de unidades territoriais de bacias hidrográficas e análises de uso e ocupação do solo (Longley, 2013).

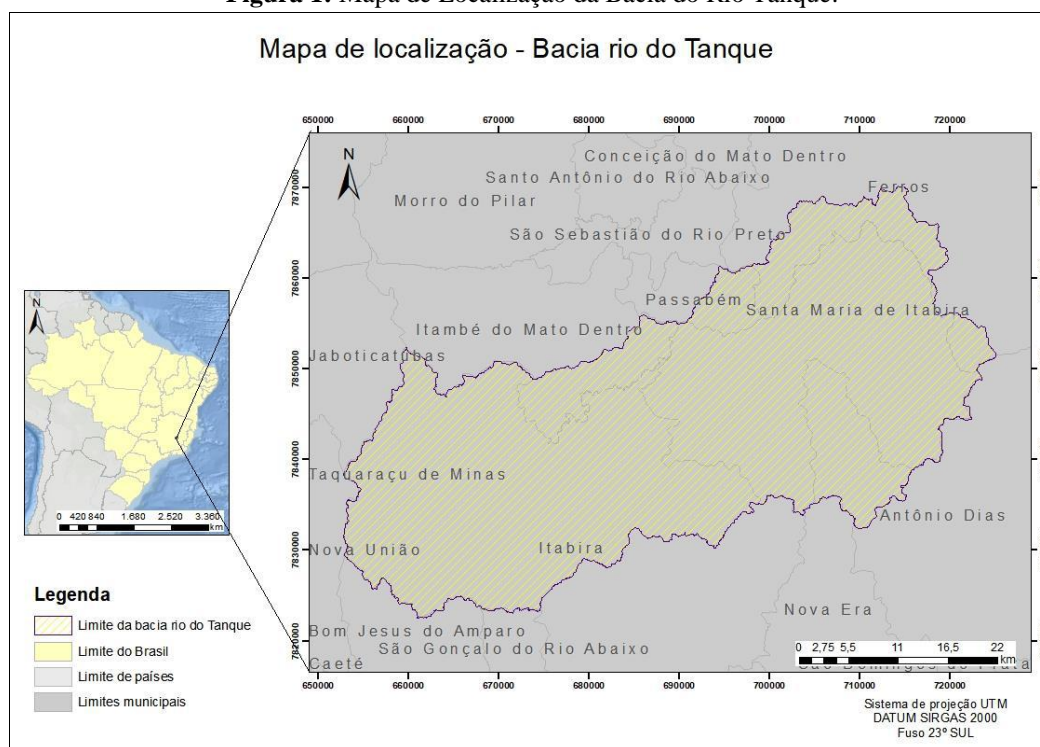
Neste contexto, este trabalho visa analisar por meio de ferramentas de geotecnologias o uso e ocupação do solo da bacia do rio Tanque, em Minas Gerais, a montante do ponto de monitoramento da qualidade das águas realizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), denominado RD080, utilizando-se de imagens de satélite e a definição do uso e ocupação do solo por meio do Mapbiomas do Brasil.

Por meio do recorte da bacia hidrográfica do rio Tanque em relação ao ponto de monitoramento busca-se avaliar a interferência do uso e ocupação do solo e correlacionar esses usos com a qualidade das águas nesta bacia hidrográfica. Especificamente, busca-se realizar inferências sobre os padrões de qualidade das águas e levantar as possíveis fontes de poluição na bacia que podem estar interferindo nos padrões químicos, físicos e biológicos da água.

2. Metodologia

A área de pesquisa deste estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Tanque no Estado de Minas Gerais, que possui uma área de total de 1.779,537 km², conforme a Figura 1.

Figura 1: Mapa de Localização da Bacia do Rio Tanque.



Fonte: Autoria Própria.

Elaboração do mapa hipsométrico

Os dados de hidrografia e bacia hidrográfica otocodificadas foram obtidos por meio da plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA, 2021), onde o corpo hídrico em estudo possui o código 7664.

Para a identificação da Bacia do Rio Tanque foi utilizado o filtro da tabela de atributos para os dados do campo “nunivotto4” para o valor “7664” com a operação “contiver”, sendo identificada a bacia hidrográfica do rio do Tanque.

Em seguida foi baixado as delimitações da bacia no SISEMA. Utilizou-se o programa QGIS (QGIS, 2022), sendo que através da utilização da função “QSWAT” definiu-se o sentido do escoamento das águas para o ponto de monitoramento RD080, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, localizado às seguintes coordenadas geográficas: 19°17'3,779"S, 43°0'57,539"O, sendo o ponto definido por um marcador. Ao final, realizou-se o recorte da bacia, descartando a área que não contribui com o escoamento para este ponto de monitoramento, formando assim um mapa hipsométrico com a definição das altitudes na escala de vermelho, sendo em tom vermelho as maiores altitudes e em tom verde as menores.

Elaboração do mapa de uso e ocupação do solo

O procedimento para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo consistiu em duas etapas: a aquisição e o tratamento dos dados. Inicialmente, o raster de uso e ocupação do solo foi extraído da coleção do Projeto MapBiomias, via Google Earth Engine. O arquivo no formato “TIFF” foi importado para o QGIS versão 3.12.3 (QGIS, 2022) para dar continuidade no processamento. Neste software, o arquivo foi georreferenciado, vetorizado e, posteriormente, recortado utilizando-se como máscara o limite da área de estudo, a bacia do Rio Tanque – MG. Como produto, tem-se o mapa de uso e ocupação do solo da bacia com a composição RGB para cada classe de uso, conforme paleta de cores estabelecida pelo MapBiomias (Tabela 1). Realizando este procedimento, foram utilizados a paleta de cores do mapa biomas e a ferramenta propriedades do QGIS para formatar a composição RGB de cada cor, sendo assim formada a imagem final. Existe um afluente

do Rio Tanque a jusante do ponto de monitoramento RD080 do IGAM, sendo feito o recorte da bacia, utilizando apenas área da bacia do Rio Tanque que exerce influência sobre o ponto de monitoramento.

Tabela 1: Paleta de Cores do Map Biomas Adquirido.

<i>ID</i>	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>
15	254	217	102
3	0	100	1
4	0	255	1
9	147	81	49
12	184	176	78
21	255	243	191
24	170	0	0
25	248	153	255
29	247	140	0
30	175	42	43
33	0	0	253
41	232	135	248

Fonte: Autoria própria.

Com a atribuição de cores de uso e ocupação do solo foi possível definir as seguintes classes temáticas: Afloramento Rochoso, Corpo d'água, Florestas Plantadas, Formação Campestre, Formação Florestal, Formação Savânica, Infraestrutura Urbana, Lavouras Temporárias, Mineração, Agricultura e Pastagem.

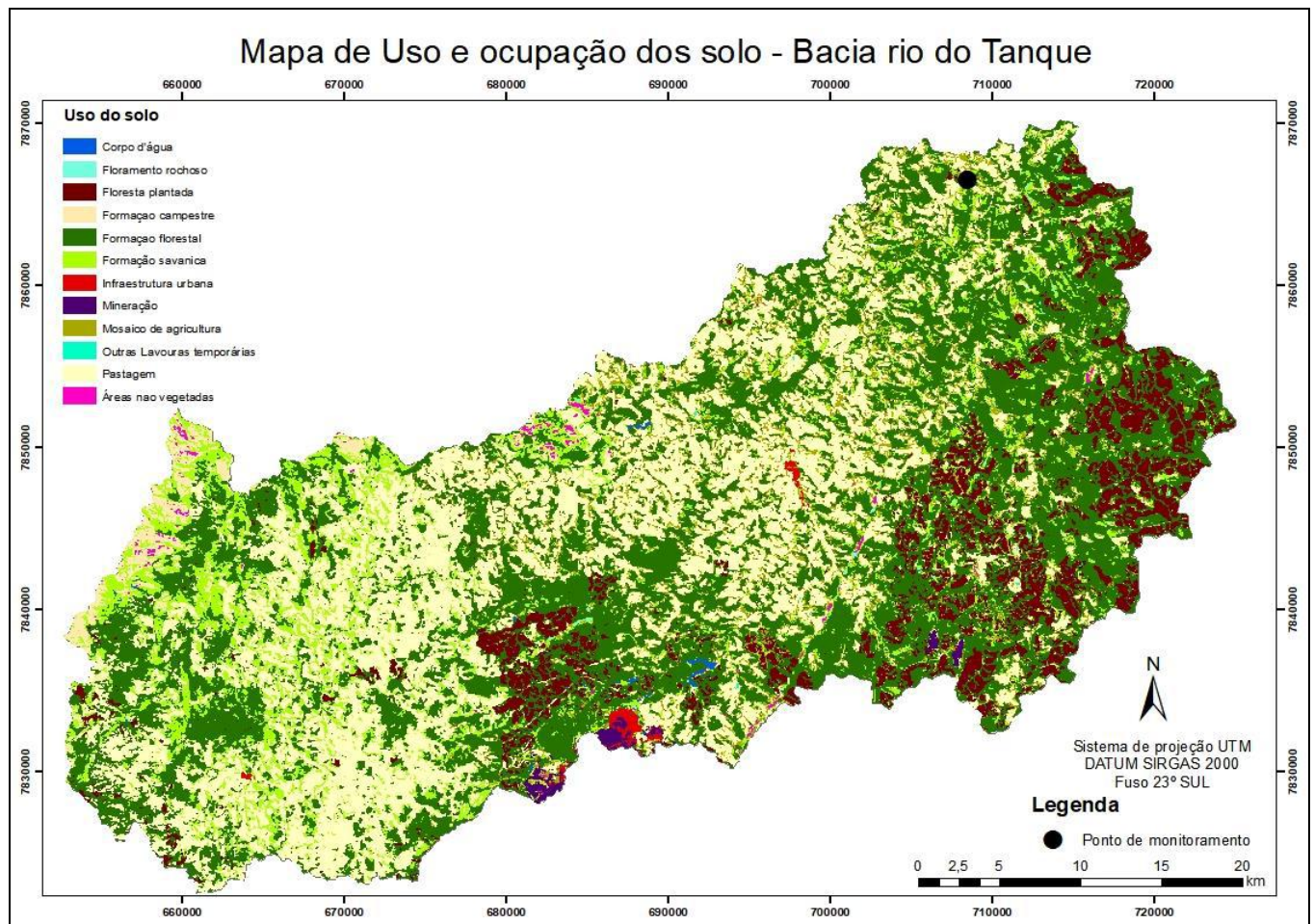
Portanto, com os mapas finais adquiridos foi realizado o estudo de comparação do uso e ocupação do solo da bacia em relação aos dados de monitoramento do ponto RD080, conforme planilha de dados obtida de janeiro de 2017 a outubro de 2020 no sítio eletrônico do IGAM (IGAM).

Com esses dados foram avaliadas as possíveis interferência do uso e ocupação do solo com os parâmetros de qualidade da água. Foram avaliados os parâmetros químicos: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido (OD), Ferro Dissolvido e pH. Para os parâmetros físicos foram avaliados: Cor Verdadeira, e Turbidez. Já para os parâmetros biológicos foram analisados: Clorofila a e *E. coli*.

3. Resultados e Discussão

A bacia do Rio Tanque possui uma área total de 1.779,537 km², e com o recorte da mesma, desconsiderando-se a área com contribuição a jusante do ponto de monitoramento RD080, a área de estudo foi de 1.320,295 Km², área que foi utilizada para ser estudado o uso e ocupação do solo deste trabalho.

Figura 2 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Tanque, considerando-se apenas a área a montante do ponto de monitoramento RD080.



Fonte: Autoria Própria.

Portanto, conforme a figura acima, os usos do solo da bacia são: pastagem de animais. Formação florestal, formação savânica, agricultura e pastagem, florestadas plantadas como eucalipto e pinheiros, formação campestre, mineração e infraestrutura urbano, detalhando a área de uso conforme a Tabela 2 a seguir.

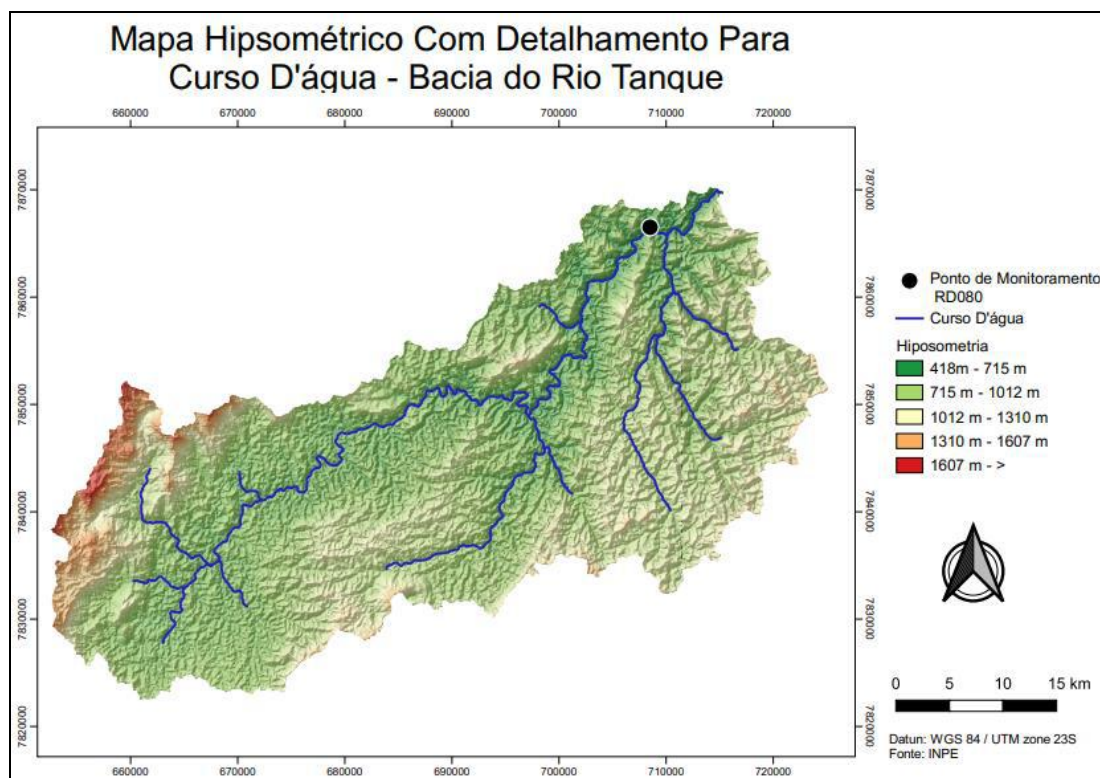
Tabela 2: Dados de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Tanque, MG adquiridos por meio do mapa de uso e ocupação do solo.

Classe de uso do Solo	Área (km²)	Representatividade (%)
Pastagem	515,043	39,31
Formação Florestal	461,032	35,19
Formação Savânica	169,251	12,92
Mosaico de agricultura e pastagem	77,064	5,88
Floresta Plantada	44,032	3,35
Formação Campestre	26,583	2,03
Mineração	5,584	0,43
Outras áreas não vegetadas	4,514	0,34
Infraestrutura Urbana	4,254	0,33
Corpo d'água	1,773	0,14
Afloramento rochoso	0,953	0,07
Lavouras Temporárias	0,204	0,02
Soma		100
Área total da bacia do Tanque	1.779,537	km²
Área da bacia monitorada	1.310,295	km²

Fonte: Autoria Própria.

Foi elaborado também o mapa hipsométrico para verificar o sentido do escoamento superficial das águas da bacia até o ponto de monitoramento conforme a Figura 3 a seguir.

Figura 3 – Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Tanque, MG.



Fonte: Autoria Própria.

Com este mapa foi possível identificar o sentido do escoamento superficial das águas a montante até o ponto de monitoramento. Os usos citados anteriormente foram comparados com os dados de monitoramento da estação RD080 do IGAM do período de janeiro de 2017 a outubro de 2020, adquirindo os seguintes dados para os parâmetros químicos conforme a Tabela 3.

A demanda Química de Oxigênio (DQO) teve seu menor valor em julho de 2020 com 5,0 mg/L e seu maior valor em janeiro de 2017 com 22,0 mg/L. A deliberação normativa COPAM/CERH-MG n°01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) não estabelece padrões de DQO para águas superficiais, mas somente para lançamentos de efluentes, cujo valor máximo permitido é de 180 mg/L.

Já os valores de DBO_{5,20} encontram-se abaixo das concentrações para enquadramento de corpos hídricos de classe 2, de acordo a resolução DN 01/2008 (Minas Gerais, 2008), possivelmente devido à baixa densidade de ocupação antrópica na bacia e à capacidade de autodepuração do rio Tanque no trecho analisado.

Com relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, este teve a maior concentração observada em julho de 2020 com 9,4 mg/L e a menor concentração em janeiro de 2018 com 7,6 mg/L, sendo a média do período estudado de 8,44 mg/L. Conforme a DN 01/2008 (Minas Gerais, 2008), os padrões mínimos aceitáveis para oxigênio dissolvidos são de 5,0 mg/L para corpos hídricos classe 2, sendo assim o corpo hídrico local está acima do limite inferior, o que representa uma boa capacidade de oxigenação do corpo hídrico.

Analisados em conjunto, os valores de DQO, DBO_{5,20} e OD indicam que no ponto de monitoramento RD080 observa-se uma baixa contaminação por matéria orgânica biodegradável, dados os baixos valores encontrados de DQO, DBO_{5,20} e os valores elevados (com relação ao mínimo exigido pela legislação) de oxigênio dissolvido.

Já o Fósforo total apresentou na maior parte do período de estudo a concentração de 0,02 mg/L, ultrapassando o valor máximo permitido apenas em uma ocasião, em janeiro de 2020, com um valor de 0,23 mg/L. De acordo com DN 01/2008 (Minas Gerais, 2008), o fósforo total deve ter uma concentração de até 0,1 mg/L para ambientes lóticos para águas classe 2. Esse pico de concentração de fósforo pode estar relacionado ao período chuvoso, podendo ter ocorrido o arraste de fósforo da bacia pelo escoamento superficial, aumentando o valor deste parâmetro nesta coleta. Porém este valor foi uma exceção no local analisado, tendo em vista que nas demais análises deste parâmetro, no período observado, os valores permaneceram sempre abaixo de 0,07 mg/L, sendo que em 60% das análises o valor observado foi de 0,02 mg/L. Para Rosendo (2022), a elevada concentração de fósforo em um corpo hídrico pode ocasionar em eutrofização, levando diversos organismos aquáticos a morte.

O pH para o período estudado teve uma média de 6,56, conforme a deliberação normativa COPAM/CERH 01/2008 (Minas Gerais, 2008), os padrões aceitáveis de pH, são de 6 a 9. Portanto o uso e ocupação do solo não exerceu influência sobre este parâmetro a ponto de serem observadas violações. Portanto, para este parâmetro a água apresenta boas condições de potabilidade, pois pH fora da normalidade pode deixar a água acida ou alcalina causando consequências como mortandade de peixes conforme Nascimento *et. al* (2007).

Tabela 3: Dados obtidos da estação de monitoramento rd080, no rio tanque, no período analisado.

DATA DA AMOSTRAGEM	DQO (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	OD (mg L ⁻¹)	pH	Fósforo (mg L ⁻¹)	Cor verdadeira (mg Pt L ⁻¹)	Ferro dissolvido (mg L ⁻¹)	Turbidez (UNT)	Clorofila <i>a</i> (µg L ⁻¹)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)
16/01/2017	22,0	2	8,4	6,0	0,06	62	0,39	179	3,12	8664,4
24/07/2017	6,1	2	9,1	6,7	0,03	18	0,20	2,5	0,80	345,1
09/10/2017	15,0	2	8,4	6,7	0,07		0,30	11,8	1,34	255,9
15/01/2018	9,3	2	7,6	6,8	0,02	53	0,69	11,5	1,20	702,7
16/04/2018	6,4	2	8,0	6,6	0,02		0,50	12,7	0,80	1723,3
23/07/2018	11,0	2	9,0	6,7	0,02	21	0,23	4,02	1,07	369,2
15/10/2018	22,0	2	7,8	7,2	0,02		0,35	3,7	1,34	198,9
21/01/2019	14,0	2	7,7	6,4	0,02	54	0,89	9,14	0,98	547,5
08/04/2019	15,0	2	8,2	6,6	0,02		0,50	33,7	0,80	1161,9
08/07/2019	10,8	2	8,7	6,0	0,02	21	0,30	5,04	0,80	156,3
14/10/2019	19,0	2	8,7	6,5	0,04		0,30	2,5	0,80	133,6
21/01/2020	40,0	2	8,6	6,2	0,23	94	0,56	258	2,67	314,5
14/05/2020	18,0	2	9,2	6,1	0,02		0,64	10,1	1,07	3255
16/07/2020	5,0	2	9,4	6,1	0,02	10	0,46	7,73	1,07	1080,7
16/10/2020	12,0	2	7,8	7,8	0,05		0,43	18,3	1,00	2595

DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; pH: potencial Hidrogeniônico. Valores em vermelho representam violações ao padrão de enquadramento para águas classe 2 de acordo com a Deliberação Normativa COPAM 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Fonte: Autoria Própria.

Durante o período de estudo o Ferro dissolvido teve um valor médio de 0,45 mg/L. Conforme a DN 01/2008 (Minas Gerais, 2008), aceitáveis valor máximo permitido para Ferro dissolvido são de 0,3 mg/L para corpos hídricos classe 2. Embora a média esteja acima dos padrões para esta classe, verifica-se que em algumas análises os valores foram ultrapassados na ocorrência de sazonalidades de cheia, quando ocorre o arraste de sedimentos, o que possui relação direta com a constituição do solo local, bem como dada a vocação minerária da região. Observa-se que em dois terços dos dados houve violação do limite máximo permitido para águas classe 2. De acordo Barco (2017), elevada concentração de ferro pode gerar formação de ferrobactérias além de mudar a coloração da água. Além disso, este pode prejudicar na produção industrial como a inviabilização de produção de bebidas alcoólicas e demais alimentos Madeira (2003).

Com relação aos parâmetros físicos na estação de monitoramento RD080, a cor verdadeira teve seu maior valor em janeiro de 2020, de 94 mg Pt/L e o menor valor em julho de 2018 com 18 mg Pt/L. Porém em 47% das ocasiões este parâmetro não foi avaliado. Portanto, de acordo com a DN 01/2008 a cor verdadeira possui um valor máximo permitido de 75 mg Pt/L, apresentando uma violação deste valor no período analisado. Segundo Piveli (2016), a cor verdadeira sofre interferência devido à presença de substâncias tóxicas não biodegradáveis na água. Conforme ressaltado, a área de estudo possui uma área de 39,31% de área de pastagem, 5,88% de agricultura, 3,36% de floresta plantada 0,43% de mineração e 0,33% de infraestrutura urbana, locais que podem contaminar diretamente os corpos hídricos de acordo com Toledo (2019).

A turbidez apresentou grande variação com o menor valor observado em outubro de 2019 (2,48 UNT) e o maior valor em janeiro de 2020 com 258 UNT. A turbidez sofre grande influência da sazonalidade, sendo os maiores valores encontrados em períodos chuvosos, neste caso em janeiro de 2019 e de 2020. Conforme a DN 01/2008 (Minas Gerais, 2008), para a turbidez o valor máximo permitido é de no máximo 100 UNT. Em apenas duas ocasiões estes valores foram ultrapassados. Destaca que elevadas concentrações de turbidez na água pode ocasionar na diminuição da luz solar que penetra a água, impedindo assim a eutrofização de plantas aquáticas reduzindo assim as taxas de oxigênio na água conforme informado pelo Costa (2016).

Conforme Correia *et. al* (2008), a turbidez dos corpos hídricos pode sofrer mudanças devido a processos de movimentação de solo como a mineração e erosão hídrica, principalmente em períodos chuvosos. Sendo assim, a área de estudo possui empresas de mineração que podem impactar este parâmetro nos corpos hídricos. Além disso, os maiores valores apresentados foram nos períodos chuvosos, como no mês de janeiro, que ocorrem maiores índices pluviométricos, acarretando a erosão hídrica que pode impactar a turbidez, causando um aumento desta conforme Rocha (2019).

Por fim, com relação aos parâmetros biológicos, para Clorofila a o maior valor observado foi de 3,12 µg/L. Conforme a DN 01/2008 o valor máximo permitido é de 30 µg/L. Portanto, para águas classe 2 na bacia analisada o uso e ocupação do solo não exerce influência a ponto de causar alterações sobre este parâmetro levando a um aumento acima dos limites para a classe.

Quanto ao parâmetro E. coli, de acordo com a DN 01/2008, o valor máximo permitido é de 1000 organismos por 100 mililitros, verificando-se 6 violações deste parâmetro no período analisado. Destaca-se que nas três últimas coletas no ano de 2020 houve violações, ao contrário de anos anteriores onde se observa que as violações se deram em uma coleta em cada ano, o que denota uma maior relação de despejo frente à capacidade de diluição do corpo receptor, podendo alterar sua condição de enquadramento. Dada a grande área da bacia com pastagens (39,31%) esses valores elevados podem estar relacionados ao arraste para o corpo hídrico de fezes de bovinos e equinos, causando o aumento dos valores observados. De acordo o Instituto Butantan (2021), a E. coli pode ocasionar doenças intestinais, como diarreia, disenteria e demais inflamações, podendo ocasionar em obtos casos mais extremos.

4. Conclusão

Com os dados de resultados obtidos por esta pesquisa, pode-se concluir a importância do monitoramento de bacias hidrográficas por meio de técnicas de geoprocessamento, podendo assim correlacionar dados de uso e ocupação do solo e a sua interferência na qualidade da água.

Observou-se uma baixa contaminação por matéria orgânica, representado pelos baixos valores de DQO, DBO₅, 20 e valores elevados de oxigênio dissolvido, que não apresentaram violações aos valores definidos para águas classe 2 de acordo com a legislação mineira.

Ferro e E. coli foram os parâmetros onde foram observadas mais violações do valor máximo permitido (67% e 40% das análises, respectivamente) no período analisado, sendo o primeiro presente na composição do solo da região, com atividades mineradoras para este elemento. Já o segundo parece ser proveniente do lançamento de esgotos sem tratamento e pela presença de animais, como bovinos e equinos, destacando o principal uso do solo na bacia que é a presença de pastagens, com mais de 39% da cobertura da bacia por este uso do solo.

Contudo, se faz necessário trabalhos futuros de qualidade da água no local de monitoramento deste trabalho, utilizando métodos de análises de laboratório para pesquisas específicas de qualidade da água, afim de obter informações de qualidade da água para comparação dos resultados encontrados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015 e à Universidade Federal de Itajubá.

Referências

- Barco, B. A. P. (2017). *Estudo da Contaminação por Ferro de Águas Subterrâneas Provenientes da Região Noroeste do Estado do Paraná*, UFTP, 2017. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6146/1/contaminacaoferroaguassubterraneas.pdf>.
- Câmara, G & Davis, C. (2001) *Introdução ao geoprocessamento*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, v. I, 2001.
- Correia, A., Barros, E., Silva, J., & Ramalho, J. (2008). *Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento*, VII ERMAC. Natal/RN. https://dimap.ufrn.br/~sbmac/ermac2008/Anais/Resumos%20Estendidos/Analise%20da%20turbidez_Aislan%20Correia.pdf.
- Costa, H. F. (2016). *Monitoramento de qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG) no período de 2005 a 2015*.
- Google Earth Engine, (2022), *Sing In, User Google Account*. https://uc.appengine.google.com/_ah/conflogin?state=%7EAJKiYcFPIwIyiXjIIIV-mLFYHQWTFVcCwUGSkEoiWHUNNGgREB9B6rdkKUbcdmDUO1FLHjfnrgwDPR8vCuzcr05uM3AijxJYu9dO_2RfCICN05oKGBh0FWeevyU415Y2xkxEXwAI8KFJ9po2zYVl6Trkto-GMUigeJLJ9UTzaValDoV-ZhpGGLesiewEEF0nDMbKwF-JgIP&pli=1.
- Igam, I. M. D. G. D. Á. (2022). *Séries Históricas de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais*. Repositório Institucional. <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/405>
- Instituto Butantan. (2021). *Com aprovação da patente de vacina contra E. coli, Butantan dá mais um passo no desenvolvimento de novo imunizante*, Instituto Butantan (2021). Disponível em: <https://butantan.gov.br/noticias/com-aprovacao-de-patente-de-vacina-contr-e.-coli-butantan-da-mais-um-passo-no-desenvolvimento-de-novo-imunizante>.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W. (2013). *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Buokman.
- Madeira, V. S. (2003). *Desenvolvimento de um Carvão Absorvente para Remoção de Íons Ferro em Águas Naturais*, UFSC, (2003)
- Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM/CERH (2008). N° 1. *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 afluentes, e dá outras providências*, Minas Gerais, 2008. <http://www.compe.org.br/estadual/deliberacoes/conjunta/1-2008.pdf>.
- Nascimento, T. S. R., Bojink, C. de L., & Pádua, D. M., (2007). *Efeito do pH da Água no Equilíbrio Iônico de Alevinos de Piaractus mesopotamicus*, 1° Congresso Brasileiro de Peixes Nativos de Água Doce, (2007). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/681436/1/QAGUA06.pdf>.
- Piveli, P. R. (2016). *Características Físicas das Águas: Cor, Turbidez, Sólidos, Temperatura, Sabor e Odor*. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>,

Projeto MapBiomias (2022) – *Coleção da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*, <https://mapbiomas.org/produtos>.

QGIS Development Team, (2022). QGIS *Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

Rocha, P. S. G. (2019). *Análise da Influência da Turbidez em Resultados de Amostra de Água Subterrânea*, Cetesb, 2019. <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2020/11/Paulo-Sergio-Goncalves-Rocha-TCC-T2.pdf>.

Rosendo, E. A. A. (2022). *Análise Multivariada Aplicada ao Estudo do Fósforo Total em Reservatórios da Bacia Hidrográfica do Acaraú-CE*, Universidade Federal do Ceará, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/64230/1/2022_tcc_eaarosendo.pdf.

SISEMA (2022). *Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos*. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br.

Souza R.B. (2003). *Sensoriamento Remoto dos Oceanos*. Espaço & Geografia, 6(1)

Stefani, F. L., Tognon, A. A., Saad, A. M., & Avena, S. S. (1996). *Classificação das terras do município de Guaíra, SP, no sistema de capacidade de uso*. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 1996.

Toledo, L. Q. L. L. (2019). *Análise Preliminar da Qualidade e Quantidade da Água do Ribeirão das Rosas em Juiz de Fora/MG*, (2019). <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Lucas-final.pdf>.