ISSN 2675-3359
Revista Mineira de Recursos Hídricos
v. 7, 2026
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - rmrh.igam.mg.gov.br

DOI: http://1059824/rmrh.v7.361

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE NOS MUNICÍPIOS DE ITABIRA E NOVA ERA - MG

Water quality assessment and the influence of land use and land cover in the Peixe River Sub-Basin, Itabira and Nova Era, Minas Gerais, Brazil

Anderson de Assis Morais[1]

Philip de Souza Moreira[2]

RESUMO

Uso e ocupação do solo alteram os padrões naturais da água, impactando sua qualidade e quantidade. A avaliação da qualidade da água fornece informações sobre o estado dos recursos hídricos, permitindo uma avaliação e o planejamento de ações para garantir seu uso sustentável. O presente estudo avaliou a qualidade da água da sub-bacia do rio do Peixe por meio de análises físicas, químicas e microbiológicas, buscando relacionar a influência do uso e ocupação do solo em sua qualidade. Foram realizadas duas campanhas de coleta em períodos de chuva e seca, analisando dez parâmetros de qualidade e o Índice de Qualidade da Água (IQA), com os resultados comparados com um mapa de uso e ocupação do solo, que apontaram uma forte influência destes em diversos parâmetros de qualidade da água. Destaca-se que nos pontos imediatamente a jusante da área urbana de Itabira observaram-se os maiores valores de contaminação fecal, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e fósforo total, e os menores valores de Oxigênio Dissolvido (OD), o que refletiu também em resultados de IQA ruim, indicando possíveis lançamentos de efluentes líquidos não tratados. Observa-se uma melhora da qualidade nos pontos situados mais próximos à foz, sugerindo a contribuição de processos de autodepuração e diluição. Os resultados mostraram uma evidente necessidade de ações voltadas à recuperação e a conservação do corpo hídrico da sub-bacia do rio do Peixe, destacadamente no trecho a jusante da área urbana de Itabira.

[1] Doutorado e mestrado em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade do Leste de Minas Gerais (UNILESTE). Professor Associado da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) - campus Itabira – e-mail: andersonamorais@gmail.com *Autor correspondente.

[2] Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) - campus Itabira – e-mail: philipdesouzamoreira100@gmail.com

(cc) BY-NC

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos. Monitoramento de qualidade da água. Sistema de Informações Geográficas (SIG).

ABSTRACT

Land use and land cover changes significantly alter natural hydrological processes, affecting both water quality and quantity. Water quality assessment is a crucial tool for understanding the status of water resources and supporting planning and management actions aimed at ensuring their sustainable use. This study assessed the water quality of the Peixe River sub-basin through physical, chemical, and microbiological analyses, seeking to evaluate the influence of land use and land cover on water quality patterns. Two sampling campaigns were carried out during the rainy and dry seasons, with ten water quality parameters analyzed and the Water Quality Index (WQI) calculated. The results were compared with a land use and land cover map, revealing a strong influence of anthropogenic activities on several water quality parameters. Sampling points located immediately downstream of the urban area of Itabira exhibited the highest levels of fecal contamination, Biochemical Oxygen Demand (BOD), and total phosphorus, as well as the lowest concentrations of Dissolved Oxygen (DO), resulting in poor WQI classifications and indicating the likely discharge of untreated wastewater. In contrast, an improvement in water quality was observed at sites closer to the river mouth, suggesting the contribution of self-purification and dilution processes. Overall, the findings highlight the urgent need for restoration and conservation measures within the Peixe River sub-basin, particularly in stretches downstream of the urban area of Itabira.

Keywords: *Water resources management; Water quality monitoring; Geographic Information Systems (GIS).*

Data de submissão: 21/07/2025

Data de aprovação: 23/01/2026

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para toda a biodiversidade por se tratar de uma necessidade fisiológica. A vida humana depende da água para os mais diversos usos, tais como: consumo humano, produção de energia, abastecimento, irrigação, na industrialização, nas atividades de lazer e recreação, ou seja, é impossível pensar em um cenário atual sem água com quantidade e qualidade adequada para seus múltiplos usos.

(cc) BY-NC

Devido ao aumento populacional e à urbanização, atividades antrópicas como as industriais e agrícolas vêm cada vez mais crescendo juntamente com a demanda pelo recurso hídrico (Lourenço *et al*., 2022). Atrelado a esse panorama, encontra-se um grande impasse dentro e nas proximidades da bacia hidrográfica, que é o uso e ocupação do solo de maneira desordenada e sem planejamento, provocando assim, diversas modificações de forma negativa, tanto na quantidade quanto na qualidade da água disponível para uso (Costa Júnior *et al*., 2024).

Diante de todas as modificações que ocorrem dentro de uma bacia, os processos de gestão de recursos hídricos têm grande relevância, pois têm a finalidade de promover e garantir que sejam sustentáveis os diversos usos da água. De acordo com Guedes *et al*. (2012), o monitoramento de qualidade da água é uma das principais formas de garantir a gestão dos recursos hídricos, tornando possível o acompanhamento das condições que se encontram os corpos hídricos, por meio de coleta de dados para realizar a avaliação da qualidade da água.

A partir de informações das características em que se encontram os ambientes aquáticos, é possível promover ações de recuperação, conservação ou preservação dos corpos hídricos, garantindo à atual e à futura geração desfrutar do uso da água em condições adequadas, como estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Brasil, 1997).

Levando em consideração que um dos principais recursos naturais para a humanidade é a água, compreender sua dinâmica é extremamente importante, bem como os diversos fatores que interferem em sua quantidade e qualidade, para que haja um bom planejamento nos seus respectivos usos. O estudo de bacias hidrográficas situadas tanto em áreas urbanas quanto rurais é de suma importância, quando a meta é buscar o equilíbrio entre a exploração de recursos naturais e a sustentabilidade ambiental (Vasco *et al*., 2011).

Com isso, este trabalho buscou realizar a avaliação da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe, nos municípios de Itabira e Nova Era (MG), por meio de análises em amostras de água coletadas em cinco pontos do seu principal curso hídrico, realizadas em duas campanhas no ano de 2025, bem como analisar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade dessa água.

(cc) BY-NC

2 REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeros estudos acadêmicos, como teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, têm sido desenvolvidos com o propósito de investigar a situação ambiental da sub-bacia do rio do Peixe nos últimos anos (Carneiro *et al*., 2019; Gonçalves *et al*., 2019; Dias, Freitas; Marques, 2024). Apesar disso, ainda há uma carência de pesquisas mais integradas e aprofundadas que articulem os dados referentes ao uso e à ocupação do solo com os parâmetros físicos, químicos e biológicos presentes na água da bacia do rio do Peixe.

A avaliação do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas é essencial para compreender de que forma as atividades antrópicas e a distribuição espacial das áreas influenciam diretamente na qualidade e no funcionamento dos sistemas hídricos. Ao se entender como o solo está sendo explorado, torna-se possível identificar potenciais fontes de contaminação, riscos de alagamento, processos erosivos e outras formas de degradação ambiental (EMBRAPA, 2020).

Conforme aponta Von Sperling (1996), a qualidade das águas é influenciada tanto por processos naturais quanto pelas ações humanas. O autor destaca que, de modo geral, essa qualidade está diretamente relacionada ao padrão de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Segundo Nunes e Roig (2015), práticas inadequadas de uso e ocupação do solo podem comprometer severamente a integridade das bacias hidrográficas. No setor agrícola, por exemplo, o manejo incorreto do solo pode acarretar erosão, assoreamento dos cursos d'água e poluição hídrica, em função do uso intensivo de fertilizantes e pesticidas.

Diversas pesquisas também evidenciam a relação entre o crescimento urbano desordenado e a deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente devido à disposição inadequada de esgotos domésticos (Schneider *et al*., 2011; Menezes *et al*., 2016; Tischer, 2017). Esses impactos se refletem, sobretudo, na elevação de coliformes termotolerantes, aumento de nutrientes como fósforo, nitrogênio e carbono orgânico, alterações no pH, entre outros parâmetros.

A análise dos parâmetros de qualidade da água é extremamente relevante, pois permite avaliar se ela está adequada para o consumo humano, uso agrícola, industrial ou

(cc) BY-NC

ambiental. Essa análise possibilita a identificação de contaminantes, níveis de nutrientes, pH, turbidez, entre outros fatores que podem afetar a saúde humana, o meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos hídricos (Brasil, 2006). Segundo Von Sperling (2014) e Libânio (2016), inúmeros parâmetros que englobam as características físicas, químicas e biológicas são utilizados para mensurar a qualidade dos corpos hídricos, funcionando como indicadores para determinar a condição da água e sua adequação aos diferentes usos.

2.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2009), o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos

Seu cálculo do IQA de acordo com a National Sanitation Foundation (NSF) e adaptado pelo IGAM (2012) é realizado de acordo com a Equação (1).

$$IQA=\prod_{i=1}^{n} qi^{wi} \qquad \text{(Equação 1)}$$

em que,

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi = Qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

wi = Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

n = Número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

O método considera nove variáveis consideradas essenciais para a avaliação da qualidade da água: OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrato, fosfato total, variação de temperatura, turbidez e sólidos totais. Para cada variável é adotado um peso estabelecido em

(cc) BY-NC

função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (TABELA 1).

Tabela 1 – Pesos atribuídos aos parâmetros para o cálculo do IQA

Parâmetro	Peso – wi
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes*(NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO_3^-)**	0,10
Fosfato total (mg/L PO_4^{-2})	0,10
Variação da temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg/L)	0,08

Fonte: IGAM (2012)

Os valores obtidos para o Índice de Qualidade da Água (IQA) são classificados de acordo com a faixa em que se encontram, podendo também indicar a necessidade de tratamento convencional ou avançado caso a água seja destinada ao abastecimento público (QUADRO 1).

Quadro 1 – Classificação do Índice de qualidade da água (IQA)

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público.
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito Ruim	

Fonte: IGAM (2012)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

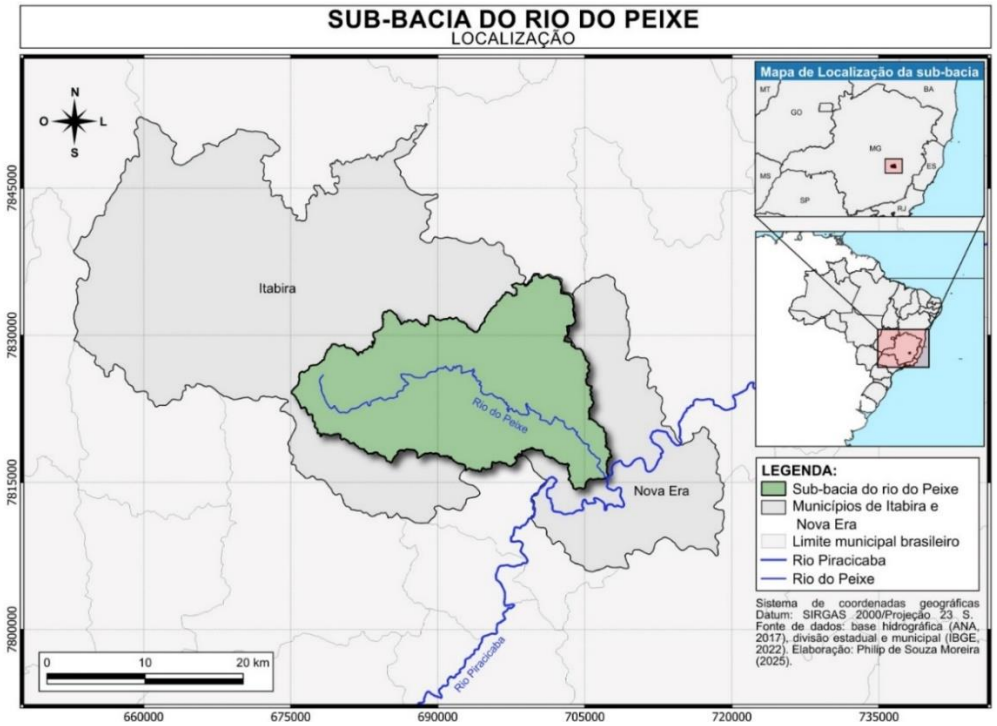
3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe, localizada em sua maior parte no município de Itabira (MG) (MAPA 1). O curso de água do rio do Peixe percorre

(cc) BY-NC

um trajeto de aproximadamente 53 km, desde sua nascente na Serra de Conceição em Itabira até sua foz no rio Piracicaba, no município de Nova Era (MG) (Gonçalves *et al*., 2019).

Mapa 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os principais afluentes do rio do Peixe são os córregos Candidópolis (área de 33,86 km^2 e comprimento de 11,17 km), da Cachoeira (área de 30,16 km^2 e comprimento de 11,58 km), ribeirão São José (área de 57,99 km^2 e comprimento de 15,34 km) e o Córrego Santa Cruz (área de 26,7 km^2 e comprimento de 12,65 km) (Gonçalves *et al*., 2019).

A área em estudo está localizada em uma das sub-bacias hidrográficas do rio Doce, a do rio Piracicaba, região hidrográfica do Atlântico Sudeste, no sudeste brasileiro, possuindo uma área de drenagem total de aproximadamente 410 km², totalmente inserida no estado de Minas Gerais. Possui uma vasta biodiversidade, e exerce um papel fundamental, como o abastecimento para o consumo humano, uso na agropecuária, na indústria, na mineração, dentre outros diversos múltiplos usos que um recurso hídrico pode oferecer (Nascimento, 2016).

(cc) BY-NC

Com relação à pluviosidade, de acordo com Gonçalves e Almeida (2024), os valores de precipitação média mensal na estação 1943100 na sub-bacia do rio do Peixe, variam entre 80 e 300 mm nos meses mais chuvosos, de outubro à março, enquanto no período de estiagem, de abril a setembro, o quantitativo pluviométrico fica constantemente abaixo de 100 mm.

3. 2 Pontos de amostragem

Para a realização deste trabalho, foram realizadas coletas de amostras de água em cinco pontos localizados ao longo do rio do Peixe (TABELA 2).

Tabela 2 – Informações dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio do Peixe

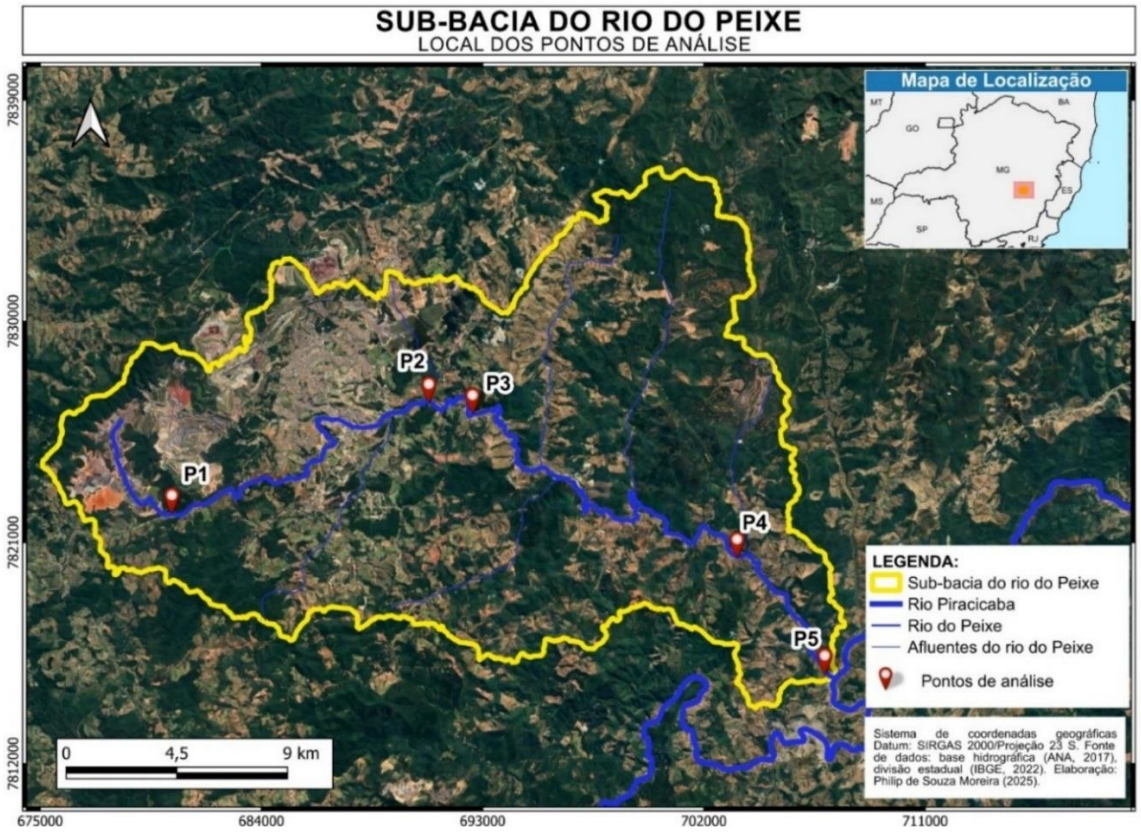
Ponto	Latitude (sul)	Longitude (oeste)	Altitude (metros)	Características
1	19° 41’ 12,5”	43° 16' 54,2”	769	Próximo à nascente, em região industrial, a jusante de uma barragem de rejeito
2	19° 38' 34,5”	43° 10' 49,7”	665	A montante da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Itabira (MG)
3	19° 38’ 34,9”	43° 09' 53,0”	656	Logo a jusante da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Itabira (MG)
4	19° 41' 57,4”	43° 03' 43,2”	552	Trecho médio do rio do Peixe, Itabira (MG)
5	19° 44' 35,5”	43° 01' 15,8”	515	Próximo à foz do rio, no município de Nova Era (MG)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

(cc) BY-NC

Foram realizadas duas campanhas de amostragem, uma representativa do período chuvoso no mês de fevereiro de 2025, e outra no mês de junho de 2025 representativa do período de seca. O Mapa 2 apresenta a distribuição espacial dos pontos de amostragem.

Mapa 2 – Distribuição espacial dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio do Peixe



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os procedimentos de coleta e armazenamento foram realizados segundo Cetesb (2023), sendo que nas análises de $DBO_{5,20}$, turbidez, cor verdadeira, sólidos totais, nitrato e fósforo total, as amostras foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno. Já as coletas para análise de coliformes termotolerantes foram realizadas em frascos de 100 ml de vidro previamente esterilizados. As amostras coletadas foram colocadas dentro de uma caixa de isopor contendo gelo, sendo mantida a refrigeração, e em seguida transportadas ao laboratório para análise.

(cc) BY-NC

Os parâmetros oxigênio dissolvido, pH, temperatura e condutividade elétrica foram analisados *in loco*, sendo utilizada uma sonda multiparâmetro da marca Hydrolab, modelo Quanta, previamente calibrada de acordo com o manual de instruções do fabricante.

Em laboratório, a turbidez foi medida no equipamento turbidímetro devidamente calibrado, da marca Hach, modelo 2100Q. A análise de $DBO_{5,20}$ seguiu o método 5210 (APHA, 2012). A análise de sólidos totais foi realizada com base no método gravimétrico 2540B (APHA, 2012). Para cor verdadeira as análises foram realizadas de acordo com o método 2120 (APHA, 2012). Para as análises de fósforo total, manganês dissolvido e nitrato foram utilizados conjuntos de reagentes e as análises seguiram os protocolos fornecidos pela fabricante Hach®. Para análise de coliformes termotolerantes foi utilizado o método de tubos múltiplos (CETESB, 2018).

3.3 Mapeamento do uso e ocupação do solo e localização dos pontos de coleta analisados

O mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio do Peixe contendo os pontos de amostragem foi elaborado por meio do *software* QGIS versão 3.34.1

Na elaboração do mapa foi adotado o sistema de referência *Datum* SIRGAS 2000/Projeção UTM 23S e utilizado a base de dados de uso e ocupação do solo do Brasil disponibilizado pelo MapBiomas de 2023, a base hidrográfica de 2017 disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH), juntamente com a base de dados da divisão estadual e municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

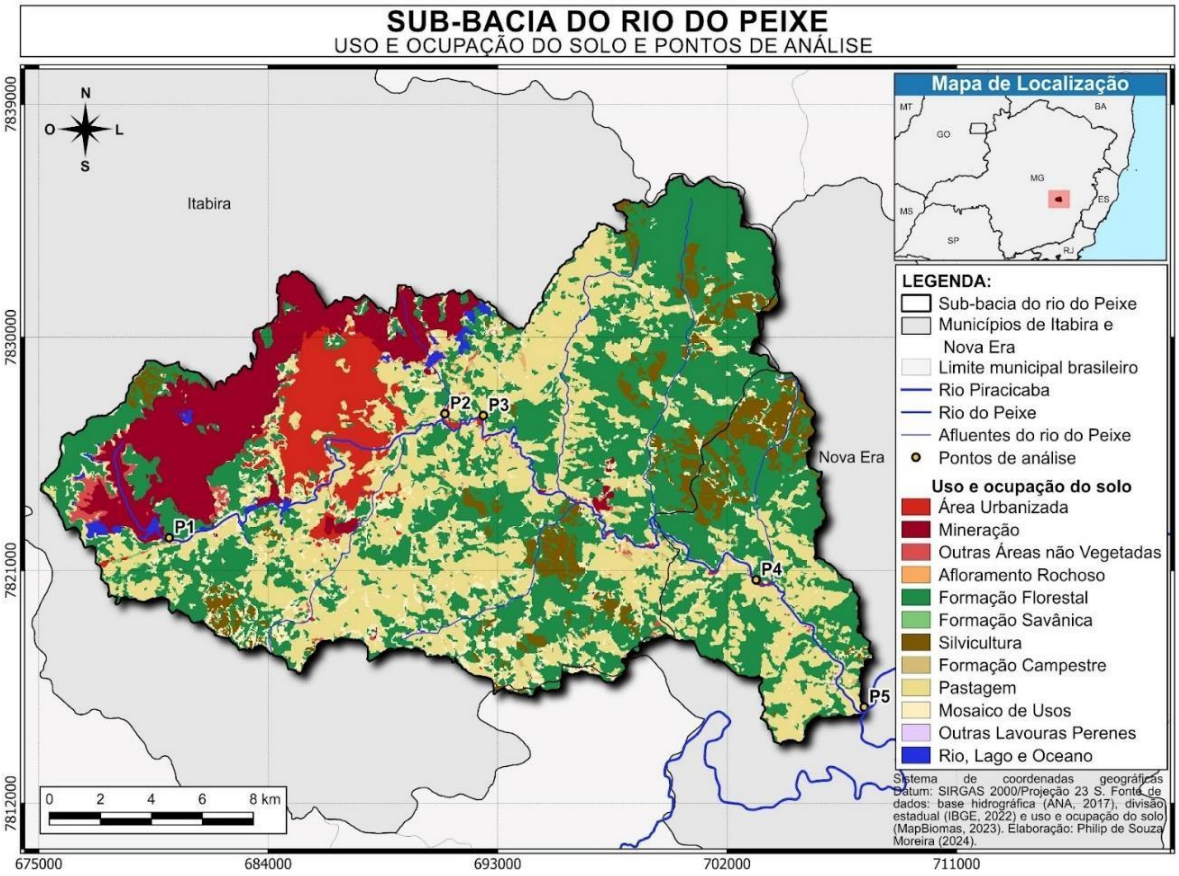
4.1 Uso e ocupação do solo

A sub-bacia do rio do Peixe apresenta uma variedade de formas de uso e ocupação do solo. A área que predomina, conforme observado no Mapa 3, é a formação

(cc) BY-NC

florestal, seguida pelas áreas de mineração e pastagem. Por outro lado, outras lavouras perenes, formações savânicas e afloramentos rochosos são áreas com menor presença na região do estudo.

Mapa 3 – Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio do Peixe e pontos de amostragem



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Destaca-se na Tabela 3 que os 6 primeiros usos e ocupação do solo representam 97,8% de toda a área da bacia. Deste total, a formação florestal representa 40,4% do uso total do solo da bacia, correspondendo a uma área de 165,4 km^2. As formações florestais exercem um papel fundamental sobre aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, sendo de fundamental importância no funcionamento do ciclo hidrológico (Pena, 2022).

A pastagem também é um uso do solo expressivo na bacia, representando no total de

(cc) BY-NC

28,3% da área de estudo. Essas áreas são possíveis fontes de poluição das águas, devido a eventos como erosão causada pelo pisoteio de animais, podendo causar aumento da turbidez e cor aparente dos corpos hídricos. Também podem ocorrer eventos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais devido ao uso de agrotóxicos provenientes desta atividade (Vieira, 2013).

Tabela 3 – Distribuição do uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio do Peixe

Uso e ocupação do solo	**Área (km²)**	**Percentual (%)**
Formação florestal	165,4	40,4
Pastagem	115,8	28,3
Mineração	39,71	9,70
Mosaico de usos	32,28	7,89
Silvicultura	25,21	6,16
Área urbanizada	21,81	5,33
Outras áreas não vegetadas	3,460	0,85
Rio lagos e oceano	2,763	0,68
Formação Campestre	2,323	0,57
Afloramento rochoso	0,353	0,09
Formação savânica	0,310	0,08
Outras lavouras perenes	0,005	0,001

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4.2 Análise dos parâmetros de qualidade da água

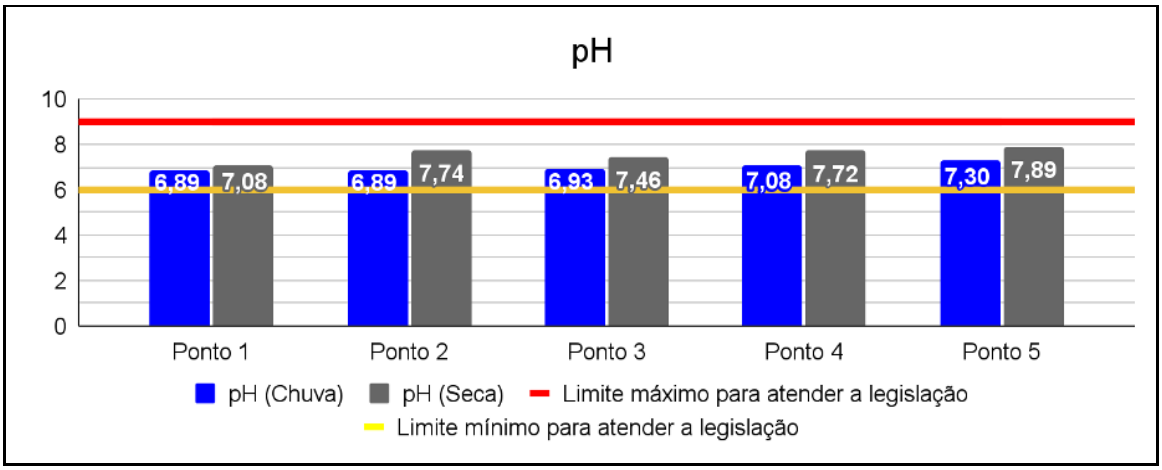
Para interpretação dos resultados dos parâmetros de qualidade da água, foram considerados os padrões de corpos hídricos de água doce, classe 2, conforme a Seção II da Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

(cc) BY-NC

4.3 Potencial Hidrogeniônico – pH

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de água doce de classe 2, o valor de pH deve estar na faixa de 6,0 a 9,0 (Brasil, 2005). Com base nos dados obtidos na análise, verifica-se, conforme apresentado no Gráfico 1, que tanto no período chuvoso quanto no período seco, todas as amostras permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela referida legislação.

Gráfico 1 – Valores obtidos para pH dos pontos analisados nos períodos de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/20025



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Observa-se que os valores de pH registrados no período chuvoso foram ligeiramente inferiores aos observados no período de estiagem. Tal comportamento pode ser atribuído à característica intrinsecamente ácida da água da chuva, mesmo em regiões não poluídas, cujo pH é, em média, de aproximadamente 5,7 (Atkins *et al*., 2018).

4.4 Coliformes Termotolerantes

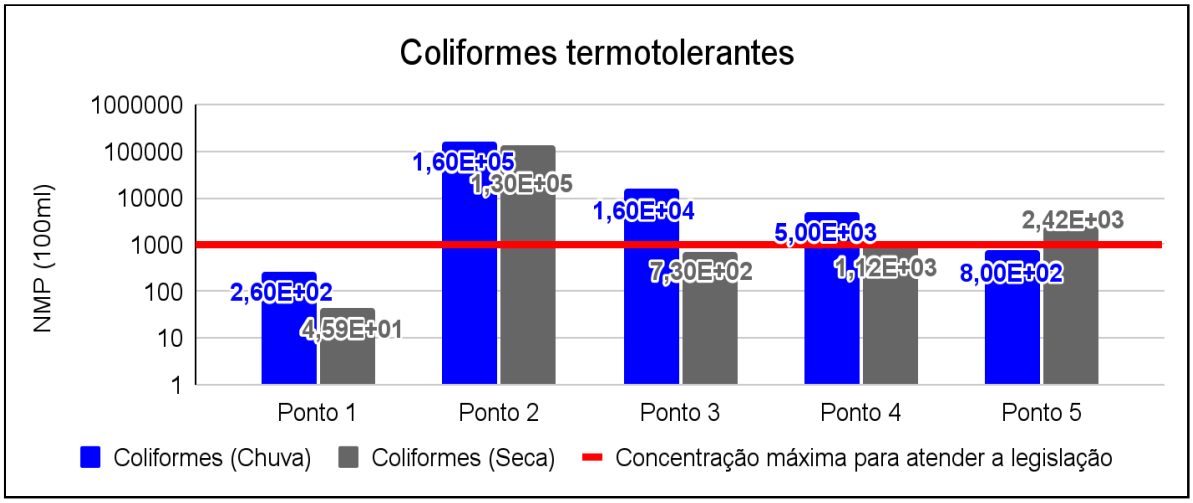
As bactérias coliformes são adotadas como referências para indicar e medir a

(cc) BY-NC

grandeza da contaminação por material fecal, pois essas bactérias são comuns no intestino humano e de outros animais de sangue quente, estando presentes nas fezes humanas e de alguns animais (FUNASA, 2019; Von Sperling, 2014).

Para atender aos múltiplos usos da água nos rios de classe 2, a legislação vigente estabelece que o limite de coliformes termotolerantes não deve ultrapassar 1.000 por 100 mililitros. No entanto, com base nos resultados obtidos, observa-se que, tanto no período de seca quanto no de chuva, três amostras excederam esse limite (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Valores obtidos para coliformes termotolerantes dos pontos analisados nos períodos de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/2005



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Ao analisar os valores obtidos para coliformes termotolerantes em conjunto com o mapa de uso e ocupação do solo, observa-se que os aumentos mais significativos ocorrem a partir do ponto 2. Esse ponto está localizado logo após o rio do Peixe atravessar uma área urbanizada, como mostrado no Mapa 3, onde pode haver o lançamento de esgoto doméstico não tratado, o que contribui para o aumento da concentração de coliformes termotolerantes, uma vez que o esgoto doméstico contém material fecal (Von Sperling, 2014).

(cc) BY-NC

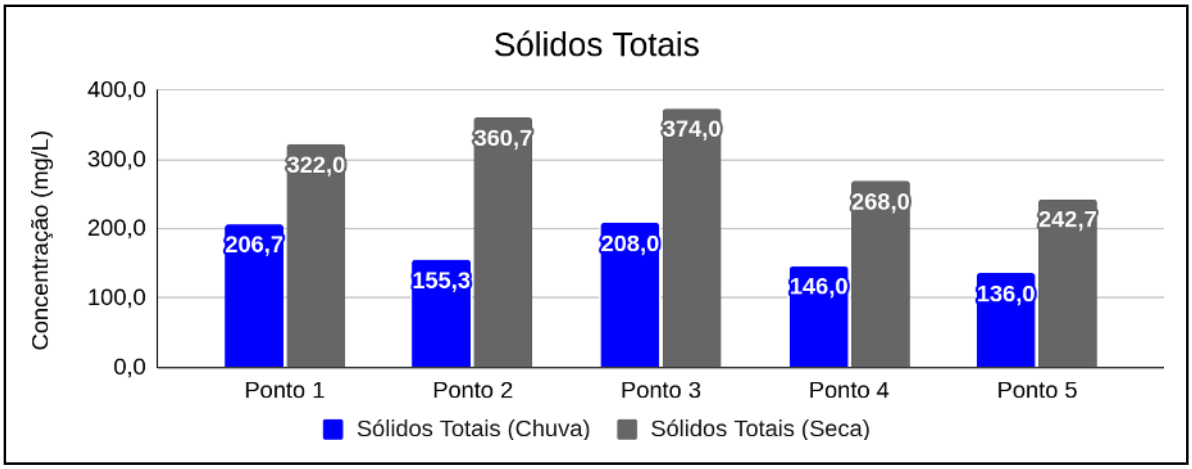
4.5 Sólidos Totais

Embora a legislação não estabeleça um limite específico para sólidos em rios de classe 2, concentrações elevadas podem refletir a ação de atividades humanas. Vanzela, Hernandez e Franco (2010) identificaram que esses sólidos podem ter origem em áreas agrícolas (como culturas perenes e anuais, irrigadas ou não), zonas habitadas (áreas urbanas e residências rurais) e regiões de mata degradada.

De forma semelhante, Toledo e Niconella (2002), ao avaliarem o índice de qualidade da água em microbacias com diferentes tipos de uso do solo, também constataram a influência das áreas agrícolas e urbanas no aumento da carga de sedimentos.

A seguir, por meio do Gráfico 3, é possível observar os valores encontrados para sólidos totais, tanto no período chuvoso quanto no seco.

Gráfico 3 – Valores obtidos para sólidos totais dos pontos analisados nos períodos de chuva e de seca



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

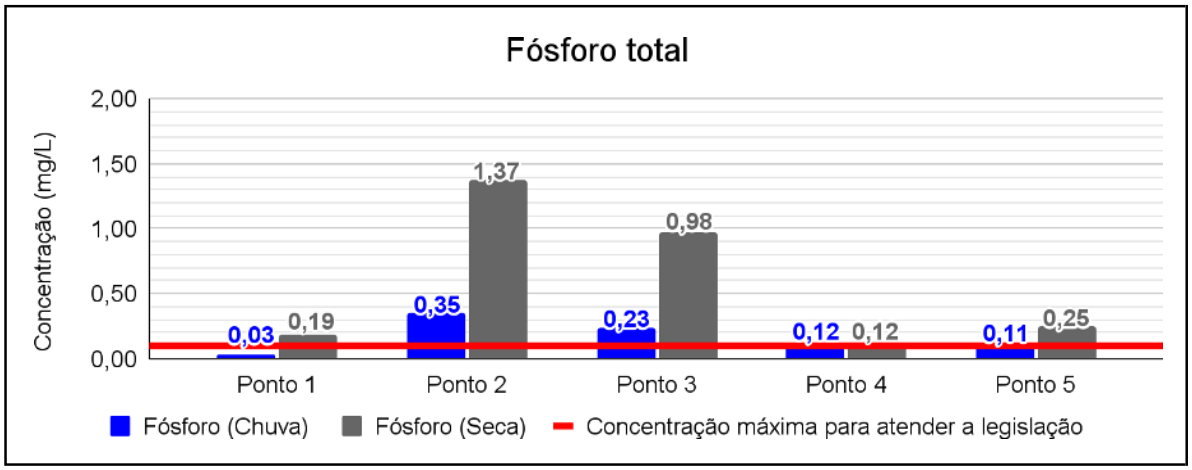
4.6 Fósforo Total

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o limite máximo da concentração de fósforo para ambientes lóticos é de até 0,1 mg/L P (BRASIL, 2005). Assim,

(cc) BY-NC

no Gráfico 4, é possível observar que apenas o primeiro ponto, no período de chuva, atendeu à legislação.

Gráfico 4 – Valores obtidos para fósforo dos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357 /2005



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

De acordo com Von Sperling (2014), o aumento da concentração de fósforo pode ter origem natural, como a dissolução de compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica ou a liberação de fósforo a partir da composição celular de microrganismos. Contudo, também pode ser decorrente de fontes antrópicas, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, o uso de detergentes, o excremento de animais e a aplicação de fertilizantes.

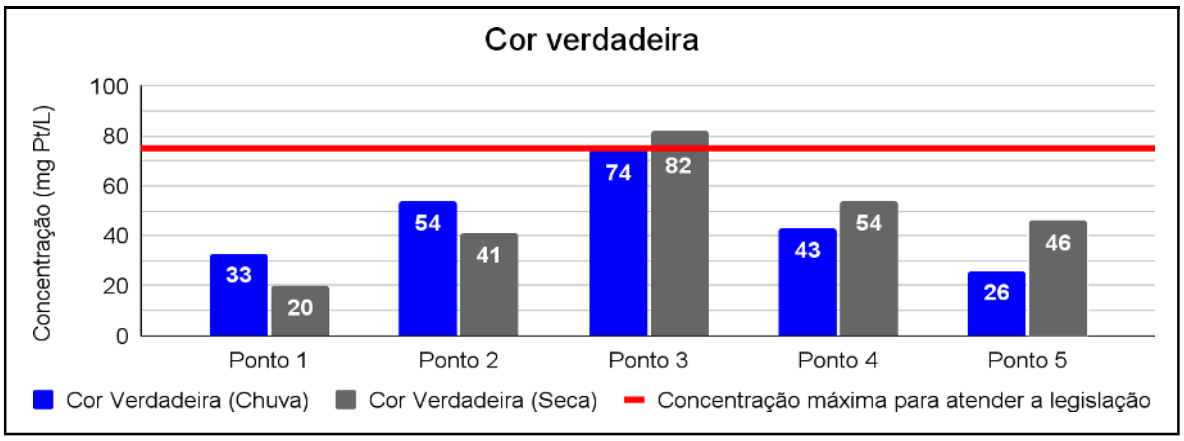
Assim como observado nos resultados para coliformes termotolerantes, os valores de fósforo total também apresentaram elevação expressiva nos pontos 2 e 3, mais evidente no período de seca, sugerindo influência direta da área urbanizada próxima. Esse incremento está possivelmente associado à contribuição de efluentes domésticos lançados sem tratamento adequado. Contudo, nos pontos 4 e 5 observa-se uma redução das concentrações de fósforo total, comportamento que pode estar relacionado a processos de diluição decorrentes da contribuição de afluentes, bem como por mecanismos de remoção no próprio corpo hídrico, como precipitação e adsorção de fósforo aos sedimentos (Von Sperling, 2014).

(cc) BY-NC

4.7 Cor verdadeira

De acordo com a legislação, a concentração para cor verdadeira não deve passar além de 75 mg Pt-Co/L, contudo, apenas o ponto 3 no período de seca atingiu esse limite (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Valores obtidos para cor verdadeira dos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/2005



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Segundo Libânio (2016), a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas coloidais de origem predominante orgânica, e também pela presença de compostos de ferro e manganês ou do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais.

Conforme já discutido em tópicos anteriores e evidenciado pelo mapa de uso e ocupação do solo, há atividades antrópicas na região que podem contribuir para o aumento da carga orgânica, além da possível presença de manganês, ferro e resíduos industriais. Esses fatores também podem resultar em valores elevados para a variável cor verdadeira da água.

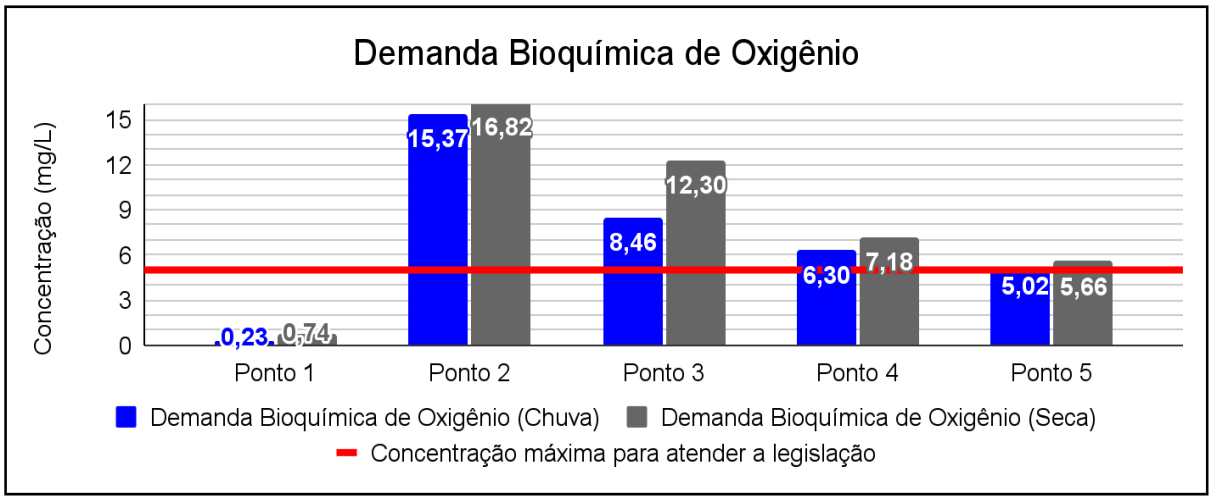
4.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que os níveis de DBO não devem

(cc) BY-NC

exceder 5 mg/L (CONAMA, 2005). Observa-se que somente os pontos analisados próximos às nascentes estavam em conformidade com essa norma, enquanto os valores foram mais elevados durante o período de seca em comparação com o chuvoso (GRÁFICO 6).

Gráfico 6 – Valores obtidos para $DBO_{5,20}$ nos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/2005



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Seguindo a tendência observada nos resultados para coliformes e fósforo, os valores da $DBO_{5,20}$ também se elevaram a partir do ponto 2, apresentando redução gradual nos pontos a jusante da ETE. Esse padrão reforça a influência significativa da ocupação e uso do solo sobre a qualidade da água.

Segundo Libânio (2016), valores da DBO superiores a 5 mg/L costumam ocorrer em corpos d'água que recebem águas lixiviadas provenientes de criatórios de animais. Observa-se, entretanto, que pouco mais de 28% da área da sub-bacia é composta por pastagens (Tabela 3), geralmente utilizadas para o cultivo de forragem destinada à alimentação de gado, o que também pode contribuir para o aumento da concentração da $DBO_{5,20}$ nos pontos analisados.

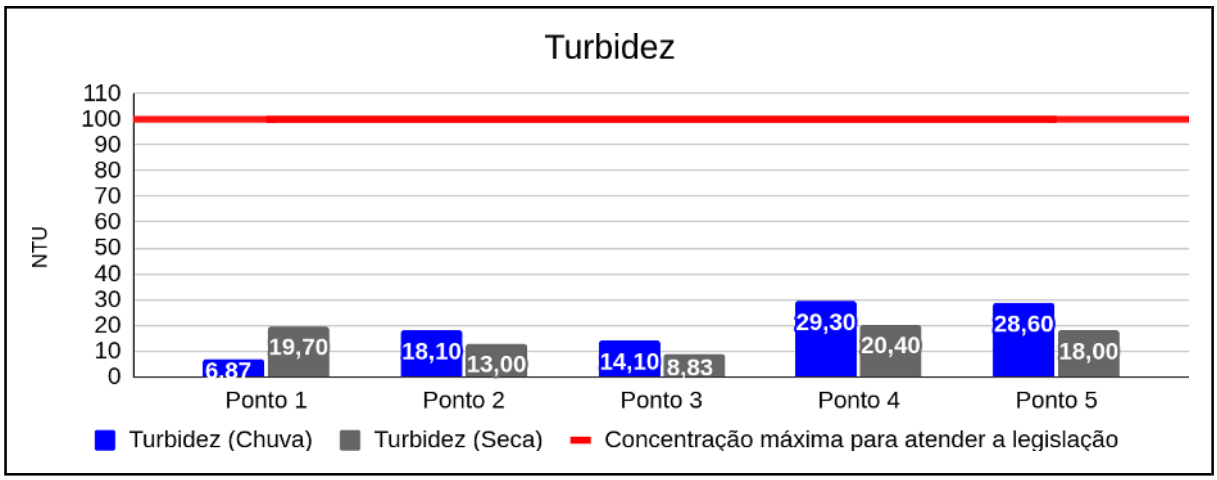
4.9 Turbidez

Segundo a legislação, a turbidez da água deve atingir um limite máximo de 100

(cc) BY-NC

NTU. Como pode ser observado no Gráfico 7, tanto no período de seca quanto no período chuvoso, nenhuma amostra coletada ultrapassou esse limite.

Gráfico 7 – Valores obtidos para turbidez dos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/2005



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Ao analisar-se o Gráfico 7, observa-se que, com exceção do ponto 1, os valores registrados durante o período chuvoso foram superiores aos registrados no período de seca. Von Sperling (2014) explica que o aumento da turbidez ocorre devido à maior quantidade de sólidos em suspensão, frequentemente ocasionada pela chuva, que promove o carreamento de material sólido das margens para o leito do rio.

4.10 Oxigênio Dissolvido – OD

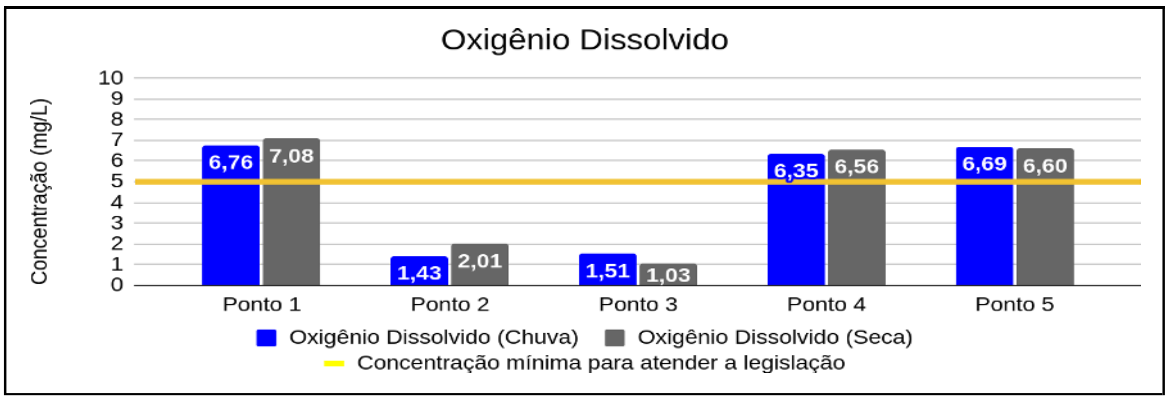
Segundo Von Sperling (2014), o OD é a principal variável de caracterização da poluição em corpos hídricos por despejo de matéria orgânica, podendo assim, então, sinalizar lançamento de efluentes não tratados advindos de indústrias, mineração e esgotamento doméstico.

Para a concentração de OD na água, a legislação brasileira exige um valor mínimo de 5 mg/L. Ao analisar os dados apresentados no Gráfico 8, observa-se que os pontos 2 e 3 analisados, localizados após o trecho do rio do Peixe que atravessa a área urbanizada, não

(cc) BY-NC

atenderam a esse requisito, tanto no período chuvoso quanto no período seco, indicando a possível ocorrência de lançamento de efluentes não tratados, corroborando os resultados encontrados para da $DBO_{5,20}$, que foram mais elevados nesses dois pontos.

Gráfico 8 – Valores obtidos para oxigênio dissolvido dos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/ 2005

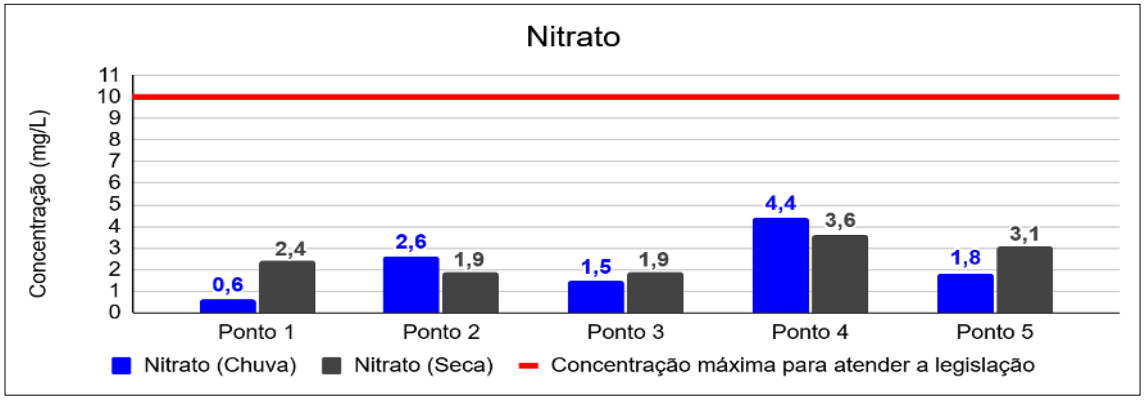


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4.11 Nitrato

A concentração de nitrato atende à legislação em todos os pontos de amostragem, tanto no período chuvoso quanto no período de seca, sendo que, para atender à legislação, os valores obtidos não devem ultrapassar a concentração de 10 mg/L N/NO_3^- (GRÁFICO 9).

Gráfico 9 – Valores obtidos para nitrato nos pontos analisados em período de chuva e de seca e os limites para atender a Resolução CONAMA nº 357/2005



(cc) BY-NC

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

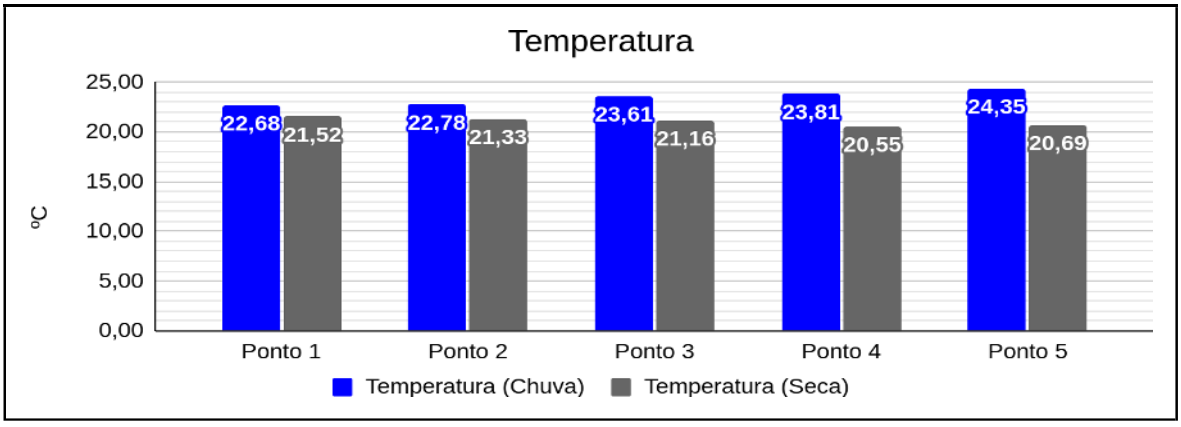
Embora os valores de nitrato não excedam os limites estabelecidos pela legislação, outras análises podem ser realizadas a partir de sua presença no corpo hídrico. Uma das principais fontes de nitrato na água é o arraste de fertilizantes provenientes de solos agrícolas (Libânio, 2016). Observa-se que o ponto 4 apresentou os maiores valores de nitrato, local que também recebe córregos afluentes com grande presença de silvicultura.

Tanto o solo quanto a mata ciliar desempenham papel fundamental na filtração do excesso de fertilizantes utilizados na agricultura, impedindo que esses nutrientes alcancem os rios. A sub-bacia em estudo presencia áreas de pastagens, as quais podem estar em estado de degradação, uma vez que no Brasil existem aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens com níveis intermediários a severos de degradação (Bolfe *et al.*, 2024).

4.12 Temperatura

Para a temperatura (Gráfico 10) não existe uma legislação específica a ser seguida. No entanto, segundo Von Sperling (2014), valores elevados de temperatura podem acelerar as reações químicas, reduzir a solubilidade dos gases e aumentar a taxa de transferência de gases, causando mau odor na água.

Gráfico 10 – Valores obtidos para temperatura dos pontos analisados nos períodos de chuva e de seca



(cc) BY-NC

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A temperatura da água foi maior no período chuvoso do que no seco, os valores encontrados foram esperados, uma vez que o período chuvoso no Brasil está associado ao verão, quando as temperaturas são mais elevadas, enquanto o período de seca está relacionado ao inverno, com temperaturas mais baixas.

4.13 Índice De Qualidade da Água (IQA)

A seguir, por meio do Quadro 2, pode ser observado o resultado para o índice de qualidade da água analisado no período de chuva e de seca.

O primeiro ponto de coleta, situado próximo à nascente, apresentou os melhores resultados, com Índice de Qualidade da Água (IQA) de 76 no período chuvoso e 74 no período seco, ambos classificados como "bom". Esses resultados eram esperados, pois a localização corresponde à cabeceira do rio, local com menores interferências antropogênicas, uma vez que a Lei nº 12.651/2012 estabelece proteção às nascentes (Brasil, 2012).

Quadro 2 – Índice da qualidade nos pontos analisados (a) período chuvoso e (b) período de seca

Período chuvoso	
Ponto de amostragem	IQA
P1	**Boa (76)**
P2	**Ruim (29)**
P3	**Ruim (40)**
P4	**Médio (59)**
P5	**Médio (68)**

Período de seca	
Ponto de amostragem	IQA
P1	**Boa (74)**
P2	**Ruim (26)**
P3	**Ruim (38)**
P4	**Médio (64)**
P5	**Médio (60)**

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Já os pontos P2 e P3 apresentaram os resultados mais negativos, sendo

(cc) BY-NC

ambos classificados como “ruim”. Observando os valores de DBO e de OD percebe-se que esses são os pontos mais impactados pelo lançamento de esgotos da área urbana de Itabira, o que contribui para a piora observada do IQA nestes pontos. Esses resultados também eram previstos, pois os pontos de coleta estavam localizados logo após o rio passar por áreas urbanizadas, onde diversas ações antropogênicas podem influenciar negativamente na qualidade da água.

Quanto aos pontos P4 e P5, observou-se uma melhora em relação aos pontos a montante (P2 e P3), tanto no período chuvoso quanto no período seco. Esta melhoria parece estar associada a processos de autodepuração e diluição, associados à contribuição dos afluentes do rio Peixe.

5 CONCLUSÃO

A análise ambiental realizada permitiu constatar a forte influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe. Os elevados valores encontrados para coliformes termotolerantes, fósforo, $DBO_{5,20}$ e OD, principalmente nos pontos 2 e 3 localizados logo após a passagem pela área urbanizada, que podem indicar o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento adequado. O pequeno aumento nos valores de coliformes termotolerantes e fósforo entre os pontos 4 e 5, no período seco, pode ser um indicativo de lançamento pontual de efluentes não tratados. Percebe-se que após a passagem pela área urbana há uma piora considerável da qualidade da água, onde os parâmetros DBO, OD, fósforo e coliformes termotolerantes apresentam os piores resultados. Observa-se que, a jusante, o rio do Peixe demonstra uma capacidade de autodepuração, além de receber alguns afluentes que contribuem também para a diluição das variáveis avaliadas. Percebe-se que são necessárias ações voltadas para a recuperação e preservação da área em estudo, tais como o monitoramento da qualidade do corpo hídrico; a coleta e o tratamento de esgoto doméstico; o tratamento dos efluentes provenientes da mineração e das indústrias; a avaliação das áreas de pastagem para identificar a necessidade de recuperação de áreas degradadas; e a conservação das águas nas proximidades das nascentes.

(cc) BY-NC

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Base Hidrográfica Ottocodificada**. 2017. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/f7b1fc91-f5bc-4d0d-9f4f-f4e5061e5d8f. Acesso em: 3 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Portal da qualidade das águas**: indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas. Brasília, 2009. Disponível em: https://www.ana.gov.br/portalpnqa/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 11 jun. 2025.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 nd ed. Washington: 2012.

ATKINS, P.; JONES, L., LAVERMAN, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BOLFE, E. L. *et al*. Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. **Land**, Basil, v. 13, n. 2, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/land13020200. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-445X/13/2/200. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **Lei Federal n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1° da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.

(cc) BY-NC

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde). Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

CARNEIRO, C. S. *et al*. Diagnosis of the environmental degradation of a segment of the River of the Peixe in Itabira (MG) and proposition of measures for its restoration. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 8, n. 3, p. e1483843, 2019. DOI: https://10.33448/rsd-v8i3.843. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/843. Acesso em: 3 jul. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Norma técnica L5.202: Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - determinação pela técnica de tubos múltiplos**. 5 ed. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp- content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM_-NTC-L5.202_5%C2%AAed-_dez.-2018.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 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, 2005. https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 12 maio 2025.

COSTA JUNIOR, E. F. *et al*. Intoxicação por metais pesados na região Norte do Brasil. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em uma microbacia do Rio Paranaíba, Goiás. **Revista Brasileira de Ciências Amazônica**, Rolim de Moura - RO, v.13, n. 3, p.77-87, 2024. Disponível em: https://periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/download/8090/2242/31591. Acesso em: 09 jun. 2025.

DIAS, R. dos R., FREITAS, A. C. V.; MARQUES, G. M. Análise da relação solo, vegetação, clima: um estudo de caso na Bacia do Córrego Santa Cruz em Itabira/MG. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 5*,* n.3, e137339. 2024. DOI: https://doi.org/10.22456/1807-9806.137339. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/article/view/137339. Acesso em: 3 jul. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **As mudanças ambientais e a saúde humana**: impactos da degradação ambiental sobre surtos

(cc) BY-NC

de doenças infecciosas. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52769086/artigo---as-mudancas-ambientais-e-a-saude-humana-impactos-da-degradacao-ambiental-sobre-surtos-de-doencas-infecciosas. Acesso em: 14 jul. 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual do Saneamento**. 5 ed. Brasília: Funasa,** 2019. 545 p.

GONÇALVES, J. A. C.; ALMEIDA, M. S. L. Avaliação do potencial hídrico de uma bacia hidrográfica considerando as interações entre águas superficiais e subterrâneas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 17, n. 6, p. 4492–4513. 2024. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/261567. Acesso em: 13 abr. 2025.

GONÇALVES, J. A. C. *et al*. Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas na bacia do Rio do peixe – Itabira-MG. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista , v.8, n. 12, p. e528121904, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i12.1904. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1904. Acesso em: 13 abr. 2025.

GUEDES, H. A. S. *et al*. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 5, p.558-63, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pYzDPFQQTmNyZbznJ7GFHKd/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 3 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Malha municipal digital**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html. Acesso em: 3 jan. 2025.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Índice de Qualidade das Águas - IQA**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: https://igam.mg.gov.br/w/indice-de-qualidade-das-aguas iqa?p_l_back_url=%2Fbusca%3Fq%3DINDICE%2BDE%2BQUALIDADE%2BDAS%2BAGUAS. Acesso em: 13 abr. 2025.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4 ed. Campinas: Átomo, 2016. 638p.

LOURENÇO, R. W. *et al*. Reflexos ambientais do desenvolvimento e expansão das atividades humanas sobre a qualidade da água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 1, p. 175-198, fev. 2022. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250917/49006. Acesso em: 29 nov. 2024.

(cc) BY-NC

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – **Coleção 9 da Série Anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/. Acesso em: 3 jan. 2025.

MENEZES, J. P. C. *et al*. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21 n.3, p. 519-534, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/9WBFsRNdrzqJcrZnPxSgDyM/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 jun. 2025.

NASCIMENTO, L. P. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio do Peixe, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2016. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2016. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/items/a7392e6d-6e1b-40d9-9d26-4427b2726f90. Acesso em: 3 jun. 2025.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.25-36. 2015. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/29570/1/ARTIGO_AnaliseMapeamentoUso.pdf. Acesso em: 01 jul. 2025.

PENA, R.F.A. **Distribuição da água no Brasil**. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm. Acesso em: 28 abr. 2022.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40.2. Disponível em: https://qgis.org. Acesso em: 10 jan. 2025.

SCHNEIDER, R. M. *et al*. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i3.8385. Acesso em: 10 jun. 2025.

SIQUEIRA, A. G. *et al*. Modificações fluviais à jusante de barragens. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14., Rio de Janeiro, 2013. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABGE, 2013. p. 1-12. Disponível em: https://escriba.ipt.br/pdf_restrito/172139.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

TISCHER, V. Magnitude do impacto do esgotamento sanitário no Brasil. **Revista Gestão &Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 358-379, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e32017358-379. Acesso em:

(cc) BY-NC

TOLEDO, L. G. de; NICONELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxFZfVFXPvZG/. Acesso em: 03 jul. 2025.

VANZELA L. S; HERNANDEZ F. B. T; FRANCO R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, p.55-64. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wYWM8Ws6jCnzYQrVvJx3fzJ/?lang=pt. Acesso em: 03 jul. 2025.

VASCO, A. N. *et al*. Avaliação espacial e temporal da qualidade de água na sub bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.6, n.1, p. 118-30, 2011. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/902852/1/2011AvaliacaoespacialetemporaldaqualidadedaaguanasubbaciadoRioPoximSergipeBrasil.pdf.pdf. Acesso em: 03 jul. 2025.

VIEIRA, J. M. P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta)**, Portugal, v. 1, n. 1, p.87-97, 2013. Disponível em: https://rep-dspace.uminho.pt/server/api/core/bitstreams/742e342a-be15-4499-bc0c-d034fb494b37/content. Acesso em: 10 jun. 2025.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

(cc) BY-NC