



Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos
PROFÁGUA

Diego Carlos Ferreira Rosa Vitorino

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO
FERRAMENTA DE ANÁLISE BIOLÓGICA DE QUALIDADE
AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO
ANTÔNIO (MG)**

Itabira - Minas Gerais

2023

Diego Carlos Ferreira Rosa Vitorino

**Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta de Análise Biológica de
Qualidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (MG)**

Defesa apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água. Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador (a) (es): Prof. Dr. Anderson de Assis Morais
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Anderson de Assis Morais (Orientador)
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Prof. Dr. Lorena Torres Oporto
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Prof. Dr. Ana Carolina Vasques Freitas
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Itabira – Minas Gerais

2023

RESUMO

VITORINO, Diego Carlos Ferreira Rosa Vitorino. *Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta de análise biológica de qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (MG)*. 2023. 95f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2023.

Os corpos hídricos sofrem impactos provenientes de ações antrópicas, como uso e ocupação do solo de forma desordenada, sendo este proveniente do crescimento desordenado de centros urbanos, considerado um dos principais vilões da degradação de rios e lagos devido ao despejo de resíduos industriais e esgotamento sanitário sem o correto tratamento. Com esta problemática, este estudo possui o objetivo de avaliar a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental, na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG. A metodologia deste trabalho consistiu na coleta de macroinvertebrados bentônicos em 8 pontos distribuídos na bacia do rio Santo Antônio, sendo uma coleta no período seco e outra em período chuvoso. Além da coleta dos macroinvertebrados, foram realizadas: (i) análises físicas e químicas da água nos pontos de coleta a fim de compreender melhor sobre os resultados adquiridos pelos bioindicadores; e (ii) aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), para classificar as características ambientais de cada local coletado. Foram adquiridos resultados como o uso e ocupação do solo na bacia e a sua porcentagem de cada uso junto com o mapa representativo. Baseando-se no Protocolo de Avaliação Rápida, o ponto de coleta número 4 situado no município de Carmésia/MG e ponto de coleta 8 no município de Naque/MG, foram classificados como impactados e os demais classificados como naturais. Das amostras dos macroinvertebrados bentônicos coletados foram identificados 134 indivíduos ao total, sendo classificados em três filos sendo, Arthropoda, Annelida e Mollusca, 4 classes sendo elas: Bivalvia, Gastropoda, Insecta e Oligochaeta, somando no total de 6 ordens. Destaca-se a presença da classe Oligochaeta além de Diptera e Bivalvia, estes são considerados organismos que habitam ambientes que ocorrem perturbação ambiental, com gradiente elevado de tolerância à poluição, indicando contaminação nos pontos que foram encontrados. Para a análise de qualidade da água, diversos parâmetros não atenderam as normas para águas classe 2, como *Escherichia coli*, fósforo total, oxigênio dissolvido, turbidez e pH em alguns pontos de coleta. Os estudos realizados apontam que a área em estudo sofre impactos ambientais devido ao precário saneamento básico, contribuindo para a descarga do esgoto diretamente nos corpos hídricos ocasionando na degradação da água da bacia do Rio Santo Antônio.

Palavras-chave: Biomonitoramento, Qualidade da Água, Macroinvertebrados Bentônicos.

ABSTRACT

VITORINO, Diego Carlos Ferreira Rosa Vitorino. *Benthic macroinvertebrates as a tool for biological analysis of environmental quality in the Santo Antônio River Basin (MG)*. 2023. 95f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2023.

Most water bodies suffer impacts from human actions, such as disordered use and occupation of soil, which comes from the disorderly growth of urban centers, considered one of the main causes of degradation of rivers and lakes due to waste dumping, industrial and sanitary sewage without correct treatment. Aware of this problem, this study aims to evaluate the use of benthic macroinvertebrates as bioindicators of environmental quality, in the Rio Santo Antônio/MG watershed. Benthic macroinvertebrates were collected in 8 points distributed along the Santo Antônio river watershed. In addition to identifying macroinvertebrates, physical, chemical and microbiological analyzes of the water were carried out at the collection points in order to better understand the results acquired by the bioindicators, in addition to the application of the Rapid Assessment Protocol (PAR), to classify the environmental characteristics of each location. Results such as land use and occupation in the basin and its percentage of each use were acquired along with the representative map. By using the Rapid Assessment Protocol it was possible to determine that collection point number 4 located in the municipality of Carmésia/MG and collection point 8 in the municipality of Naque/MG, were classified as impacted and the others classified as natural. From the samples of benthic macroinvertebrates collected, 134 individuals were identified in total, being classified into 3 phyla, Arthropoda, Annelida and Mollusca, 4 classes being: Bivalvia, Gastropoda, Insecta and Oligochaeta, totaling 6 orders. The presence of the Oligochaeta class stands out, in addition to Diptera and Bivalvia, these are considered organisms that live in environments where environmental disturbances occur, with a high gradient of tolerance to pollution, indicating contamination in the points that were found. For water quality analysis, several parameters did not meet the standards for class 2 waters, such as *Escherichia coli*, total phosphorus, dissolved oxygen, turbidity and pH. The studies conducted point out that the area under study suffers environmental impacts due to poor basic sanitation, contributing to the discharge of sewage directly into water bodies, causing the degradation of water in the Santo Antônio River watershed.

Keywords: Biomonitoring, Water Quality, Benthic Macroinvertebrates

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia do Rio Santo Antônio. | 31 |
| Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta..... | 35 |
| Figura 3 - Utilização da Draga Van Veen para a coleta das amostras no ponto de captação 1, denominado de Ribeirão Girau..... | 38 |
| Figura 4 - Conjunto de peneiras para triagem dos macroinvertebrados bentônicos coletados. | 38 |
| Figura 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG | 41 |
| Figura 6 - Resultado de análise da Cor Verdadeira | 47 |
| Figura 7 - Resultado de análise da E. Coli..... | 50 |
| Figura 8 - Resultado de análise da DBO5. | 51 |
| Figura 9 - Resultado de análise de Fósforo Total..... | 52 |
| Figura 10 - Resultado de análise de Nitrato..... | 53 |
| Figura 11 - Resultado de análise de Oxigênio Dissolvido..... | 54 |
| Figura 12 - Resultado de análise de pH..... | 55 |
| Figura 13 - Resultado de análise de Temperatura. | 56 |
| Figura 14 - Resultado de análise de Turbidez..... | 57 |
| Figura 15 - Resultado de análise de Manganês | 57 |
| Figura 16 - Representante de indivíduos da classe Oligochaeta, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG. | 62 |
| Figura 17 - Representantes de indivíduos da classe Insecta, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG..... | 63 |
| Figura 18 - Representantes de indivíduos do filo Mollusca, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG. (a) Classe Bivalvia (b) Classe Gastropoda. | 63 |
| Figura 19 - Representantes de indivíduos da ordem Coleoptera, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG. | 64 |
| Figura 20 - Larvas de indivíduos da ordem Diptera, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG..... | 65 |
| Figura 21 - Acesso ao site produto da pesquisa | 69 |
| Figura 22 - Ponto de Coleta 1, Ribeirão Jirau, localizado no município de Itabira/MG | 87 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 - Ponto de Coleta 2, Rio Santo Antônio, localizado no município de São Sebastião do Rio Preto/MG..... | 87 |
| Figura 24 - Ponto de Coleta 3, Rio Tanque, Município de Ferros/MG..... | 88 |
| Figura 25 - Ponto de Coleta 4, Rio Santo Antônio, Município de Ferros/MG | 88 |
| Figura 26 - Ponto de Coleta 5, Rio de Peixe, município de Carmésia/MG..... | 89 |
| Figura 27 - Ponto de Coleta 6, Rio Santo Antônio, município de Conceição do Mato Dentro/MG..... | 89 |
| Figura 28 - Ponto de Coleta 7, Rio Guanhões, município de Dores de Guanhões/MG | 90 |
| Figura 29 - Acesso ao site produto da pesquisa | 90 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Parâmetros analisados com o uso de conjuntos de reagentes Hach e seus respectivos métodos utilizados..... | 37 |
| Tabela 2 - Percentual das classes de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Santo Antônio/MG..... | 42 |
| Tabela 3 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), para os pontos analisados .. | 45 |
| Tabela 4 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados..... | 49 |
| Tabela 5 - Dados do esgotamento sanitário de cada município que foram realizadas as coletas de acordo o SNIS | 59 |
| Tabela 6 - Macroinvertebrados Bentônicos Coletados por ponto de amostragem na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG | 61 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

MG – Minas Gerais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NTU – Unidade de turbidez nefelométrica

OD – Oxigênio dissolvido

PAR – Protocolo de Avaliação Rápida

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SISBIO - Sistema de Autorização e Informações de Biodiversidade

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Santo Antônio

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 Objetivo Geral | 13 |
| 2.2 Objetivos específicos | 13 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 3.1 Qualidade da Água | 13 |
| 3.2 Impactos do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas | 16 |
| 3.3 Usos Múltiplos da Água | 19 |
| 3.4 Gestão das Águas | 23 |
| 3.5 Biomonitoramento de Qualidade da Água | 25 |
| 3.6 Macroinvertebrados Bentônicos | 27 |
| 3.7 Protocolo de Avaliação Rápida como Instrumento de Monitoramento de Recursos Hídricos | 29 |
| 4. METODOLOGIA..... | 31 |
| 4.1 Universo da Pesquisa..... | 31 |
| 4.2 Uso e Ocupação do Solo..... | 33 |
| 4.3 Definição dos Pontos de Coleta..... | 33 |
| 4.4 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida | 35 |
| 4.5 Parâmetros de Qualidade da Água..... | 36 |
| 4.6 Coleta dos Macroinvertebrados Bentônicos | 37 |
| 4.7 Triagem e identificação dos Macroinvertebrados Bentônicos | 38 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 40 |
| 5.1 Uso e ocupação do solo | 40 |
| 5.2 Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)..... | 44 |
| 5.3 Análises de qualidade da água..... | 46 |
| 5.4 Macroinvertebrados bentônicos..... | 60 |
| 6. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES FINAIS..... | 67 |
| REFERÊNCIAS | 71 |

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me iluminar em minha jornada.

A minha família, pelo apoio em minha vida acadêmica e profissional.

Ao meu orientador Prof. Anderson de Assis Morais por todo apoio e conhecimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das atividades econômicas e a expansão urbana e populacional vêm causando impactos ambientais que estão alterando os ecossistemas aquáticos de diversas bacias hidrográficas, afetando a qualidade da água e levando a mortandade dos indivíduos que vivem neste ecossistema (ANA, 2008).

A problemática devido à ocupação do solo de forma desordenada, falta de saneamento básico adequado e atividades industriais que descartam seus resíduos sem prévio tratamento, vêm ocasionando a degradação dos ambientes aquáticos, inviabilizando o uso das águas afetando nos usos múltiplos de rios e lagos (BRASIL, 2005).

Nesse contexto, é possível ressaltar a importância da implantação de ferramentas de gestão para a qualidade da água, garantindo a preservação desse recurso para os ecossistemas aquáticos, atividades econômicas, abastecimento humano e dessedentação de animais. Como consequência da ampliação das ferramentas que visam garantir a qualidade da água está a preservação desse recurso para as futuras gerações conforme a Lei nº 9.433/97 (ANA, 2014).

A política nacional de recursos hídricos instituída pela lei federal nº 9.433/97, tem como objetivo garantir e assegurar o equilíbrio aquático em qualidade e quantidade. Diante disso, o monitoramento é uma ferramenta utilizada como modelo de gestão ambiental para a avaliação dos impactos ambientais (EMBRAPA, 2021).

De acordo com a Embrapa (2021), as poluições pontuais de corpos hídricos são facilmente identificadas, sendo estas provenientes da mineração, agricultura, indústrias e cidades. Porém, a poluição difusa se torna mais difícil de identificar por se tratar de fontes de poluição dispersa, tornando os métodos de análises tradicionais como físico-químico e biológico inadequados quando aplicados isoladamente, pois estes avaliam apenas a qualidade da água no momento da coleta, inviabilizando a avaliação temporal.

Por outro lado, a análise biológica é um método eficaz para monitoramento da qualidade da água por meio do comportamento das espécies que habitam um determinado ecossistema. Com este comportamento é possível encontrar resultados da qualidade da

água por meio de uma série de distúrbios, uma vez que o monitoramento do comportamento dessas espécies permite avaliar se está ocorrendo indícios de contaminação em corpos hídricos, contribuindo assim para o monitoramento de qualidade ambiental das bacias hidrográficas (PAULA, 2008).

Outro fator relevante sobre os resultados das análises biológicas se faz sobre os possíveis efeitos da qualidade da água nos indivíduos que habitam os corpos hídricos analisados. Estes podem dispor por resultados sobre os efeitos do stress biológico sobre os indivíduos que habitam os corpos hídricos em análise, ao contrário do método físico-químico que apenas encontrará resultados sobre a possível interferência da qualidade da água sobre as espécies (CERUTTI, 2015).

Diversos organismos aquáticos encontrados no Brasil possuem diferentes gradientes de condições ambientais com níveis sensíveis de tolerância, levando muitas vezes a eliminação ou a mudança de comportamento de espécies em determinados trechos de cursos hídricos como no caso dos macroinvertebrados bentônicos (SANTOS et al., 2016).

Além disso, o monitoramento biológico é uma ferramenta eficaz e de baixo custo, de acordo com Callisto et. al. (2005). Dentre os métodos de monitoramento biológico se destacam os macroinvertebrados bentônicos, espécies que sofrem interferência quando ocorrem alterações físicas ou químicas em ambientes aquáticos, ocasionando a mudança na quantidade de indivíduos, morfologia, ausência e comportamento das espécies (FRAGA, 2015).

Portanto, o método de análise de qualidade da água é uma ferramenta utilizada pela rede nacional de monitoramento de qualidade da água (RNQA), permitindo avaliar os impactos que ocorrem nos ecossistemas, contribuindo para a preservação da biodiversidade aquática e qualidade da água (BARBOSA, 1994). Assim, a distribuição e ocorrência dos macroinvertebrados bentônicos dependem de fatores ambientais de meios aquáticos como correnteza, substrato, abrigo e disponibilidade de alimento, sendo esta distribuição relacionada diretamente à qualidade da água da área de estudo (PANIZON, 2016).

A área de estudo desta pesquisa compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio. Esta bacia possui uma área de 10.774 km², ocupando 15,12% da Bacia

Hidrográfica do Rio Doce, totalizando em uma área que abrange 29 municípios mineiros, sendo que deste total 23 municípios possuem sua sede na bacia (CBH - SANTO ANTÔNIO, 2022).

De acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo de 2010, a bacia do Rio Santo Antônio abrigava uma população de 181.421 mil habitantes. O principal rio da bacia é o Santo Antônio que percorre uma extensão de 280 km desde a sua nascente na cidade de Conceição do Mato Dentro/MG, até sua foz no Rio Doce entre as cidades de Naque/MG e Belo Oriente/MG (CBH - DOCE, 2022).

Os impactos ambientais nessa bacia são provenientes de diversos tipos de atividades econômicas como a mineração, agropecuária, exploração florestal, comércio, usinas hidrelétricas dentre outros (MENDES, 2008). Destaca-se ainda para o autor sobre o precário saneamento básico de diversas cidades que possuem sede nesta bacia, que afetam diretamente na qualidade ambiental dos corpos hídricos da mesma

De acordo com o Plano de Ação de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Santo Antônio (PARH) realizado no ano de 2010, apenas 59,3% do esgoto gerado na bacia é coletado, gerando um montante correspondente de 2.150.888 m³/ano. Além disso, é produzido em média 88,5 toneladas por dia (ton/dia) de resíduos sólidos, sendo apenas 18,2 ton/dia com destinação correta, podendo ocasionar assim em diversos impactos ambientais aos corpos hídricos que recebem descarga proveniente do precário saneamento básico.

Com os resultados das análises dos macroinvertebrados bentônicos na bacia do Rio Santo Antônio/MG, esta pesquisa pode viabilizar um melhor monitoramento da qualidade da água em diversos pontos da bacia em estudo, utilizando uma prática de pesquisa confiável em seus resultados, contribuindo com dados para pesquisadores locais e órgãos gestores como o comitê de bacia hidrográfica da área de estudo. Além disso, representa um método de pesquisa não utilizado em estudos divulgados nesta bacia, tornando um estudo de caráter inédito.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

A pesquisa possui como objetivo geral analisar a qualidade da água em seções da bacia do Rio Santo Antônio, localizado no estado de Minas Gerais, com o auxílio de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água, além do mapeamento do uso do solo local que pode contribuir para os impactos sobre os corpos hídricos na área de estudo.

2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a qualidade ambiental da bacia avaliando os parâmetros de qualidade da água físicos, químicos, microbiológicos e por meio de bioindicadores;
- b) Identificar os macroinvertebrados coletados em nível de filo, classe e ordem;
- c) Identificar o uso e ocupação do solo da bacia

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico, será discutido a qualidade da água acerca do monitoramento biológico, possibilitando assim os usos múltiplos e disponibilidade hídrica dentre os usuários. Destacando a importância sobre a gestão dos recursos hídricos e os benefícios que esta técnica pode contribuir para a tomada de decisões em órgãos colegiados e comitês de bacia hidrográfica, assegurando a disponibilidade hídrica para a atual e futuras gerações.

3.1 Qualidade da Água

De acordo Tucci (1997), a qualidade da água pode variar de uma bacia hidrográfica para outra dependendo de diversos fatores como a vegetação, geologia, clima, cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo. É possível ainda variar de forma sazonal devido à ação antrópica, fator este que é o principal motivo pela contaminação e poluição de corpos hídricos.

Porém, em condições naturais, bacias hidrográficas preservadas ainda podem sofrer alterações de qualidade da água provenientes do contato do escoamento superficial

da água sobre seixos, que podem ocasionar a alteração de turbidez e cor. estes fatores ocorrem de forma natural devido a composição dos solos e a erosão hídrica (VON SPERLING, 2005).

Ainda para Von Sperling (2005), a poluição da água pela ação antrópica ocorre devido ao despejo de resíduos domésticos, industriais e defensivos agrícolas em corpos hídricos. Poluição essa que ocorre de forma dispersa, afetando diretamente a qualidade da água, interferindo diretamente nos usos múltiplos deste recurso.

Referindo aos resíduos domésticos no Brasil, de acordo o Atlas de Esgoto da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicado no ano de 2017, 43% da população possui esgoto encanado para o tratamento adequado, 12% possuem atendimento individual como fossa sépticas, 27% da população possui apenas encanamento de esgoto, porém sem destinação de tratamento, sendo estes destinados diretamente a corpos hídricos e 27% da população não possui atendimento nenhum. Neste montante, 45% do esgoto doméstico gerado no Brasil é jogado diretamente em corpos hídricos, afetando diretamente a má qualidade da água em diversas bacias hidrográficas do país.

Ainda nesta problemática, de acordo a ANA em 2017 a resolução CONAMA n° 430/2011 que dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluente, estabelece que deve ser removido no mínimo 60% da demanda bioquímica de oxigênio durante o tratamento de esgoto para depois a água ser despejada novamente ao corpo hídrico. Porém, a grande maioria das cidades do Brasil removem a carga orgânica inferior a 60%, sendo apenas 14% das cidades do total do país que trabalham no tratamento adequado dentro da legislação, agravando ainda mais o quadro de poluição hídrica dos corpos receptores de esgoto.

Além da contaminação dos corpos hídricos, o esgotamento contribui para o processo de eutrofização, que ocorre devido à grande quantidade de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, além de minerais e matéria orgânica. Este processo gera graves efeitos negativos aos corpos hídricos como, mortandade de peixes e indivíduos aquáticos, redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água, alteração do pH, aumento exagerado de algas, aumento do custo de tratamento de água, redução da pesca e do uso recreativo da água (OLIVEIRA; MOLICA, 2016).

Sabe-se que para a existência e conforto da comunidade, as indústrias e mineração possuem um papel essencial para este fim. Porém este fator é preocupante referente a qualidade da água e os seus usos múltiplos, devido a poluição hídrica proveniente da produção industrial e mineração. Estes provocam efeitos tóxicos à comunidade aquática e aos seus usuários, podendo ocasionar doença e até mesmo a morte (AEDB, 2005).

Os resíduos industriais são considerados uns dos mais perigosos ao meio ambiente e à saúde humana, pois estes resíduos possuem diversas substâncias químicas como cianureto, pesticidas, solventes, mercúrio, cádmio, chumbo. Substâncias essas que ameaçam os ciclos naturais, responsáveis por bioacumulação, doenças na comunidade hídrica e humana ou até mesmo a morte (CAVALCANTI, 2005).

Por fim, a agricultura atualmente busca enriquecer os solos com o uso de produtos químicos para o melhor aproveitamento do plantio de suas culturas. Porém, o de agrotóxicos e demais defensivos agrícolas, escoam diretamente para os corpos hídricos superficiais, ou que infiltram no solo contaminando as águas subterrâneas, causando graves problemas ambientais (ANA, 2022).

A perda de qualidade da água por meio das atividades agrícolas tem ocasionado poluição pontual e difusa, sendo evidente o maior foco desta poluição para as redes de abastecimento que exigem altos níveis de qualidade da água para a coleta deste recurso. Além disso, é bastante difícil identificar o agente contaminante primário dos poluentes provenientes das atividades agrícolas (MARTINI; LANNA, 2013).

Com os fatos abordados, os usuários de água estão sujeitos ao consumo de água contaminada por diversos organismos patogênicos, produtos químicos, agrotóxicos, metais traços dentre outros. Sendo assim, é necessário a implantação e realização de sistemas de abastecimento de água eficazes em remover todos esses agentes contaminantes (SÃO PAULO, 2016).

Além, dos fatos citados, pode ocorrer contaminação por meio de contato com a água para uso recreativo, como doenças gastrointestinais, disenteria, cólera, hepatite A, febre tifoide, dentre outros. Casos que são muito frequentes em diagnóstico em todo o Brasil, devido à alta carga de poluentes que são despejados diariamente em diversos corpos hídricos (LOPES; MAGALHÃES, 2010).

Portanto, para Rebouças *et al.*, (2006) manter a boa qualidade da água e o equilíbrio ecológico dos sistemas hídricos naturais, se faz necessário um balanço com as inter-relações geoambientais e socioculturais. Destacando o uso e ocupação do solo como um grande fator a ser compreendido buscando meios sustentáveis sobre a relação da existência humana e as atividades indústrias, reduzindo assim a contaminação de corpos hídricos, preservando o equilíbrio ecológico e reduzindo doenças em seres humanos por meio de veiculação hídrica.

3.2 Impactos do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas são definidas como grandes áreas de drenagem de um rio principal de seus afluentes. Área esta que as águas das chuvas, subterrâneas e superficiais escoam em único sentido até atingir o rio principal, conhecido como o exutório da bacia hidrográfica (SILVA, 2015).

De acordo com a Lei Federal nº 9.433/97 que dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos, a bacia hidrográfica é unidade de território para a implementação da política de recursos hídricos e do Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Assim, pode permitir a realização de estudos, e tomada de decisões de órgãos gestores de água, beneficiando a população sobre os usos múltiplos e o equilíbrio ecológico da bacia (CHUERUBIM; PAVANIN, 2013).

De acordo Cornelli *et al.*, (2016), o uso e ocupação do solo afetam diretamente a quantidade e qualidade dos recursos hídricos de determinada bacia hidrográfica,. Exemplo que pode ser citado como a influência sobre o escoamento superficial devido aos sedimentos que são carregados por este até atingir mananciais, como rios e lagos. A principal consequência desta ação é o assoreamento de corpos hídricos e demais contaminações que possam ocorrer referente ao material que é carregado (GOMES, 2007).

O uso e ocupação do solo em uma determinada bacia por ocasionar no uso exagerado da água para diversas atividades como indústrias, mineração, agropecuária dentre outros. Com essas atividades sem a devida fiscalização e uso consultivo de forma irracional, pode ocasionar conflitos (ANA, 2014).

A disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas sofre influência também do desmatamento que vem ocorrendo de forma desenfreada, para abertura de áreas para

construção de cidades e atividades agrossilvipastoris. As florestas são responsáveis pelo aumento da resiliência dos mananciais, facilitando a infiltração da água no solo e recarregando os aquíferos (ECODEBATE, 2022).

Nos períodos chuvosos as áreas desmatadas estão sujeitas a enchentes, devido a água escoar com muita velocidade sobre o solo, reduzindo a capacidade deste de infiltrar água para o seu interior. Além disso, com a falta das florestas os reservatórios ficam com sua capacidade hídrica durante os períodos de escassez pluviométricos comprometidos, pois as florestas participam do ciclo hidrológico responsáveis pela retenção de água no solo, conservando assim o nível de base da água subterrânea contribuindo diretamente para a recarga das águas superficiais nos períodos de seca (GOMES, 2007).

Agravando esta situação, os centros urbanos causam graves impactos ambientais nas bacias hidrográficas, como a impermeabilização do solo por meio de pavimentação de ruas, construção de prédios e casas, canalização e retificação de corpos hídricos, lançamentos de resíduos industriais e domésticos, além do despejo de lixo que afetam a qualidade das águas subterrâneas e superficiais (GUERRA e CUNHA, 2001).

Para Santos *et. al.*, (2017), a impermeabilização dos solos pode ocasionar no aumento do escoamento superficial excedente da água não infiltrada no solo para a calha dos rios causando inundações. Além disso, altera fatores de qualidade da água como a temperatura, devido a formação de bolsões aquecidos de água que escoam por pavimentos aquecidos pelo sol, ocasionando na fomentação de bactérias nos rios e lagos, e mudanças no pH da água, ou até contaminações mais graves dependendo do agente contaminante que é carregado até o leito dos rios pelo o escoamento superficial.

A revista Ambiente Brasil (2021), ressalta no contexto social os prejuízos ocasionados pelas enchentes nos centros urbanos devido ao uso do solo de forma desordenada. Fatores esses que podem causar perdas e prejuízos financeiros e mortes de pessoas e animais afogados, paralização das atividades econômicas nas áreas afetadas, além de causar doenças por meio de veiculação hídrica, podendo levar pessoas e animais a óbito.

Outro tipo de uso e ocupação do solo expressivo em bacias hidrográfica de destaque é a agricultura, atividade essa que afeta a quantidade e qualidade das águas (RODRIGUES, 2010). De acordo o Atlas irrigação da ANA divulgado no ano de (2019),

a irrigação no Brasil é responsável pelo de 72% de toda a água consumida no país, provocando diversos conflitos de uso consultivo da água e ocasionando em alguns casos a falta dela.

De acordo Bassoi (2021), o uso da água pela irrigação no Brasil acontece na maioria dos casos por meio de captação de água subterrâneas e superficiais. Necessidade que ocorre devido a necessidade do uso de água para as culturas que necessitam deste recurso para o seu desenvolvimento. Ocorrendo deforma estratégica para sanar os déficits hídricos decorrentes do baixo índice de precipitação e capacidade do solo em drenar a água.

Além disso, a irrigação é uma técnica considerada como uso consultivo da água, ou seja, a maior parte dos recursos hídricos utilizados para a irrigação não retorna para os mananciais. Sendo a maior parte água expelida pelas plantas pelo processo de evapotranspiração e direcionada para atmosfera, ocorrendo assim a redução do volume dos rios e lagos, ocasionando em conflitos pelo uso da água em diversas bacias hidrográficas (ATLAS IRRIGACÃO, 2017).

A atividade de mineração também implica na degradação de bacias hidrográficas, ocasionando em desmatamento em aberturas de áreas para exploração mineral, ocasionando em perda do solo por erosão e degradação do mesmo, instabilidade de taludes, rompimento de barragens, assoreamento de corpos hídricos, contaminação da água subterrânea e superficial (VIEIRA; RESENDE, 2015).

A mineração também é responsável pelo uso consultivo da água, como por exemplo o uso desta para fins de desmonte hidráulico e, bombeamento de água. Ocorrendo também o agravante de transposição de águas entre bacias por meio de minério dutos, que em muitos casos transportam água de um estado a outro, consumindo uma grande quantidade de volume hídrico para o transporte do minério, além do rebaixamento do lençol freático, causando sérios impactos negativos aos usos múltiplos da água, (PORTELLA, 2015).

Para Esteves (1998), a água é um dos bens mais valiosos do planeta, contribuindo diretamente para a manutenção da biodiversidade e vida na terra. Diversos estudos científicos apontam que os usos múltiplos da água têm resolvido a vida de diversas

pessoas ao redor do mundo e servindo de controle para a escassez hídrica (FERREIRA *et al.* 2017).

Para Coutinho e Rocco (2004), atualmente está ocorrendo totalmente o inverso da conservação das bacias hidrográficas conforme dispõem as leis do país. Ressaltando que diversas pessoas e empresas não estão se preocupando com a qualidade da água, agindo de forma irracional sem se preocupar com as futuras gerações.

Nesta problemática cabe aos órgãos gestores das bacias hidrográficas, como as agências de água, comitês de bacia e demais órgãos colegiados, implementarem medidas de controle e mitigação do uso do solo em suas respectivas bacias hidrográficas, amenizando assim a pressão sobre o uso e ocupação do solo e preservando a quantidade e qualidade da água e ao meio ambiente em equilíbrio que é um direito de todos (FIGUEIREDO, 2000).

3.3 Usos Múltiplos da Água

A água é um recurso natural inesgotável, contudo, desde que o seu uso foi destinado para atividades econômicas, se iniciaram conflitos pelo seu uso em diversas regiões do mundo, ocasionando em discussões ambientais e geopolíticas sobre a sua disponibilidade (MORAES, 2002).

A demanda de água utilizada pode ser considerada como uso consultivo e uso não consultivo. Sendo o uso consultivo considerado a demanda de água captada que não retorna para o manancial de coleta, como para uso de abastecimento público e irrigação, e o uso não consultivo é a água captada que retorna para seu manancial de coleta, como por exemplo uso da água para barramentos de usinas hidrelétricas ANA (2018).

De acordo Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (2022), cerca de 97,5% da água existente no nosso planeta é salgada e não é adequada para consumo direto ou para a irrigação. Apenas 2,5% da água do planeta é doce, sendo deste montante 71% desta está situada em calotas polares, 18% em águas subterrâneas, 7% em rios e lagos, e 4% na atmosfera.

Com a maior quantidade de água do planeta sendo salgada, o problema se faz devido a grande maioria desta não ser própria para o consumo. Apesar de toda a concentração de água doce no planeta ser relativamente grande, o mau uso da comunidade

antrópica vem reduzindo a quantidade de água doce potável, podendo este ser um dos principais fatores de conflitos geopolíticos do século XXI (GRASSI, 2001).

O Brasil é o país mais privilegiado em questão de abundância de água doce do planeta. Possuindo em média 12% de toda a água doce do mundo. Porém a sua distribuição no país acontece de forma irregular, sendo 66% do volume total concentrados na região amazônica e apenas 3% concentrado na região nordeste, 13% no centro oeste, 6% na região sudeste, 6% na região sul e 6% na região centro oeste (PENA, 2022).

Atualmente no país os principais usuários de água são a irrigação, indústrias, mineração, abastecimento público, geração de energia e o saneamento, incluindo o transporte e diluição de esgoto nos corpos hídricos (BICUDO, 2010). Agravando estes, a grande demanda de consumo para os usos se encontra em locais de pouca oferta, ou em locais que a oferta é menos que a demanda, ocasionando em conflitos e falta de água em diversos locais do Brasil (BICHUETI *et al.*, 2014).

Além disso, ocorre nos semiáridos baixos índices de precipitação anual com índices inferiores a 900 milímetros. Além da temperatura elevada dessa região, que contribuiu significativamente para as baixas taxas de precipitação e evapotranspiração, fenômenos naturais estes responsáveis por uma alta demanda de perda da água, resultando em riscos hídricos e escassez de água (ANA, 2018).

Outro agravante para o conflito de uso da água é a poluição hídrica, fator que vem inviabilizando o uso da água para diversas atividades que necessitam de água com padrões específicos de qualidade, como o ramo industrial e abastecimento público (ANA, 2022).

De acordo com Rossi e Santos (2018), apesar dos conflitos sociais pelo uso da água, existe ainda o impacto ambiental proveniente dos usos múltiplos, caracterizado para o uso de comunidades aquáticas, como peixes, algas e demais organismos vivos que habitam em rios e lagos. Espécies essas que vem sofrendo devido a qualidade e quantidade da água impactadas cada vez mais devido a ação antrópica, causando desequilíbrio ecológico.

Portanto, os usos múltiplos da água representam a exploração concomitante e integrada dos recursos hídricos para o interesse social, econômico e ambiental. Porém

devido aos inúmeros interesses por este recurso, ocasiona em todo o mundo oposição ou embate entre os usuários, gerando conflitos (VIANNA, 2005).

De acordo com Getirana (2005), no Brasil existem conflitos pelo uso da água de forma implícita e explícita. Porém, existe uma grande dificuldade de analisar os conflitos implícitos devido a estarem caracterizados a pequenos atores de forma menos explícita e de difícil caracterização.

Exemplos de conflitos pelo uso da água no Brasil podem ser citados como o caso da Bacia Piranhas-Açu situado entre o estado da Paraíba e Rio Grande do Norte. Fato que aconteceu no ano de 2003, onde ocorreu conflito pelo uso da água entre agricultores para fins de irrigação e a carcinicultura, caso que aumentou em grande escala o pedido de concessão de outorga nessa bacia. Caso que teve que ser intermediado pela união para conseguir chegar em um senso comum para todo (AMORIM *et al.*, 2016).

Outro exemplo de conflitos pelos usos múltiplos da água no Brasil é o reservatório São Francisco II, abastecido pelo Rio São Francisco, localizado no município de Teixeira/PB. Este reservatório foi criado para a finalidade de irrigação das atividades agrícolas locais. Porém, com a crise hídrica ocasionada na região devido à falta de chuva, ele é utilizado em períodos de estiagem para o abastecimento público, gerando conflitos pelo uso da água, devido à alta demanda de água tirada nos períodos de escassez (PAULO; FERNANDES, 2019)

O maior conflito pelo uso da água no Brasil é conhecido pelo sistema Cantareira, conhecido por ser o sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo, maior centro populacional do país. Este sistema engloba no total de 12 municípios, incluindo 4 do estado de Minas Gerais. Integrando o sistema de funcionamento de reservatórios de forma conjunta, além de realizar transposição de águas de bacias hidrográficas (SABESP, 2008).

Este sistema abastece em média 5,2 milhões de pessoas diariamente nas bacias hidrográficas do Rio Capivari e Jundiá, e outras 9 milhões de pessoas na região metropolitana de São Paulo, resultando em uma grande retirada de água diariamente para o consumo humano (WATHELY, 2007).

O sistema Cantareira no ano de 2014 sofreu uma severa crise hídrica, zerando o seu nível de capacidade de barramento hídrico no mês de maio deste ano. Este fato ocasionou em um severo regime de abastecimento, deixando algumas pessoas com até 30 dias sem abastecimento, ocasionando revolta na população gerando em protestos e mudanças no hábito de consumo da água de toda a população local até os dias de hoje, adotando técnicas como por exemplo de reuso da água (CONSORCIO PCJ, 2014).

De acordo Shiva (2011), existe também conflitos geopolíticos pelo uso da água que gera tensão entre países, como por exemplo o uso da água do Rio Tigre e Ufrates, rios estes que percorrer o território da Turquia, Iraque e Síria, e são utilizados para o abastecimento de ambos os países. Porém no ano de 1998 a Turquia iniciou a construção de uma barragem em seu território, reduzindo a vazão dos rios ocasionando em crise hídrica no Iraque e na Síria, fato que gerou atrito e tensões políticas com esses países contra Turquia. O problema persiste até dias de hoje quando ocorrem as reduções drásticas da vazão dos rios no período de seca, causando pressões políticas entre os países, acusando a Turquia de realizar barramentos da água reduzindo a vazão deste para os outros países.

Entre os Estados Unidos e o México existem conflitos em suas águas transfronteiriças superficiais, sendo alegado pelo México a alta retirada de água dos Estados Unidos, deixando os rios com capacidade hídrica crítica quando chegam em território mexicano, além do rebaixamento do nível dos lençóis freáticos. Em casos de conflitos entre países devido ao uso das águas, é necessário o estabelecimento de tratados internacionais, que são difíceis de serem pactuados em ambas as partes e que demandam muito tempo de negociação. Porém em muitos casos as decisões são unilaterais favorecendo os países mais poderosos e com maior poder bélico (MAURO, 2014).

Por fim, existem milhares de conflitos pelo mundo e no Brasil, que geram atrito político e social, além de prejudicar seriamente o meio ambiente devido à grande retirada de água de seu curso natural e da contaminação dos recursos hídricos. Fato esse que deve ser amenizado por uma gestão eficaz dos recursos hídricos, garantindo o uso racional deste recurso por todos os usuários e preservando a vazão dos rios e nível das águas subterrâneas (SOITO, 2019).

3.4 Gestão das Águas

A gestão das águas está ligada diretamente a problemática dos usos da água, e ao seu manejo sustentável, que levou a sociedade a debates e inovações para a busca de soluções do uso racional deste recurso que é essencial para diversas atividades do nosso dia a dia (VIEIRA *et al*, 2018).

Apesar dessas buscas, se faz necessário a gestão das águas devido a desigualdade da distribuição desta por diversos territórios. no mundo existem diversas políticas de gestão das águas, sendo que cada país possui a sua própria lei para atender a sua própria necessidade de consumo e distribuição deste recurso (MACHADO, 2011).

No Brasil a preocupação da gestão da água se deu no ano de 1934 com a criação do código das águas, tema este que não possuía uma gestão democrática, favorecendo nitidamente os setores industriais e energético para o uso das águas e desfavorecendo os demais (CARMO, 2012).

Porém, este favorecimento de consumo da água para finalidades específicas ocasionou a falta de água para o consumo humano e para demais fins em várias partes do território do país, além da alta taxa de contaminação dos rios e lagos, deixando estes em muitos casos totalmente indisponíveis para os usos múltiplos (VIEIRA *et al.*, 2018).

Então, foram realizados debates por um período de 30 anos, até conseguir chegar no modelo de gestão das águas atual, defendido pela Lei Federal nº 9.433/97, que dispõe da Política Nacional de Recursos Hídricos. Política esta que permitiu a participação da sociedade, usuários e o poder público para formação de diversos órgãos colegiados para consulta e deliberação sobre os usos da água de forma a atender a todos, cortando assim os benefícios de usuários que eram beneficiados em relação aos demais, colocando ainda o meio ambiente como tema transversal para a tomada de decisões (FARIAS, 2005).

Com a criação desta lei a governança das águas no Brasil foi estruturada em três elementos, sendo a gestão descentralizada utilizando as bacias hidrográficas como unidade de planejamento, além da gestão integrada e participativa, dotando a água como bem de valor econômico (JACOBI, 2010).

Neste, a lei responsável pela gestão das águas possui como objetivo assegurar a disponibilidade hídrica para a atual e futuras gerações, além de manter padrões adequados

de qualidade desta para seu consumo, utilização racional e integrada para o desenvolvimento sustentável, prevenção de eventos hídricos extremos como seca e enchentes, além de incentivos à captação e reaproveitamento de águas superficiais (JUNQUEIRA, 2011).

Seus fundamentos foram dados em 6 itens de extrema importância para seu funcionamento, sendo o primeiro o domínio público sobre a água, o segundo o valor econômico deste recurso devido a este ser um bem ilimitado, o terceiro o uso prioritário para o consumo humano e dessedentação de animais em casos de escassez, o quarto foi proporcionar os usos múltiplos por meio da gestão das águas, o quinto foi implantar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para política de recursos hídricos e por fim a gestão descentralizada dos recursos hídricos, entre o poder público usuários e sociedade (BRASIL, 2022).

Com essas definições a política das águas do Brasil trouxe diretrizes voltadas para a melhoria da oferta de água para os usuários em qualidade e quantidade, implementando políticas sociais voltadas para o desenvolvimento sustentável, inclusão social, além de integração com outras políticas públicas (SANTILLI, 2001).

Para Viegas (2012), estabelecer a água como um bem de domínio público e dotado de valor econômico não significa que o governo tem a propriedade sobre este bem, mas sim o domínio e responsabilidade de poder intervir sobre este bem. Além de poder executar cobranças sobre o uso desta, incentivando assim no uso racional deste por todos os usuários, preservando o equilíbrio ecológico e água para todos.

Destaca que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um instrumento de gestão instituída pela Política Nacional de Recursos Hídricos, que busca realizar cobranças dos usuários de recursos hídricos que realizam a captação da água ou que poluem a mesma por meio de despejo de resíduos industriais em corpos hídricos para sua dissolução. Cobrança essa que busca o uso racional da água e arrecadação de dinheiro para investimento para recuperação e preservação de bacias hidrográficas (ANA, 2007).

A outorga também é um instrumento de gestão dos recursos hídricos que possui a finalidade de conceder o uso da água aos usuários. Seu objetivo é controlar o uso qualitativo e quantitativo do uso da água, instrumento este que deve respeitar a classe de enquadramento com finalidade de preservar os usos múltiplos da água (ANA, 2013).

De acordo Soares (2015), o enquadramento dos corpos hídricos é outro instrumento de gestão das águas que busca em reduzir os custos de combate à poluição, e assegurar os usos da água para as demandas mais exigentes, buscando os usos preponderantes ao longo do tempo de acordo a resolução CONAMA n° 357/2005.

Ainda sobre os instrumentos de gestão de recursos hídricos se destacam os planos de recursos hídricos, que possuem como objetivo o gerenciamento dos recursos hídricos de acordo a política nacional de recursos hídricos. Planos estes que são elaborados por bacias hidrográficas ao decorrer do país, buscando atender de forma descentralizada a demanda de gestão hídrica de cada bacia, evitando assim em conflitos e uso consciente e sustentável da água (COSTA *et al.*, 2019).

Por fim, outro instrumento de gestão é o sistema de informação dos recursos hídricos, sistema esse que visa em tratar, recuperar e armazenar dados sobre informações de recursos hídricos. Este sistema armazena os dados em bancos de informações para elaboração de políticas e estratégias de gestão possibilitando tomadas de ações em eventos críticos extremos como cheias e secas prolongadas, possibilitando o acesso a água para todos (ANA, 2013).

Destaca que a gestão dos recursos hídricos é uma ferramenta de extrema importância para o uso consciente das águas, buscando o equilíbrio ecológico. No Brasil, a lei das águas trouxe diversas medidas de preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos como os instrumentos de gestão. Porém, para o correto funcionamento da gestão das águas, se faz necessário métodos de monitoramento de qualidade da água, como o biomonitoramento, método este que pode ser utilizado por órgãos gestores para controle de qualidade dos recursos hídricos (COUCEIRO; HAMADA, 2011).

3.5 Biomonitoramento de Qualidade da Água

Com o crescente aumento de poluição das águas vem se tornando mais evidente a escassez dos corpos hídricos para fins de abastecimento para consumo humano, e demais usos econômicos e recreativos, limitando o uso deste bem para futuras gerações e atividades econômicas (QUEIROZ *et al.*, 2008).

O biomonitoramento de qualidade da água é uma ferramenta de análise de qualidade conhecida devido ao seu baixo custo e à sua eficácia nos resultados. Método

este que contribui para a manutenção e equilíbrio ecológico, auxiliando na detecção de poluentes e agentes contaminantes (MOURA; SILVA *et al.*, 2016).

Os bioindicadores de qualidade da água são organismos vivos que possuem interações com o meio ambiente, e podem ser classificados ao nível de espécies ou comunidades. Quando ocorre alguma mudança ou perturbação ao meio ambiente estes sofrem alteração em seu comportamento, ou até mesmo a extinção em determinado local, proveniente do nível de degradação ambiental que possa ocorrer (SOUZA, 2001).

Para uma determinada espécie ser considerada como bioindicadora ela deve possuir características peculiares para variações físicas, químicas e ambientais. Portanto as espécies devem indicar variáveis físicas em suas características como, ausência, número de indivíduos, fisiologia e morfologia (JOHNSON *et al.*, 1993).

Para a avaliação da qualidade ambiental da água em bacias hidrográficas, são utilizadas diferentes espécies que são ferramentas eficazes, uma vez que são sensíveis à alteração na dinâmica da comunidade, alterações no ciclo hidrológico, variações químicas e físicas, aumento de nutrientes em corpos hídricos, alterações essas que afetam a rede trófica (MEDEIROS, 2012).

De forma geral os bioindicadores são espécies de animais ou vegetais que são utilizados para o monitoramento da qualidade do sistema ambiental (CETESB, 2012). Os bioindicadores mais utilizados para as pesquisas são os que possuem características relacionadas a mudanças em seu comportamento em relação a mudanças fenológicas, ciclos sazonais de períodos chuvosos e secos, e estresses antrópicos (UFMG, 2012).

Ressalta-se a importância deste tipo de análise em escala de bacia hidrográfica devido a sua eficácia e confiabilidade nos resultados adquiridos, possibilitando assim sua utilização na gestão dos recursos hídricos devido a resultados biológicos, de possíveis problemas ambientais em meio aquático, assegurando assim em tomadas de decisões acerca dos impactos ambientais de rios e lagos, garantindo assim a quantidade e qualidade da água para toda a sociedade e meio ambiente (MEDEIROS, 2012).

A técnica do uso de bioindicadores é de extrema importância para a análise de qualidade da água, que são utilizados como base para determinar a qualidade da água em diversos corpos hídricos (MOURA; SILVA *et al.*, 2016). Assegurando também os

princípios da Política Nacional dos Recursos Hídricos conforme a Lei 9.433/97, preservando os recursos hídricos para a atual e futuras gerações (

Além disso, a Resolução CONAMA 357/2005 ressalta sobre o uso de bioindicadores de qualidade da água para monitoramento de qualidade da água, ressaltando sobre a importância do uso deste método (LEMLE. 2003). Ainda de acordo com Danze (2018), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) no ano de 2012, publicou um protocolo para análise de qualidade da água por meio da comunidade bentônica.

Conforme Milesi *et al.* (2008), dentre as espécies de bioindicadores de qualidade da água se destacam os macroinvertebrados bentônicos como um dos melhores bioindicadores em ambientes lóticos, devidos a suas características de tolerância, sendo que essas espécies possuem grupos de capacidade de tolerância de perturbação hídrica de sensível a mais tolerantes.

3.6 Macroinvertebrados Bentônicos

Os macroinvertebrados bentônicos são animais invertebrados que possuem uma grande variedade de espécies, diversidades e modos de vida. Sendo a maioria encontrados na natureza como vermes, crustáceos, moluscos e insetos. Organismos estes que podem habitar em corredeiras, riachos, rios, represas e lagos (SILVEIRA *et al.*, 2004).

De acordo com Callisto (2005), estes são organismos que se encontram na posição intermediária na cadeia alimentar, tendo como seus principais alimentos algas e organismos, e os peixes como seus principais predadores. Além disso, possuem o ciclo de vida longo, e na maioria dos casos são facilmente vistos a olho nu.

Para a existência de uma comunidade bentônica em determinado ambiente aquático existem diversos fatores físicos e químicos que influenciam sobre a sua ocorrência, como por exemplo a velocidade do escoamento dos cursos hídricos, qualidade da água, disponibilidade de alimento, substrato para seu abrigo, além da temperatura da água (SILVA, 2007).

Para Callisto (2006), os organismos bentônicos são bastantes importantes na avaliação do ciclo de nutrientes, pois estes habitam no fundo de ambientes aquáticos e ficam em contato constantemente a diversos sedimentos e, devido ao longo ciclo de vida,

possibilitam na interpretação de resultados sobre os bioindicadores da espécie. Estes ainda possuem a função de ciclagem de nutrientes transformando a matéria orgânica em energia, desempenhando um papel importante no funcionamento dos sistemas aquáticos, por ser a principal fonte alimentar de peixes (MARQUES *et al.*, 1999).

Além disso, a diversidade e distribuição destas espécies estão diretamente correlacionadas a fatores ambientais como: tipo de substrato encontrado no fundo dos ambientes aquáticos, preservação da vegetação aquática, preservação da mata ciliar e tipos de detritos orgânicos, disponibilidade de alimento e abrigo contra predadores (LANGE *et al.*, 2009).

Estes podem ser encontrados por meio de uma gama de grupo taxonômicos, sendo os Platelmentos (planárias), anelídeos (minhocas, sanguessugas), moluscos (caramujos e bivalves), crustáceos (camarões, caranguejos), insetos e outros. A riqueza das espécies compreende por vários grupos funcionais, sendo os principais grupos os filtradores, predadores, herbívoros, coletadores e fragmentadores (CALLISTO *et al.*, 1996).

Para Callisto (2006), os macroinvertebrados bentônicos necessitam de um tempo maior para se estabelecerem em determinado local e formar as suas comunidades, devido à necessidade de cada espécie possuir tolerância de qualidade da água. Além disso, grande parte destas espécies são encontrados no ambiente aquático de forma juvenil, sendo que algumas espécies após sua fase jovem, migram para ambientes terrestres para seu ciclo final de vida e reprodução, como por exemplo as libélulas (FERRO, 2013).

Conforme citado por Milesi *et al.* (2008), os macroinvertebrados bentônicos possuem diferente gradiente de tolerância de perturbação nos sistemas hídricos, separados por grupos de sensíveis, tolerantes e resistentes. Os organismos sensíveis são conhecidos por sua sensibilidade a mudanças concentração de oxigênio, sendo esses os formadores do grupo EPT, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (FREITAS *et al.*, 2018).

Ainda de acordo Freitas *et al.*, (2018), os organismos de médio grau de tolerância são Dípteras das ordens principais Heteroptera, Coleoptera e Odonata, organismos esses que vivem em ambientes não poluídos. Os organismos mais resistentes possuem fisiologia para sobrevivência em ambientes sem perturbação hídrica, podendo sobreviver a baixas taxas de oxigênio e se alimentar da matéria orgânica acumulada nos sedimentos,

sendo esses organismos conhecidos da família da Syrphidae e organismos da família Chironimidae.

A preferência pelo uso destes indivíduos em pesquisas científicas e técnicas está atribuída a fácil coleta destes no meio ambiente, o fácil reconhecimento dos organismos coletados, além de ser um método barato de se utilizar, se comparando aos demais métodos tradicionais de análise de qualidade da água (RAMOS *et al.*, 2019).

Outro fator relevante para o uso dos macroinvertebrados bentônicos para análise de qualidade da água é a sua característica sedentária, pois estes não possuem a capacidade de se deslocar para outras áreas distantes quando ocorre poluição em seu habitat hídrico (CALIJURI, 2013).

De acordo com Baptista *et al.*, (2001), os macroinvertebrados bentônicos são utilizados na avaliação de qualidade da água subsidiando a proposição de medidas de manejo para tomada de ações com o intuito de minimizar os impactos proveniente da ação antrópica sobre o meio hídrico.

No Brasil os macroinvertebrados bentônicos vêm sendo utilizado para análise de qualidade ambiental em sistemas hídricos lóticos e lênticos, servindo como uma importante ferramenta de gestão ambiental, para empresas privadas e órgão públicos (BRUNELLI, 2018). Dessa forma, possibilitam um conjunto de informações e tomadas de decisões, além de contribuição para o meio acadêmico dispendo de uma série de pesquisas científicas de diversos corpos hídricos, lagos e bacias hidrográficas, obtendo resultados expressivos devido a aplicação dos índices de qualidade ecológica, resultando em dados quantitativos e qualitativos da área de pesquisa analisada (BARBOSA *et al.*, 2016).

3.7 Protocolo de Avaliação Rápida como Instrumento de Monitoramento de Recursos Hídricos

Conforme discutido, se faz importante adotar protocolos de monitoramento para avaliação da água para tomada de decisões no processo de gestão das águas. Nestes se destacam os protocolos de monitoramento de recursos hídricos, protocolos estes que buscam avaliar o funcionamento e estrutura de ambientes aquáticos, com a utilização de parâmetros simplificados e de fácil entendimento (MINATTI, BEAUMORD, 2006).

Este método surgiu nos Estados Unidos na década dos anos de 1970, por meio da divisão de Avaliação e Proteção das Bacias Hidrográficas, devido a necessidade de criação de métodos de avaliação de qualidade da água de forma rápida e de baixo custo. Com essa problemática foram criados métodos de análises de qualidade da água com o preenchimento de relatórios de forma simplificada e ágil (BUS, 2002).

Para o desenvolvimento deste tipo de avaliação de qualidade da água, se faz necessário o uso de bioindicadores. Sendo necessário utilizar bioindicadores específicos para cada proposta de monitoramento, pois são avaliados aspectos do habitat dos indivíduos a serem analisados, geomorfologia, ecomorfologia, hidrologia e sedimentologia, parâmetros de comportamento que difere de uma espécie a outra (CALLISTO *et al.*, 2001).

Estes protocolos são utilizados para avaliar a água de forma qualitativa, utilizando limites de pontuação de gradiente de estresse de ambiente pouco poluídos até ambientes muito degradados. Com os resultados obtidos na avaliação é possível avaliar o nível de criticidade do sistema. Portanto é um método de avaliação da água realizada em *in situ* para uma lista de parâmetros físicos e biológicos pré-definidos, na qual se pretende avaliar para cada tipo de pesquisa (RODRIGUES, 2006).

Este método possui como vantagem traduzir os resultados de forma clara para o público em geral e para as pessoas especialistas como os órgãos gestores. Além disso, este método pode ser feito por pessoas que não possuem conhecimento específico em análise de água, sendo necessário apenas um treinamento prévio e adequado antes da execução, permitindo assim a participação da comunidade (FERREIRA, 2003).

Para Rodrigues e Castro (2008), este método precisa ser adaptado e adequado de acordo com a necessidade de cada área de pesquisa, devido a diversidade de tipologias fluviais, ecomorfologia e caracterização de bacias hidrográficas. Apesar deste fato, estes protocolos possuem bastante confiabilidade, sendo utilizados como por exemplo na Austrália para promoção de saúde em sistemas fluviais do país. No Brasil este método foi utilizado em pesquisas como de Callisto *et al.*, (2002), Ferreira (2003), Upgren (2004), Rodrigues (2006) e diversas outras pesquisas de análise de qualidade da água por meio de bioindicadores, que vem contribuindo para o entendimento da situação de qualidade hídrica de diversas regiões do país.

4. METODOLOGIA

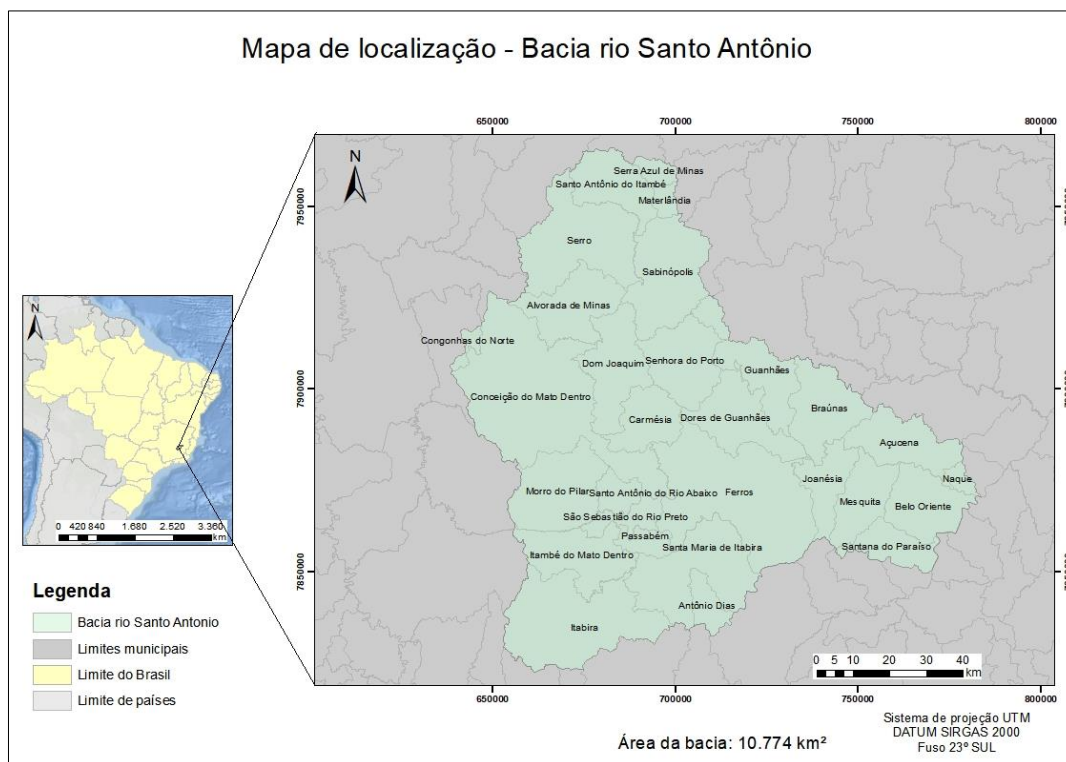
Neste capítulo são abordados os aspectos metodológicos da pesquisa, descrevendo os métodos a serem utilizados para os resultados e conclusões deste estudo, se baseando em referências bibliográficas sobre os bioindicadores biológicos.

4.1 Universo da Pesquisa

A área de pesquisa deste estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, que está localizada totalmente no estado de Minas Gerais, sendo esta uma sub-bacia do Rio Doce. A área total da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio é de 10.756,89 km², localizada em uma região caracterizada por solos Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Litólicos e Argilosos Vermelho-Amarelo (SÁ *et al.*, (2019).

De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2022), a bacia está classificada como UPGRH DO3. O rio principal da bacia é o Santo Antônio, que dá o nome a bacia. Este possui aproximadamente 280 km de extensão conforme a figura 1, e seus principais afluentes são os rios Preto do Itambé, Tanque, Peixe e Guanhães.

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia do Rio Santo Antônio.



Fonte: Autor, 2022.

O rio Santo Antônio possui a sua nascente na serra do Espinhaço no município de Conceição do Mato Dentro/MG, e possui a sua foz com o rio Doce no município de Naque/MG. Esta bacia possui no total de 29 municípios, sendo eles: Alvorada de Minas, Açucena, Belo Oriente, Antônio Dias, Braúnas, Carmésia, Conceição do Mato Dentro, Congonhas do Norte, Dom Joaquim, Dolores de Guanhães, Ferros, Guanhães, Itabira, Itambé do Mato Dentro, Joanésia, Materlândia, Mesquita, Morro do Pilar, Naque, Passabém, Sabinópolis, Santa Maria de Itabira, Santana do Paraíso, Santo Antônio do Itambé, Santo Antônio do Rio abaixo, São Sebastião do Rio Preto, Senhora do Porto, Serra Azul de Minas e Serro (CBH SANTO ANTÔNIO, 2022).

Ainda de acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG, 44% da economia desta bacia é voltada ao setor de serviço, além do setor industrial, extração de minério de ferro, celulose, pecuária e cultivo de açúcar, café e milho. Além disso, a área da bacia é suscetível a erosão devido a chuvas torrenciais e atividades de mineração (CBH, SANTO ANTÔNIO, 2022).

Além disso, 90% da vegetação da área da bacia é composta por mata atlântica, bioma este que foi quase totalmente devastado na área da bacia e hoje em dia resta aproximadamente 0,2% desta vegetação em toda sua área. Dentre as áreas de preservação ambiental no território da bacia, estão a reserva Estadual do Parque do Rio Doce, Reserva da Biosfera, (CBH, SANTO ANTÔNIO, 2022).

Destaca-se de acordo a deliberação normativa COPAM/CERH (2008) que dispõe da classificação dos corpos hídricos, o enquadramento de classe 2 para os cursos hídricos desta bacia. De acordo Sá (2020), a bacia possui precário tratamento de esgotamento sanitário, sendo que 84% do esgoto gerado na bacia é despejado diretamente nos corpos hídricos sem tratamento, sendo que deste total 61% possuem coleta. Apenas 16% da bacia possui esgotamento sanitário tratado, sendo que apenas 4 municípios possuem tratamento de esgoto com níveis adequados sendo eles: Carmésia, Itambé do Mato Dentro, Conceição do Mato Dentro e Serro.

Ainda de acordo Sá (2020), o clima da área da bacia é Tropical Central, com umidade classificada como semi-úmido com média de 5 meses secos. A temperatura é dividida em 3 áreas, sendo a primeira mesotérmica em áreas montanhosas com

temperaturas de 10°C a 15° C, zonas subquentes com temperaturas médias de 15°C a 18° C e a zona quente com temperaturas acima de 18°C na região baixa do rio Santo Antônio.

4.2 Uso e Ocupação do Solo

Para a identificação do uso e ocupação do solo da bacia e sua representação por mapa, foi utilizado o MapBiomas, com o auxílio da ferramenta via Google Earth Engine para a extração da camada raster via formato TIFF. Deste foi utilizado o software QGIS 3.12.3 para a manipulação dos dados para recorte da área da bacia com o auxílio do portal de Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-SISEMA). A partir desta manipulação foi possível obter o mapa de uso e ocupação do solo em banda RGB com a composição de cores da paleta do MapBiomas. Com os resultados do mapa foi possível identificar usos do solo como: Afloramento rochoso, Plantação de Cana de Açúcar, Floresta Plantada, Formação campestre, Formação florestal, Formação savânica, Infraestrutura urbana, Lavouras temporárias, Mineração, Mosaico de agricultura, Pastagem, Soja e outras áreas não vegetadas como por exemplo solo exposto.

4.3 Definição dos Pontos de Coleta

Os pontos de coleta para esta pesquisa foram determinados de acordo com os pontos de monitoramento de qualidade da água do IGAM que existem ao decorrer da bacia, sendo no total de 8 pontos, sendo realizada duas coletas em cada ponto. Sendo a primeira no período de escassez hídrica no mês de junho do ano de 2022, e outra coleta em cada ponto novamente no mês de dezembro do ano de 2022, período este que possui um aumento dos índices pluviométricos.

O primeiro ponto de coleta está localizado no município de Itabira/MG, na calha do Ribeirão Jirau e localizado nas seguintes coordenadas geográficas de latitude 19°32'48,2" e longitude 43°09'14,7". Este local possui a estação de monitoramento de água do IGAM denominada de RD060, que está presente no local realizando monitoramento desde o ano de 2019.

O segundo ponto de coleta está localizado no município de São Sebastião do Rio Preto, com o local de coleta na calha do Rio Preto do Itambé localizado nas coordenadas de latitude 19°17'15,72" e longitude de 43°10'40,43" local geográfico este que se encontra a estação de monitoramento do IGAM denominado de RD078, que realiza monitoramento de qualidade da água desde o ano de 2008.

O terceiro ponto de coleta está no município de Ferros/MG, na calha do Rio Tanque e nas seguintes coordenadas geográficas de latitude $19^{\circ}17'3,77''$ e longitude $43^{\circ}0'57,53''$, local de presença da estação de monitoramento RD080 que realiza monitoramento desde o ano de 2008.

Também no município de Ferros/MG se encontra o quarto ponto de monitoramento, localizado na calha do Rio Santo Antônio nas coordenadas geográficas de latitude $19^{\circ}13'16,86''$ e longitude $42^{\circ}52'47,39''$, no local da estação de monitoramento RD081, presente neste ponto em atividade desde o ano de 2008.

O quinto ponto de monitoramento foi definido na estação de monitoramento de qualidade da água denominada de RD079 município de Carmésia. Estação que está monitorando o Rio de Peixe desde o ano de 2008, e localizada nas seguintes coordenadas geográficas de latitude $19^{\circ}5'51,54''$ e longitude $43^{\circ}10'16,86''$.

O Sexto ponto de coleta está localizado no município de Conceição do Mato Dentro/MG, na calha do rio Santo Antônio nas seguintes coordenadas geográficas de latitude $19^{\circ}4'22,13''$ e longitude $43^{\circ}26'43,44''$, local onde está instalada a estação de monitoramento RD077, que também realiza monitoramento desde o ano de 2008.

A definição do sétimo ponto de coleta se deu pela localização da estação de monitoramento RD082, localizada no município de Dores de Guanhões/MG, e está monitorando o Rio Guanhões desde o ano de 2008 nas coordenadas geográficas de latitude $19^{\circ}3'10,08''$ e longitude $42^{\circ}52'41,88''$.

Por fim, o oitavo e último ponto de monitoramento está localizado no município de Naque/MG. Local da estação de monitoramento RD039, que está operando suas atividades de análise da água desde o ano de 2000 no rio Santo Antônio, nas proximidades da foz deste rio com o Rio Doce.

Além da presença das estações de monitoramento nos locais de coleta, destaca-se também o fácil acesso desses locais até o leito dos rios, devido todos os pontos abordados estarem em pontes, facilitando o acesso de pessoas e deslocamento de equipamentos. Contribuindo também pela melhor distribuição espacial dos locais de coleta na área da bacia conforme figura 2 a seguir.

Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta



Fonte: Autor, 2022.

Além da distribuição espacial ao longo da bacia, existem pontos em áreas bastantes antropizadas, como pontos em áreas urbanas, e pontos a jusante de empreendimentos comerciais como mineração, agricultura, atividades de pecuária, indústrias e até de centros urbanos que podem estar interferindo diretamente na qualidade da água da bacia em estudo.

4.4 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida

Para a realização desta atividade, este trabalho baseou-se no “Protocolo de Avaliação Rápida – PAR”, proposto por Callisto et al. (2002), conforme o anexo I desta pesquisa. Neste foram avaliados em campo 22 parâmetros, referentes as características ambientais de cada ponto de coleta.

Com a classificação das características ambientais foram utilizados parâmetros de pontuação de 0 a 4, para a classificação de cada local, definindo assim a conservação de cada local.

4.5 Parâmetros de Qualidade da Água

A avaliação dos parâmetros de qualidade da água se constitui em padrões físicos, químicos e biológicos, sendo estes avaliados *in loco* e em laboratório. Para análise *in loco* foi utilizada a sonda multiparâmetros marca Hydrolab, modelo Quanta (Austin, Texas, USA), para mensuração do oxigênio dissolvido, pH, condutividade e temperatura. Anteriormente a cada coleta a sonda era previamente calibrada em laboratório, exceto para o parâmetro oxigênio dissolvido, cuja calibração era realizada no local baseando-se na altitude local e de acordo com o manual do equipamento.

Para os demais parâmetros de qualidade da água, foram coletados em cada local de coleta 4 litros de água que foram conservados em frascos plásticos, armazenados em caixa térmica e levados para laboratório para análise. As amostras foram analisadas nos laboratórios de Saneamento, Química Ambiental, Limnologia e Microbiologia da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) campus Itabira.

Em laboratório, foi utilizado para realizar a medição da turbidez da água turbidímetro da marca HACH, modelo 2100Q.

As análises que foram baseadas em APHA (2012) foram: *alcalinidade*, método 2320; DBO₅, método 5210, este com auxílio de oxímetro, por meio do medidor multiparâmetro da marca HACH, modelo HQ440d; *sólidos totais*, método 2540; *dureza*, método 2340.

Para os parâmetros descritos na Tabela 1, utilizou-se kits de reagentes Hach e análise em espectrofotômetro Hach modelo DR6000. Os métodos utilizados foram disponibilizados juntamente com os kits de análises, estando disponíveis também em seu endereço eletrônico para serem consultados (www.hach.com).

Tabela 1 - Parâmetros analisados com o uso de conjuntos de reagentes Hach e seus respectivos métodos utilizados.

| Parâmetro | Método |
|------------------|---------------|
| Fósforo total | 8190 |
| Manganês total | 8149 |
| Cor verdadeira | 8025 |
| Nitrato | 10020 |

Fonte: Autor (2023).

Para análise dos Coliformes Totais e *E. coli* foi utilizado o método do substrato cromogênico (Colilert®), sendo possível indicar a poluição local e presença da bactéria *Escherichia coli* e coliformes totais nas amostras coletadas.

4.6 Coleta dos Macroinvertebrados Bentônicos

Para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos foi emitida a autorização do Sistema de Autorização e Informações de Biodiversidade (SISBIO), sob número 82344-2/2022 para a realização da coleta das amostras, disponibilizado no Anexo III deste documento.

Em campo, para coleta dos macroinvertebrados utilizou-se a Draga Van Veen devido a profundidade dos rios. Equipamento que possui a capacidade de buscar ao fundo de ambientes aquáticos os sedimentos contidos nele, conforme a Figura 3. Para cada ponto de coleta foram realizados 4 lançamentos da draga Van Veen, cobrindo uma área amostral em cada ponto de coleta de 0,222 m², acondicionadas em sacos plásticos e destinados para o laboratório para análise.

Figura 3 - Utilização da Draga Van Veen para a coleta das amostras no ponto de captação 1, denominado de Ribeirão Girau.



Fonte: Autor, 2022.

4.7 Triagem e identificação dos Macroinvertebrados Bentônicos

Após a coleta das amostras, para a triagem dos macroinvertebrados bentônicos, utilizou-se um conjunto de peneiras conforme a Figura 4, para a triagem e coleta das espécies bentônicas com o auxílio de pinça, para posterior análise de identificação.

Figura 4 - Conjunto de peneiras para triagem dos macroinvertebrados bentônicos coletados.



Fonte: Autor, 2022.

Destaca-se que o conjunto possui 6 peneiras com diâmetro de amostragem que vai reduzindo de forma descendente. Sendo que a primeira peneira com o diâmetro de 9,5

milímetros que possui a função de retirar o material grosseiro como rochas, galhos e folhas. Esta peneira tem a capacidade de reter macroinvertebrados relativamente grandes ou que fiquem acondicionados nos materiais grosseiros citados.

As demais peneiras possuem diâmetros menores com a função de reterem materiais de pequena granulometria como os macroinvertebrados bentônicos, sendo a segunda peneira com o diâmetro de 2,36 milímetros, a terceira com 1,18 milímetros, a quarta com 0,6 milímetros, a quinta com 0,75 milímetros e a sexta com 0,125 milímetros. Sendo utilizada a sequência da maior malha para a menor conforme a imagem anterior.

Com essas dimensões de peneiras foi possível realizar retenção das amostras e triagem dos macroinvertebrados que foram coletados e acondicionados em frascos com álcool 70°GL para posterior análise em microscópio.

Foi utilizado microscópio estereoscópico trinocular, marca Motic, na Unifei Campus Itabira MG, para a análise dos indivíduos encontrados e sua identificação. Com as imagens adquiridas das espécies foram tiradas fotos das amostras de cada indivíduo para posterior identificação de acordo com a obra de Mugnai *et al.*, 2010.

Os indivíduos coletados foram identificados até o nível de ordem. Após a identificação foi descrito por meio de pesquisa bibliográfica sobre o comportamento e seus modos de vida, bem como sobre o grau de tolerância que são capazes de suportar os indivíduos encontrados, podendo assim descrever sobre a situação ambiental do ponto de coleta do corpo hídrico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa e sua discussão, sobre aspectos sobre o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, qualidade da água nos pontos de coleta bem como a identificação dos macroinvertebrados bentônicos coletados.

5.1 Uso e ocupação do solo

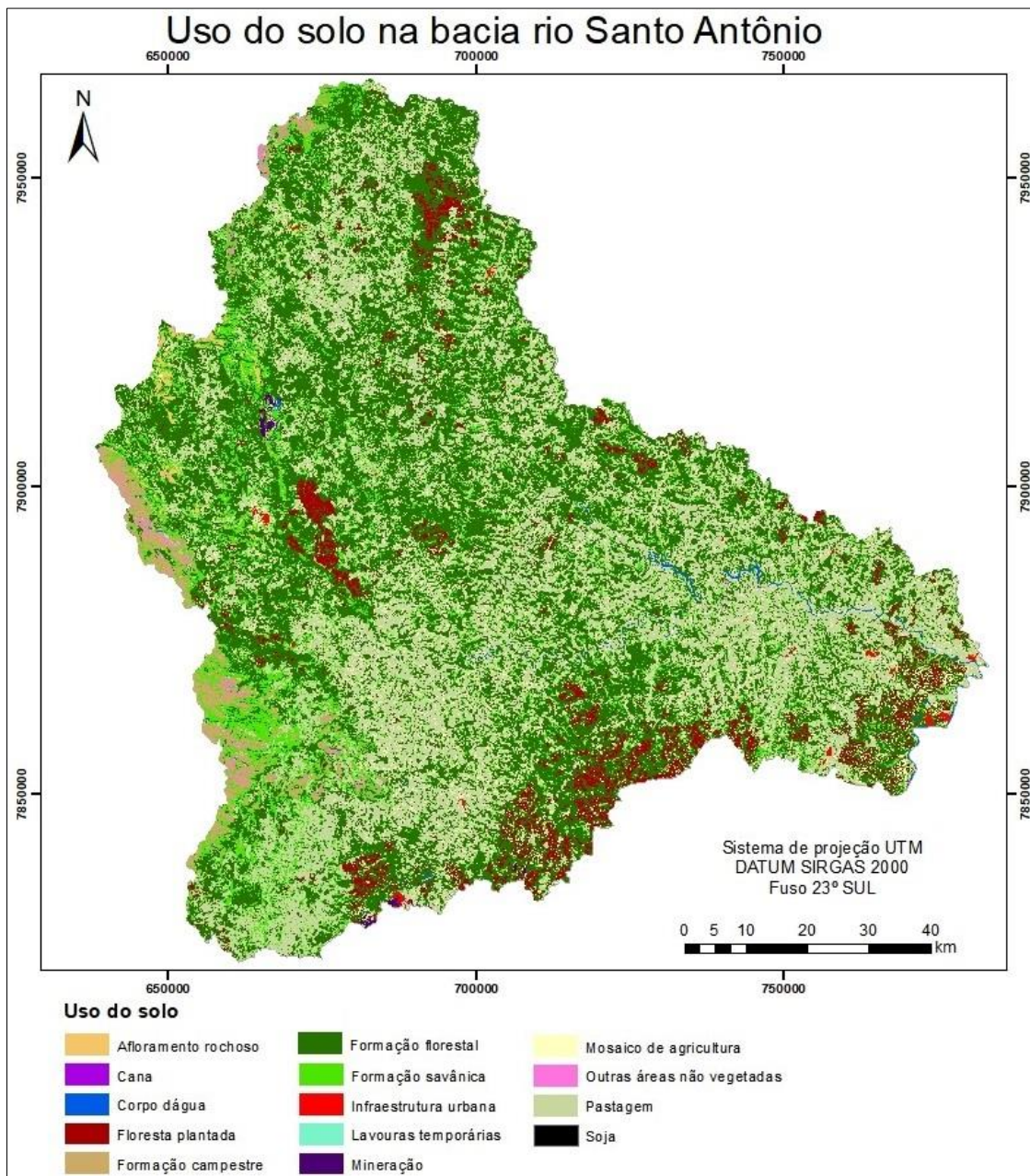
Para identificação do uso e ocupação do solo da bacia foi criado o mapa apresentado na figura 5 abaixo, da bacia do Rio Santo Antônio para descrição dos possíveis impactos sobre a qualidade da água da bacia.

Conforme a figura 5, foram identificados os seguintes usos do solo: Afloramento Rochoso, Cana-de-açúcar, Corpos Hídricos, Floresta Plantada, Formação Campestre, Formação Florestal, Formação Savânica, Infraestrutura Urbana, Lavouras Temporárias, Mineração, Mosaico de agricultura, Área não vegetadas, Pastagem e Soja. Na Tabela 2 são apresentadas as quantificações das áreas de cada tipo de uso do solo na bacia do Rio Santo Antônio, MG.

Destaca-se na Tabela 2 que os 5 primeiros usos e ocupação do solo representam 96,27 % de toda a área da bacia. Deste total, a formação florestal representa 42,31% do uso total do solo da bacia, correspondendo a uma área de 4.558,02 km². As florestas possuem papel essencial sobre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, além de serem de extrema importância para o funcionamento do ciclo hidrológico (PENA, 2022).

Com este percentual de uso e ocupação do solo destinado para floresta, a bacia possui boa preservação ambiental, evitando em muitos casos erosão que provocam perda do solo e assoreamento de corpos hídricos, além de evitar lixiviação e sedimentação de nutrientes. Além de ser o uso do solo que preserva toda a biodiversidade da bacia.

Figura 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 2 - Percentual das classes de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Santo Antônio/MG

| Classes de uso do solo | Área (Km ²) | Representatividade (%) |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Formação florestal | 4.558,02 | 42,31% |
| Pastagem | 3.008,39 | 27,92% |
| Formação savânica | 1.443,29 | 13,40% |
| Mosaico de agricultura e pastagem | 877,21 | 8,14% |
| Floresta plantada | 485,00 | 4,50% |
| Formação Campestre | 214,26 | 1,99% |
| Afloramento rochoso | 59,69 | 0,55% |
| Outras áreas não vegetadas | 56,12 | 0,52% |
| Corpo d'água | 32,41 | 0,30% |
| Infraestrutura Urbana | 21,86 | 0,20% |
| Mineração | 13,82 | 0,13% |
| Lavoura temporárias | 2,78 | 0,03% |
| Lavoura de Cana | 0,01 | 0,00% |
| Lavoura de Soja | 0,00 | 0,00% |
| Área Total da bacia | 10.774 | 100% |

Fonte: Autor, 2022.

A pastagem também é um uso do solo expressivo na bacia, representando no total de 27,92% da totalidade da área de estudo com uma área total de 3.008,29 km². As áreas de pastagem são consideradas possíveis fontes de poluição das águas, pois destas podem ocorrer erosão devido ao pisoteio de animais, o que pode levar a variação na turbidez e cor aparente dos corpos hídricos. Além disso pode ocorrer em alguns casos contaminação das águas subterrânea e superficiais devido ao uso de defensivos agrícolas provenientes desta atividade, ocorrendo na perda da qualidade da água e mortandade de espécies aquáticas (VIEIRA, 2013).

Portanto, com a atividade de pastagem na bacia em estudo podem ocorrer interferências dos resultados das amostras coletadas de macroinvertebrados bentônicos,

podendo ser encontrados apenas os mais tolerantes à perturbação hídrica devido aos possíveis impactos sobre os corpos hídricos provenientes deste uso do solo.

A formação savânica compreende o total de 13,40% do total da bacia, compreendendo uma área de 1.443,29 km². Esta formação pode ser denominada como um conjunto de arbustos e pequenas árvores que se desenvolve em solos arenosos e rochosos, o que impede o crescimento elevado de determinadas espécies arbóreas (SILVA, 2017).

Com este tipo uso e ocupação do solo na bacia, destaca-se mais ainda o seu percentual de preservação, contabilizando em mais da metade de sua área preservada, contribuindo para a melhor proteção da qualidade da água na bacia do Rio Santo Antônio, MG.

Porém, 8,14 % da área da bacia é destinada para agricultura e pastagem totalizando em uma área de 877,21 km², sendo este tipo de uso bastante agressivo a qualidade dos recursos hídricos, devido ao alto uso consuntivo dos recursos hídricos, além da possibilidade de contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos (PINHEIRO *et al.*, 2014).

Portanto, este uso e ocupação do solo também pode contribuir nos macroinvertebrados coletados, podendo ser encontrados no local de coleta os apenas os tolerantes a poluição proveniente de atividades agrícolas.

Já as florestas plantadas representam o total de 4,50 % do uso do solo da bacia, com uma área ocupada de 485 km². Estes podem ser representadas como plantações de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., sendo o primeiro utilizado principalmente pela indústria de celulose.

Este tipo de vegetação impede o crescimento de vegetação sobre o solo que ela está sombreando, deixando o mesmo desprovido de proteção e propício à erosão laminar nos períodos chuvosos, aumentando significativamente a turbidez dos corpos hídricos nos períodos chuvosos, podendo ser um fator de contribuição de perda da qualidade da água da bacia (RIBEIRO, 2001).

Outro uso relevante na bacia se destaca como infraestrutura urbana com 0,20% com área de 21,26 km². Atividade esta que possui alto impacto sobre os cursos hídricos

proveniente do esgotamento sanitário sem tratamento adequado, podendo provocar impactos sociais como doenças e mortes devido a doenças de veiculação hídrica e impactos ambientais como contaminação da água e mortandade das espécies aquáticas que habitam rios e lagos (TOLEDO, 2019).

Com a contaminação do esgoto sanitário nos corpos hídricos podem ocorrer o aumento da concentração de fósforo e nitrogênio nestes na bacia, podendo resultar em eutrofização, causando mortandade de organismos aquáticos. Além disso, com o despejo do esgotamento sanitário sem o tratamento adequado, pode ocorrer a alta concentração de coliformes totais e fecais, causadores de doenças em seres humanos. Além da extinção local de bioindicadores de qualidade da água pouco tolerantes. (SANTINI *et al.*, 2015).

Por fim, outro uso e ocupação do solo relevante da área de estudo é a atividade minerária, devido ao seu potencial de impacto ambiental e perturbação hídrica. Mesmo sendo este uso representado por apenas 0,13% da área da bacia, totalizando uma área de 13,82 km², pode provocar impactos como assoreamento dos corpos hídricos superficiais da bacia provenientes da degradação dos solos nesta atividade, podendo ocasionar aumento da turbidez, mudança da cor aparente da água e elevadas concentrações de ferro nos cursos hídricos a jusante destas atividades (ROCHA, 2019).

Quanto ao ferro dissolvido na água, este pode ser um agravante para o abastecimento público, podendo alterar a cor da água, além de causar manchas em roupas, se tornando um impacto social como danos a saúde, pois pode ocorrer a recusa de muitos usuários sobre a água com a presença deste mineral em altas concentrações (TOLEDO, 2002).

5.2 Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

Com os resultados do protocolo de avaliação rápida foi possível realizar a classificação da condição natural de cada ponto de coleta durante os dois períodos de coleta das amostras conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), para os pontos analisados

| Ponto de Coleta | Coleta 1 | | Coleta 2 | |
|-------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Pontuação Adquirida | Classificação | Pontuação Adquirida | Classificação |
| Ponto de Coleta 1 | 61 | Natural | 64 | Natural |
| Ponto de Coleta 2 | 65 | Natural | 70 | Natural |
| Ponto de Coleta 3 | 69 | Natural | 69 | Natural |
| Ponto de Coleta 4 | 68 | Natural | 68 | Natural |
| Ponto de Coleta 5 | 59 | Alterado | 57 | Alterado |
| Ponto de Coleta 6 | 77 | Natural | 77 | Natural |
| Ponto de Coleta 7 | 72 | Natural | 72 | Natural |
| Ponto de Coleta 8 | 59 | Alterado | 59 | Alterado |

Fonte: Autor, 2022.

Destaca-se que apenas os pontos de coleta número 5 e 8 foram classificados como “alterado” e os demais pontos foram considerados como “natural” conforme a classificação da tabela do anexo 1.

O ponto de coleta 1 localizado no Ribeirão Jirau município de Itabira/MG, possui suas margens preservadas e com a presença de mata ciliar que impede o processo erosivo de ambas as margens do rio. Este ponto está localizado em uma área rural a jusante da barragem denominada de Santana.

Destaca que o corpo hídrico analisado possui seixos, galhos e troncos de árvores e presença de corredeiras. Além disso ocorreu um aumento de sua pontuação na segunda coleta devido ao adensamento da vegetação no período chuvoso.

O ponto de coleta 2, localizada no município de São Sebastião do Rio Preto/MG, localizado na calha do rio Preto do Itambé. Este ponto também foi considerado como natural, com a presença de mata ciliar abundante, preservada, inexistência de odor no sedimento, calha do rio com curso natural e diversidade de habitats. Destacando o aumento de sua pontuação conforme o protocolo para a segunda coleta devido ao adensamento da mata ciliar.

O ponto de coleta número 3 localizado no Rio do Tanque, próximo à sua foz no rio Santo Antônio, no município de Ferros/MG, foi classificado como natural. Este ponto situado na zona rural do município, possui mata ciliar preservada com a presença de

árvores de grande porte, livre de erosão, diversidade de habitats com corredeiras turbulentas.

O ponto de coleta 4, também localizado no município de Ferros/MG, porém na calha do Rio Santo Antônio. Possui classificação Natural, ponto este que possui pequenas erosões e calha do Rio de textura rochosa, com a presença de seixos e galhos com diversidade de habitats elevados, e com radiação solar direta.

O quinto ponto de coleta foi classificado como impactado de acordo o índice de classificação do protocolo de avaliação rápida. Este ponto localizado no Rio de Peixe no município de Carmésia/MG, possui presença de odor de esgotamento sanitário em seu ponto de coleta tanto em suas margens e nas amostras coletadas. Além, de possuir presença de sedimentação de banco de areia em sua margem e odor nos sedimentos coletados. Além disso, a presença de cidades a montante do ponto de coleta que podem estar realizando o despejo de esgotamento sanitário sem o devido tratamento adequado, resultado no odor do local.

O ponto de coleta 6, localizado no Rio Santo Antônio, município de Conceição do Mato Dentro/MG, também foi considerado como natural. Este possui em suas margens vegetações arbóreas de grande porte ultrapassando a média de 15 metros de altura, livre de alterações antrópicas, substrato fino e com elevada diversidade de habitats.

Nó município de Dores de Guanhães o ponto de coleta número 7, também foi classificado como natural. Local este que possui mata ciliar de grande porte, água de aparência cristalina, livre de odor e presença de peixes que podem ser vistos da margem do curso hídrico.

Por fim, o oitavo e último ponto de coleta localizado no município de Naque/MG foi classificado como alterado conforme parâmetros de classificação do protocolo. Este ponto não possui mata ciliar, além possui uma área de extração de cascalho próximo da área de coleta, além do odor local.

5.3 Análises de qualidade da água

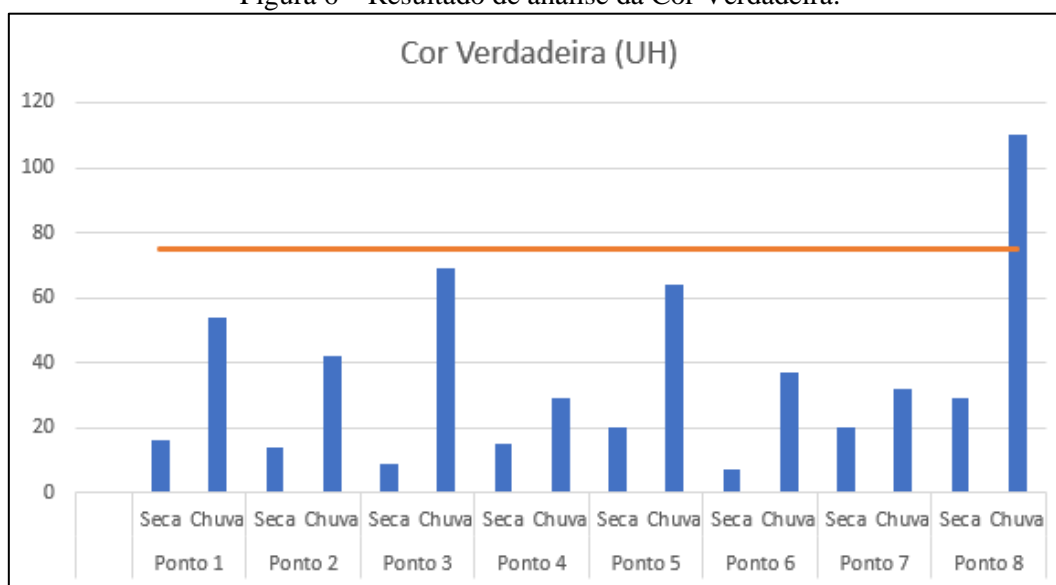
As análises de qualidade da água desta pesquisa foram realizadas em duas etapas, sendo a primeira análise das amostras entre os meses de julho e agosto do ano de 2022, período este de escassez hídrica, e a segunda análise referente às coletas realizadas entre

o período de dezembro do ano de 2022 e janeiro do ano de 2023. Neste período foram registradas precipitações, ocasionado o aumento de vazão de todos os corpos hídricos analisados.

Os resultados das análises são apresentados na Tabela 4. Para a mensuração dos dados e descrição dos parâmetros, foi adotado como base legal para discussões a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 8, de 21 de novembro de 2022, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos hídricos do estado de Minas Gerais, tomando como base o enquadramento de água doce de classe II, mesmo enquadramento da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MG.

O primeiro parâmetro de qualidade da água analisado foi a Cor verdadeira, conforme a figura 6 abaixo. Neste a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), informa que o limite tolerante para rios de classe II é de 75 mg Pt/L, valor que não foi ultrapassado em nenhum ponto de coleta no período de menor vazão da bacia devido aos baixos índices pluviométricos, atendendo assim a norma. Destaca-se que o maior valor registrado para cor verdadeira no período de seca foi no ponto de coleta 5, no valor de 20 mg Pt/L, ponto este localizado no Rio de Peixe, município de Carmésia/MG, e o menor valor de cor verdadeira foi no ponto 6 com o total de 7 mg Pt/L, ponto este localizado o Rio Santo Antônio no município de conceição do Mato Dentro.

Figura 6 – Resultado de análise da Cor Verdadeira.



Fonte: Autor, 2023.

Porém, no ponto de coleta 8 localizado no município de Naque/MG área final de drenagem da bacia, foi registrado o valor de 110 Pt/L. Conforme Digital Water (2023), em dias chuvosos a cor verdadeira pode ser alterada devido à presença de materiais minerais e orgânicos dissolvidas nos corpos hídricos deixando a água com aparência turva. Apesar deste ponto ser o único que ultrapassou o estabelecido em norma, ocorreu o elevado aumento dos resultados deste parâmetro em todos os pontos analisados no período chuvoso em comparação ao período seco.

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados.

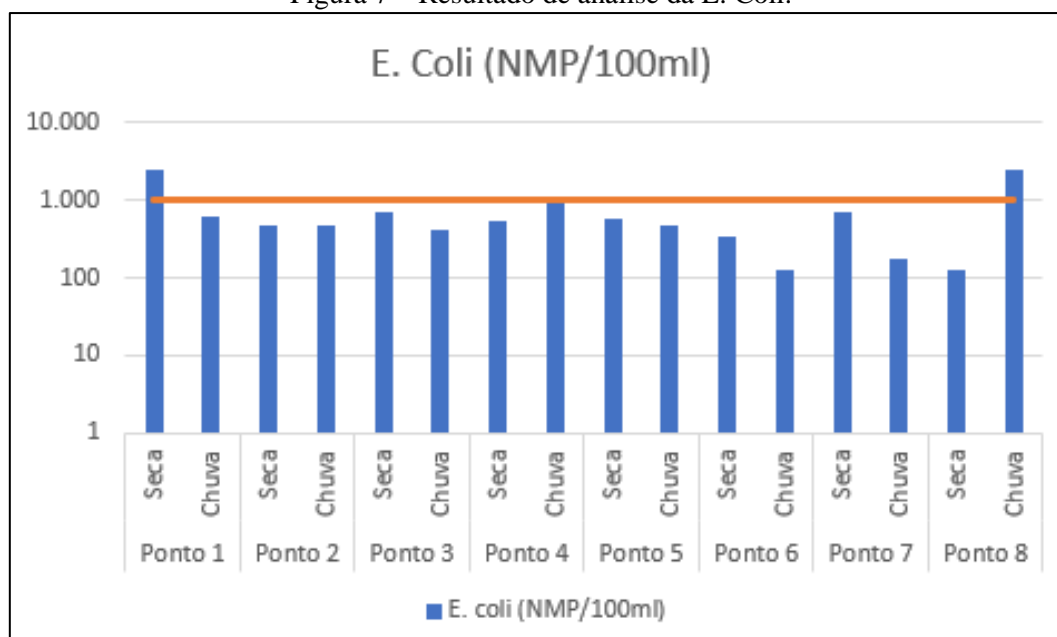
| Parâmetro | Ponto 1 | | Ponto 2 | | Ponto 3 | | Ponto 4 | | Ponto 5 | | Ponto 6 | | Ponto 7 | | Ponto 8 | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva |
| Cor Verdadeira (mg Pt/L) | 16 | 54 | 14 | 42 | 9 | 69 | 15 | 29 | 20 | 64 | 7 | 37 | 20 | 32 | 29 | 110 |
| <i>E. coli</i> (NMP/100ml) | 2,42 x10 ³ | 6,27 x10 ¹ | 4,61 x10 ² | 4,61 x10 ² | 6,89 x10 ¹ | 4,14 x10 ¹ | 5,46 x10 ¹ | 9,07 x10 ¹ | 5,79 x10 ² | 4,88 x10 ² | 3,44 x10 ² | 1,27 x10 ² | 7,25 x10 ¹ | 1,73 x10 ² | 1,28 x10 ² | 2,42 x10 ³ |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 |
| (DBO ₅) (mg/L) | 0,35 | 2,5 | 1,98 | 1,3 | 1,4 | 2,13 | 1,58 | 1,96 | 2,2 | 1,04 | 3,44 | 1,8 | 0,35 | 2,46 | 0,71 | 1,81 |
| Fósforo total (P-Total) (mg.L ⁻¹) | 0,07 | 0,07 | 0,1 | 0,08 | 0,23 | 0,25 | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,2 | 0,07 | 0,21 | 0,14 | 0,06 | 0,15 |
| Nitrato (mg.L ⁻¹ NO ₃ ⁻ - N) | 2,0 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 0,8 | 1,4 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |
| Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹) | 8,0 | 7,2 | 8,5 | 7,3 | 9,0 | 7,6 | 8,1 | 6,9 | 4,4 | 7,1 | 5,4 | 7,4 | 7,5 | 6,8 | 7,2 | 7,5 |
| pH | 5,9 | 9,2 | 7,1 | 8,5 | 7,8 | 8,4 | 7,3 | 7,2 | 7,9 | 9,6 | 7,6 | 8,3 | 6,7 | 7,2 | 7,4 | 8,6 |
| Temperatura (C°) | 19,3 | 24,1 | 17,4 | 23,8 | 18,9 | 23,8 | 19,7 | 28,11 | 19,4 | 23,3 | 18 | 22,1 | 20,7 | 24,7 | 24,9 | 24,3 |
| Turbidez (NTU) | 4,20 | 36,7 | 3,19 | 144 | 8,41 | 114 | 3,98 | 14,2 | 81,9 | 18,2 | 5,66 | 22,1 | 7,50 | 30,4 | 6,57 | 117 |
| Manganês total (mg.L ⁻¹) | 0,152 | 0,171 | 0,026 | 0,081 | 0,003 | 0,141 | 0,023 | 0,059 | 0,005 | 0,116 | 0,014 | 0,054 | 0,021 | 0,125 | 0,015 | 0,196 |
| Sólidos Totais (mg.L ⁻¹) | 47,7 | 79,0 | 18,3 | 36,0 | 68,7 | N.A. | 23,7 | 75,0 | 14,3 | 45,0 | 10,7 | 115 | 36,7 | N.A. | 46,3 | 113 |
| Alcalinidade (mg.L ⁻¹ CaCO ₃) | 19,9 | N.A. | 10,2 | N.A. | 15,4 | N.A. | 12,7 | N.A. | 11,7 | 9,8 | 8,4 | N.A. | 14,4 | 17,5 | 15,4 | 1,22 |

N.A.: Não analisado

Fonte: Autor, 2023.

Para *E. coli* a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), estabelece que o valor máximo permitido é 1.000 NMP para cada 100ml. Neste, apenas o ponto de coleta 1 não atendeu a norma na primeira amostragem, com o total de 2.419,60 NMP conforme a próxima imagem, violando assim o parâmetro estabelecido pela norma. Destaca-se, conforme o mapa de uso e ocupação do solo apresentado, na Figura 5, este ponto de coleta está a jusante das maiores áreas urbanas da bacia, o que pode contribuir para o resultado.

Figura 7 – Resultado de análise da *E. Coli*.



Fonte: Autor, 2023.

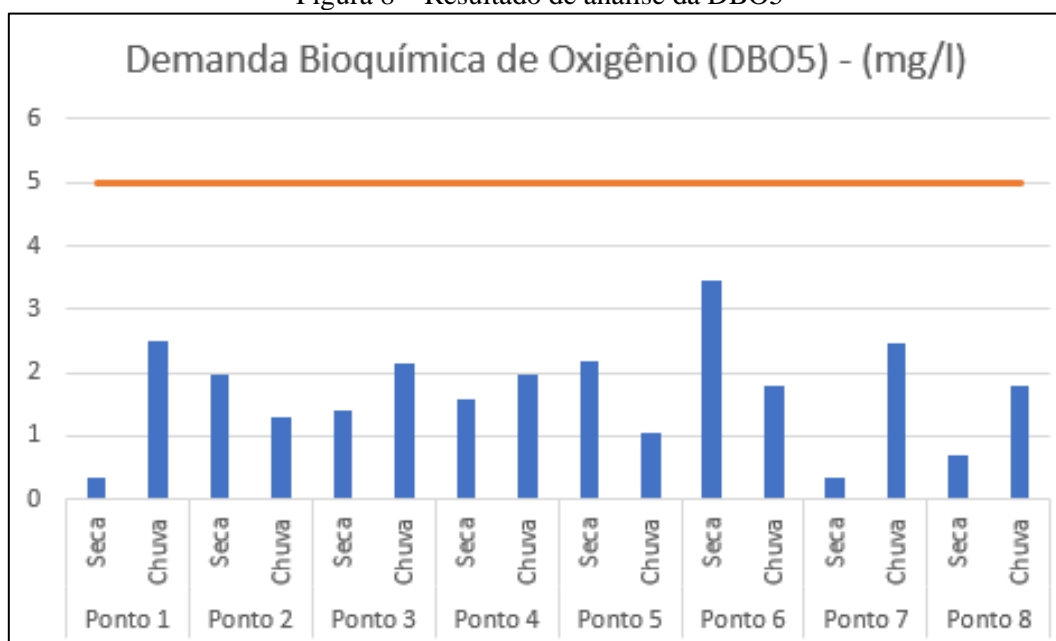
Para este parâmetro no período chuvoso, apenas o ponto de coleta 8 teve valores superiores ao aceitável da norma. Esta área está localizada no município de Naque/MG, sendo o ponto de drenagem final da bacia, ou seja, toda a água da área de estudo passa por este local, o que pode contribuir para os valores mais elevados deste ponto analisado. Conforme o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (2023), a área em estudo sofre com impactos do precário saneamento em todas as regiões da bacia, contribuindo para a contaminação fecal nos corpos hídricos da bacia.

E. coli é um indicador da presença de contaminação fecal nos corpos hídricos, que inclui bactérias que podem ser responsáveis em causar doenças de veiculação hídrica, levando a sintomas como a diarreia. Estes são comuns em rios e lagos que ocorrem despejo de esgotamentos domésticos sem o tratamento adequado (VON SPERLING, 2005).

Já a condutividade elétrica não possui padrão estabelecido para enquadramento dos corpos hídricos estabelecido pela DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022). Este parâmetro teve seu maior valor no ponto de coleta 1, no total de 0,08 mhos/cm, e os menores valores apresentados nos pontos de coleta 2, 3 e 6.

De acordo a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), para a DBO 5 dias a 20°C é estabelecido o limite de 5 mg/L conforme o gráfico abaixo. Porém, todos os pontos de coleta estão fora dos padrões estabelecido em ambos os períodos de coleta. Conforme Toledo, (2019) a DBO é o parâmetro mais utilizado para análise de qualidade da água, pois quanto mais elevado o valor deste parâmetro, mais impactados por matéria orgânica os cursos hídricos estão, podendo resultar na falta de oxigênio dissolvido, levando à mortandade de espécies aquáticas. Portanto, este parâmetro demonstra sobre o prejuízo ocasionado pelo despejo inadequado de 84% do esgotamento sanitário sem tratamento nos rios da bacia (SÁ, 2020).

Figura 8 – Resultado de análise da DBO5

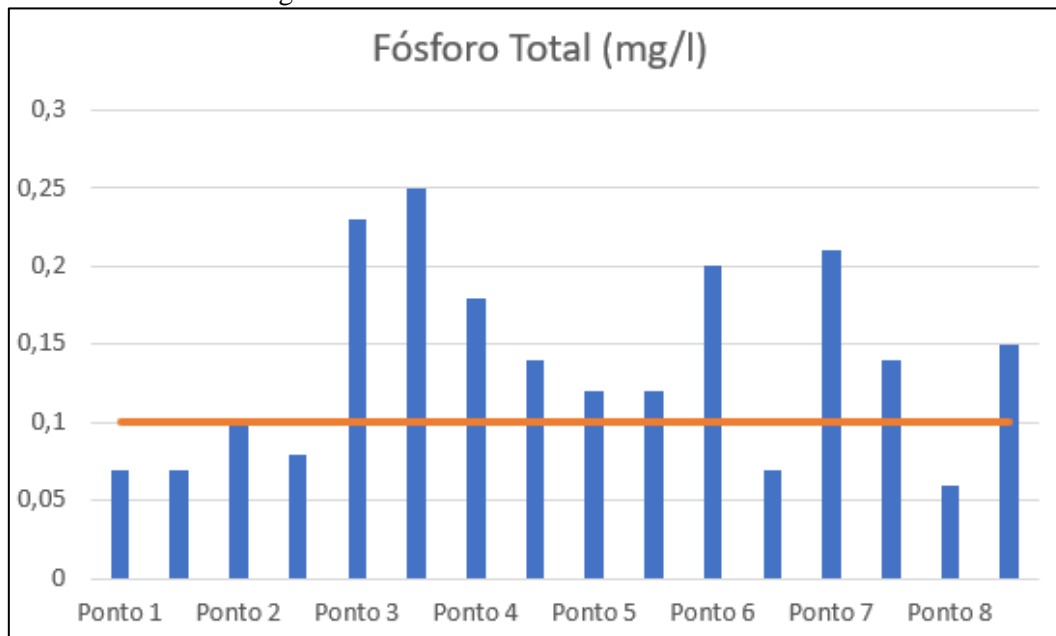


Fonte: Autor, 2023.

Já com relação ao fósforo total, para rios de classe II possui o valor máximo permitido de 0,10 mg.L⁻¹. Porém, apenas o ponto de coleta 1 não ultrapassou o limite da norma em ambos os períodos analisados conforme a figura 9. Destacando os pontos de coleta 2 e 6 que ultrapassaram os valores das normas no período de menor vazão hídrica, com valores aceitáveis dentro dos padrões no período chuvoso, possivelmente devido à

maior vazão e maior diluição. A exceção é o ponto 8, ponto este que apresentou valores dentro da norma no período de seca, e ultrapassou os valores estabelecidos no período chuvoso.

Figura 9 – Resultado de análise de Fósforo Total

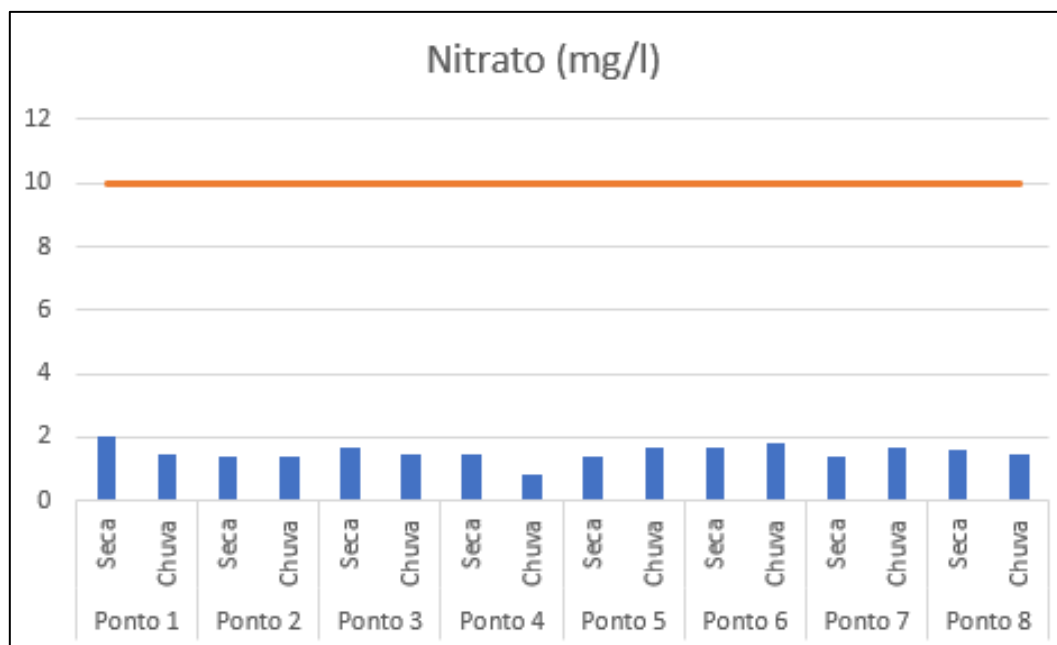


Fonte: Autor, 2023.

A grande concentração de fósforo em rios e lagos são provenientes principalmente do esgotamento sanitário despejados nos cursos hídricos. Podendo resultar no processo de eutrofização devido a elevadas concentrações deste nutriente, resultado em um consumo elevado de oxigênio, causando mortandade a vida marinha de menor tolerância a poluição (LIMA, 2016).

Para o nitrato a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), estabelece o limite máximo de 10 mg/l. Portanto este parâmetro está dentro da norma estabelecida em todos os pontos analisados, com o valor máximo encontrado para o ponto de coleta 1 no total de 2 mg/L, conforme a figura abaixo.

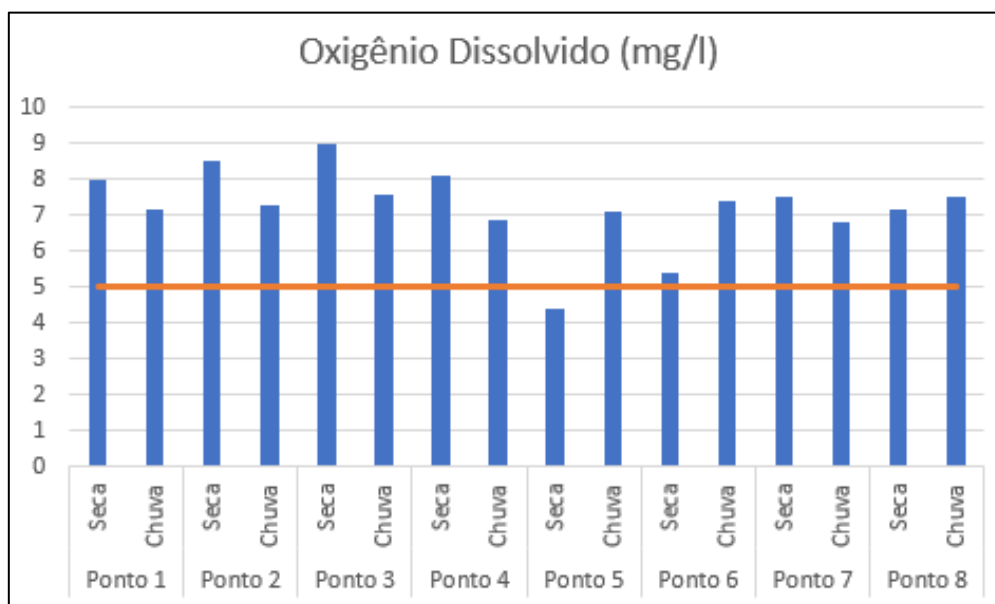
Figura 10 – Resultado de análise de Nitrato



Fonte: Autor, 2023.

Com relação ao oxigênio dissolvido, conforme a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), para rios de classe 2 é o valor mínimo é de 5mg/l. Destaca-se que apenas o ponto 5 no período de seca que não atingiu o limite estabelecido. Para Von Sperling (2005), as baixas concentrações de oxigênio dissolvidos em determinado corpo hídrico está diretamente ligado a alta concentração de bactérias que utilizam o oxigênio deste local para a decomposição da matéria orgânica, indicando a presença de contaminação para este ponto de coleta, podendo ocasionar ainda na mortandade da vida aquática local.

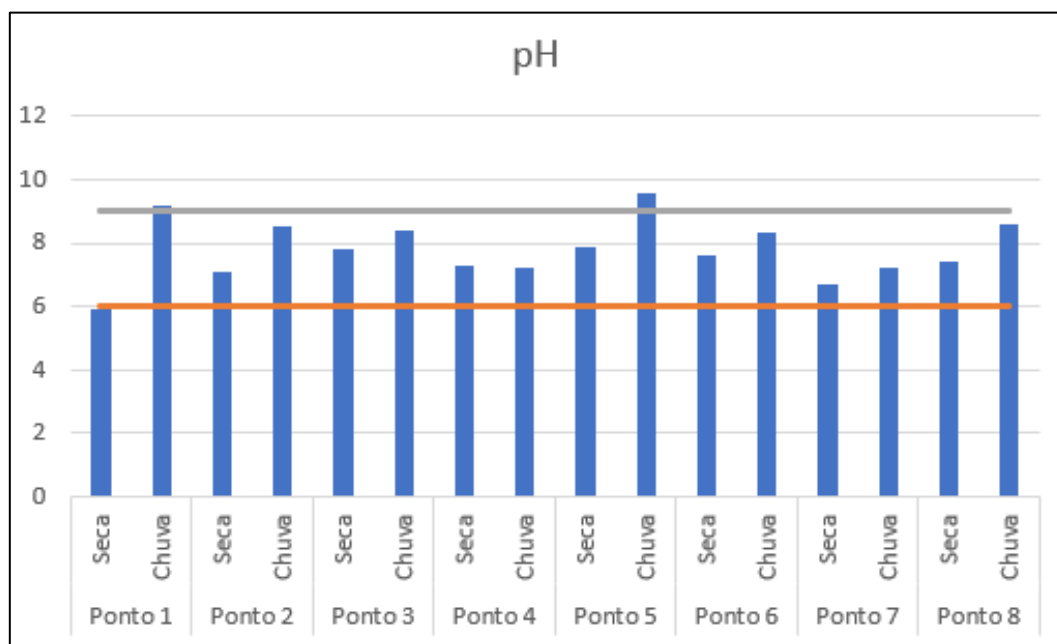
Figura 11 – Resultado de análise de Oxigênio Dissolvido



Fonte: Autor, 2023.

No que diz respeito ao parâmetro de pH, é estabelecido pela DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022) que os valores aceitáveis devem estar entre 6 e 9. Destes, apenas o ponto 1 no período seco apresentou valores fora do permitido, sendo o pH apresentado de 5,93 apresentando acidez neste trecho do Rio Jirau, apesar de estar muito próximo do valor mínimo permitido, conforme gráfico abaixo. Para Lamparelli (2004), rios e lagos com acidez elevada podem ocasionar em mortandade de peixes e espécies aquáticas na grande maioria dos casos, além de complicações a saúde humana.

Figura 12 – Resultado de análise de pH

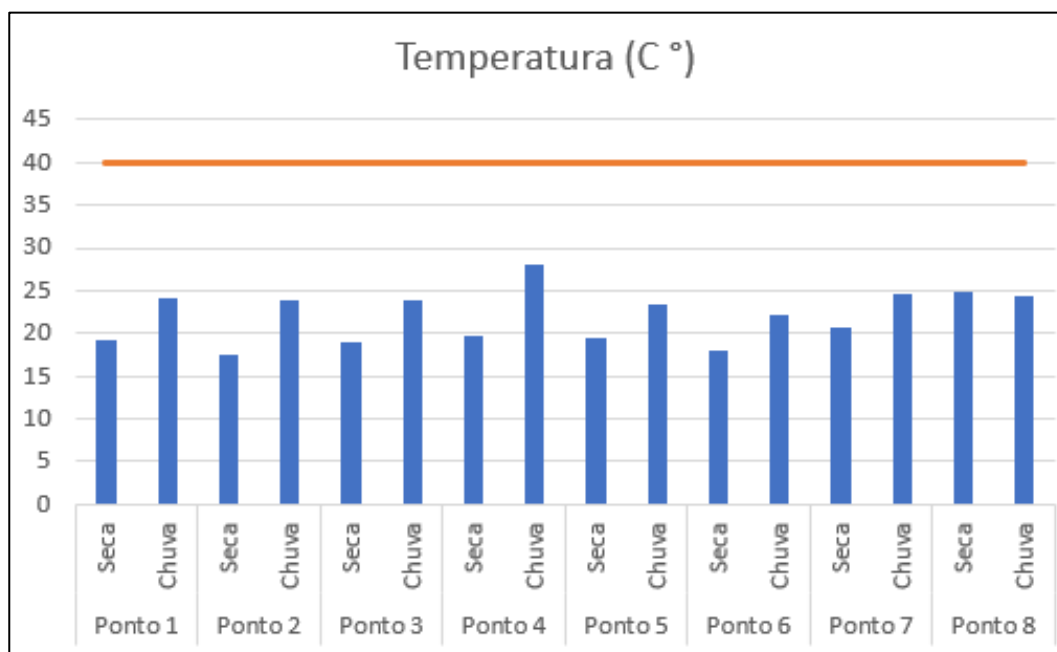


Fonte: Autor, 2023.

Porém na segunda coleta foram identificados valores de pH acima do permitido, sendo os pontos de coleta 1 e 5, com ambos acima de 9. Isso pode ser resultado de possíveis perturbações alcalinas devido ao intemperismo das rochas nos períodos chuvosos (ITALO, 2012).

A temperatura, conforme a DN, possui um valor máximo aceitável, para o caso de lançamento de efluentes, de 40°C. A maior temperatura registrada no ponto de coleta 4 foi 28,11°C no período chuvoso, e a menor no ponto de coleta 2 com 17,4°C no período de seca. A temperatura apresentou um menor valor no período de seca por se tratar de uma estação do ano com temperaturas inferiores se comparado ao período chuvoso. A temperatura pode sofrer interferência de acordo com o clima no dia coletado (SOARES; FERREIRA, 2017).

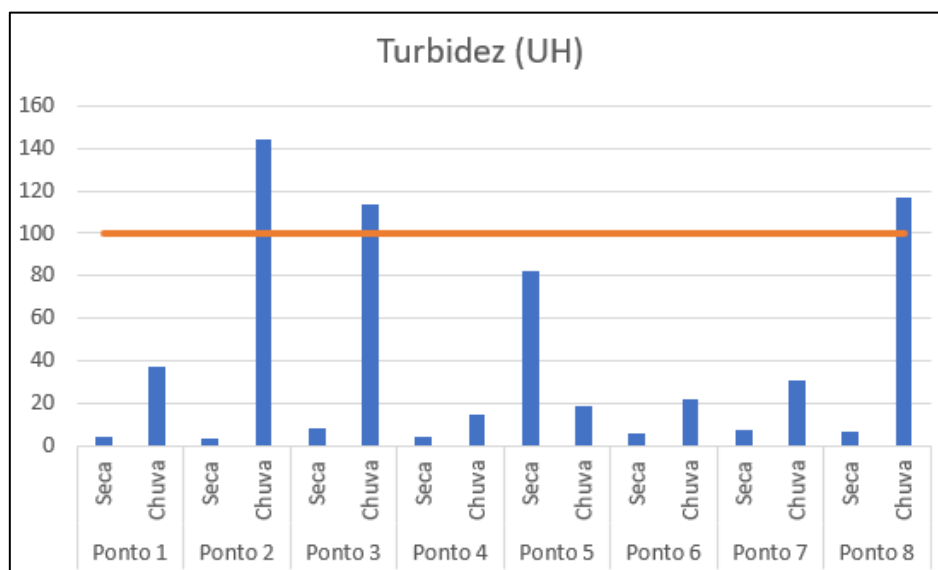
Figura 13 – Resultado de análise de Temperatura



Fonte: Autor, 2023.

A Turbidez também foi outro parâmetro que não ultrapassou o limite da norma no período de seca, sendo este com o limite total de 100NTU. Sendo na segunda coleta ocorreram valores acima de 100 NTU nos pontos de coletas 1, 2 e 8. Para Lima (2016), os valores de turbidez podem ser elevados e atingirem valores superiores aos limites estabelecidos nos períodos chuvosos devido ao carreamento de substâncias minerais e orgânicos devido ao escoamento pluvial, responsável por carregar estes detritos até aos corpos hídricos.

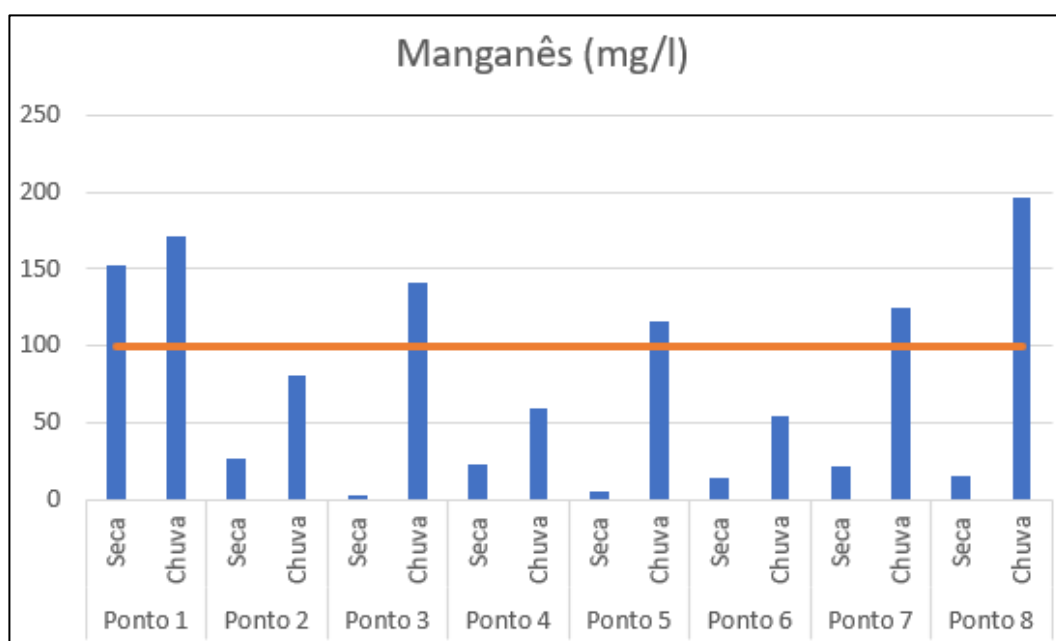
Figura 14 – Resultado de análise de Turbidez



Fonte: Autor, 2023.

Com relação ao manganês a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2008), estabelece que o limite seja de 100mg /L. Portanto, o ponto 1 ultrapassou os valores no período de seco e chuvoso, além do 3, 5, 7 e 8 ultrapassaram os valores estabelecidos no período chuvoso.

Figura 15 – Resultado de análise de Manganês



Fonte: Autor, 2023.

Durante o período chuvoso ocorre o aumento da presença de manganês nos rios devido ao carregamento de solo até os corpos hídricos devido ao escoamento superficial, tendo em vista que a presença do manganês ser muito abundante em meio natural (LI *et al.*, 2016).

Considerando os sólidos totais, os valores observados variaram entre 10,7 a 68,7 mg/L no período de seca. Já no período de chuva os valores apresentaram uma elevação, ficando entre 36 e 115 mg/L. De acordo com Piveli (2010), os Sólidos Totais são materiais de origem orgânica ou inorgânica, suspensas em corpo de água que podem alterar propriedades da água como a cor verdadeira.

Alcalinidade conforme a DN 08/2022 (Minas Gerais, 2022), este parâmetro não é citado na resolução. Porém o primeiro ponto localizado no Ribeirão Jirau, apresentou a maior valor de alcalinidade sendo de 19,9 mg/L CaCO₃. Os demais pontos apresentaram valores parecidos para este parâmetro, sendo a menor concentração encontrada no ponto 6, localizado no Rio Santo Antônio no município de São Sebastião do Rio Preto.

Para Nolasco *et al.*, (2020), o parâmetro de alcalinidade em um corpo hídrico é influenciado diretamente pela concentração de sais minerais presentes nas rochas do leito de um rio, ou por atividades de mineração. Portanto, o ponto de coleta 1 pode ter ocorrido uma taxa maior de alcalinidade, devido à mineração à montante. Impacto este que pode alterar a acidez dos corpos hídricos e ocasionar em mortandade de peixes e eliminação de macro invertebrados bentônicos menos tolerantes a perturbação hídrica.

Este parâmetro está ligado a presença de sólidos totais dissolvidos nos corpos hídricos. Contudo como existe a presença de atividades de mineração a montante deste ponto, este resultado pode ter apresentado este valor devido a este fator, o que pode impactar também na acidez do corpo hídrico em questão, tornando possível apenas a existência de espécies aquáticas resistentes a poluição hídrica (SOARES, FERREIRA, 2017).

Nesta problemática para melhor comparação dos resultados foi feita a pesquisa no site do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Deste foram

extraídos os dados mais recentes (2021), sobre a informações de esgotamento e agregado de cada município gerando a tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Dados do esgotamento sanitário de cada município que foram realizadas as coletas de acordo o SNIS.

| Código do Município | Município | Volume de esgotos coletado L/S | Volume de esgotos tratado L/S |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 311380 | Carmésia | 76,00 | 76,00 |
| 311750 | Conceição do Mato Dentro | 472,13 | 287,45 |
| 312310 | Dores de Guanhões | - | - |
| 312590 | Ferros | 67,50 | - |
| 314435 | Naque | 250,03 | - |
| 315800 | Santa Maria de Itabira | 249,64 | - |
| 316483 | São Sebastião do Rio Preto | - | - |

Fonte: Autor, 2023.

Portanto conforme a tabela anterior apenas o município de Carmésia/MG possui o tratamento de todo o esgoto coletado. Porém, não foram apresentados os dados do esgotamento que possui coleta e não é tratado, e não foram apresentados os dados do quantitativo do esgotamento jogado diretamente nos corpos hídricos sem tratamento e coleta.

O município de Conceição do Mato Dentro/MG apresentou dados de coleta de 472,13 l/s de coleta e tratamento apenas de 287,5 l/s, o que indica que o município contribui para a contaminação dos corpos hídricos da bacia.

De acordo ainda com SNIS, os municípios de Naque/MG, Santa Maria/MG e Ferros/MG possuem parte da coleta de esgoto, porém sem destinação final adequada. Além dos municípios de Dolores de Guanhões e São Sebastião do Rio Preto que não possuem coleta adequada do seu esgotamento, destinando todo o material para a bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio e contribuindo para os resultados encontrados sobre a qualidade da água.

5.4 Macroinvertebrados bentônicos

Nas duas coletas realizadas foram encontrados 134 organismos bentônicos nos pontos de coleta analisados. Deste total foram identificados 3 filos sendo eles: Arthropoda, Annelida e Mollusca, além do total de 4 classes sendo elas, Bivalvia, Gastropoda, Insecta e Oligochaeta, além de 6 ordens encontradas, sendo: Hygrophila, Diptera, Coleoptera, Odonata, Plecoptera e Hemiptera. Deste total destaca-se que foram encontrados 110 organismos no período de seca e 24 organismos no período chuvoso, conforme a tabela 6 a seguir.

Destaca-se a presença do organismo Oligochaeta (figura 6), o mais abundante em ambas as coletas. Esteve presente entre 5 dos 6 pontos coletados, totalizando 60 indivíduos, sendo 52 coletados no período de escassez hídrica e 8 em períodos chuvosos, resultando no total de 45% de todas as amostras identificadas.

Tabela 6 - Macroinvertebrados Bentônicos Coletados por ponto de amostragem na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.

| Grupo Taxonômico | | | Quantidade Encontrada Por Ponto de Coleta | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|------------|---|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| Filo | Classe | Ordem | Ponto 1 | | Ponto 2 | | Ponto 3 | | Ponto 4 | | Ponto 5 | | Ponto 6 | | Ponto 7 | | Ponto 8 | |
| | | | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva |
| Mollusca | Bivalvia | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | 1 | - | - | - | 10 | - |
| Mollusca | Gastropoda | Hygrophila | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda | Insecta | Diptera | - | - | 2 | - | 6 | - | 6 | - | - | - | 5 | - | - | 2 | - | - |
| Arthropoda | Insecta | Coleoptera | - | - | - | 3 | 2 | - | 3 | - | 4 | - | 2 | - | - | - | - | 1 |
| Arthropoda | Insecta | Odonata | - | 2 | 1 | 2 | - | 4 | 1 | - | - | - | 2 | 2 | 3 | - | 4 | - |
| Arthropoda | Insecta | Plecoptera | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda | Insecta | Hemiptera | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| Annelida | Oligochaeta | - | 5 | 4 | 6 | - | 5 | - | 8 | - | - | 2 | 19 | - | 4 | - | 5 | 2 |
| Total Coletado por Ponto | | | 15 | 6 | 9 | 5 | 14 | 4 | 18 | - | 8 | 2 | 29 | 2 | 7 | 2 | 10 | 3 |

Fonte: Autor, 2023.

Figura 16 - Representante de indivíduos da classe Oligochaeta, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.



Fonte: Autor, 2023.

Organismos desta classe vivem em rios e lagos, desde a margens até ambientes mais profundos. Os indivíduos desta espécie possuem formato tubular, livre de tentáculos, palpos ou ventosas, amplamente encontrados na América Tropical. Estes organismos são considerados bioindicadores de qualidade da água, sendo resistentes e adaptados para ambientes aquáticos enriquecidos em matéria orgânica (CALLISTO et al. 2002).

Além disso, para Silva *et. al*, (2016), estes organismos necessitam de menores concentrações de oxigênio dissolvido na água, indicando assim a possível perturbação da qualidade da água em diversos pontos da pesquisa em que este foi encontrado. Indicando assim a maior perturbação dos rios da bacia no período de seca devido a grande quantidade encontrada na coleta neste.

Foram coletados 21 organismos da ordem Odonata (figura 7) sendo encontrados 11 no período de seca e 10 em período chuvoso, distribuídos em 7 dos 8 pontos.. Estes organismos possuem grau sensível de tolerância a poluição, sendo comumente extinto em locais que possuem urbanização, devido à baixa mobilidade destes indivíduos (FERREIRA; DE MARCO, 2002).

Figura 17 - Representantes de indivíduos da classe Insecta, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.

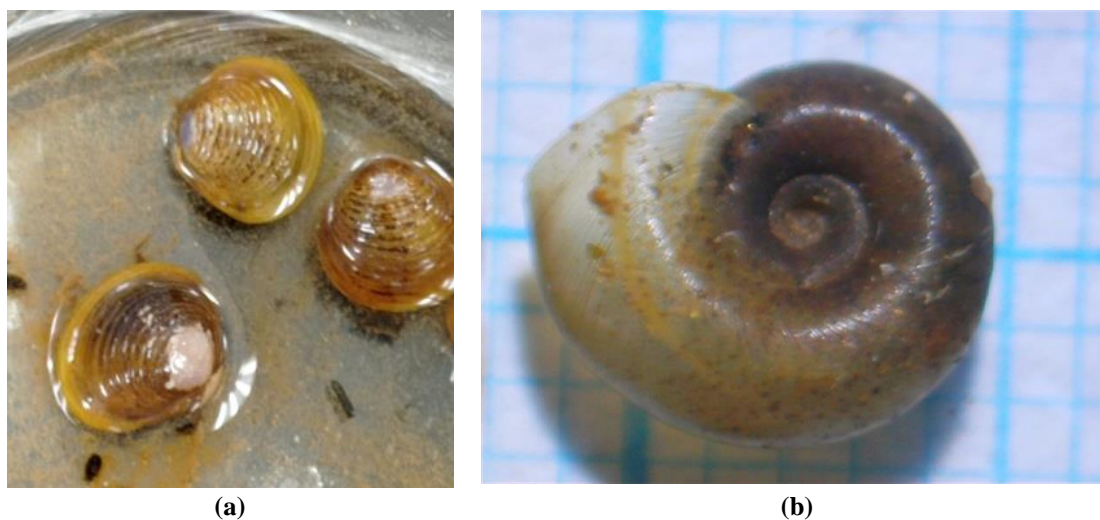


Fonte: Autor, 2023.

Os organismos da classe da Odonata são bioindicadores que habitam em ambientes menos degradados. Estes foram identificados nesta pesquisa em áreas rurais e encontrados em sua grande maioria no Rio Santo Antônio/MG, possivelmente pela capacidade de auto depuração deste rio devido a sua maior capacidade de vazão.

Além disso, nos pontos de coleta de Naque e Carmésia, foram encontrados 14 indivíduos de Bivalvia (figura 8). Estes seres pertencentes ao filo Mollusca da ordem Hygrophila, considerados bioindicadores de qualidade da água apenas no período de escassez hídrica, comumente encontrados em locais que possuem despejo de esgoto doméstico e industrial (VIERIA *et. al*, 2003).

Figura 18 - Representantes de indivíduos do filo Mollusca, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG. (a) Classe Bivalvia (b) Classe Gastropoda.



(a)

(b)

Fonte: Autor, 2022

Conforme Silva *et. al*, (2004), estes indivíduos são utilizados mundialmente como bioindicadores de contaminação fecal, devido à sua capacidade de filtração e bioacumulação, representando grandes riscos à saúde pública devido a doenças que este pode transmitir a seres humanos.

Conforme o protocolo de avaliação rápida, este ponto foi considerado como impactado, com a presença de odor no sedimento e no local de coleta. Resultando assim nas altas taxas de esgotamento sanitário que é jogado no corpo hídrico no local de coleta.

Da ordem Coleoptera (figura 9) foram encontrados no total de 15 indivíduos. Estes são pequenos besouros que podem ser encontrados em quase todos os tipos de habitats aquáticos (JUNQUEIRA, 2000). Porém ainda para Junqueira (2000), sua presença é extinta em ambientes que possuem área de agricultura, caso que ocorre com baixa intensidade na bacia em estudo.

Figura 19 - Representantes de indivíduos da ordem Coleoptera, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.



Fonte: Autor, 2023.

Os Dipteras foram o quarto táxon na classificação de maior abundância, sendo encontrados 19 indivíduos no período de seca e 1 no período chuvoso, correspondendo em 9% dos indivíduos encontrados. Os indivíduos de Diptera são caracterizados pelo seu estágio larval aquático na fase juvenil e forma de mosquito em sua fase adulta (JUNQUEIRA, 2000).

Figura 20 - Larvas de indivíduos da ordem Diptera, coletados na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG.



Fonte: Autor , 2023.

As larvas de Diptera possuem um alto gradiente de tolerância a poluição, capazes de habitar locais de poluição elevadas, com níveis de pH fora dos padrões e baixa taxa de oxigênio dissolvido, podendo indicar assim perturbações ambientais nos pontos de coleta (TRIVINHO, 2001).

Para Santana (2015), a presença de larvas da ordem Diptera são indicadores de baixa qualidade da água. Pois estes são capazes de habitar em corpos hídricos de temperatura elevada, além de padrões de qualidade da água anormais, provenientes de esgotamento sanitário domésticos e resíduos industriais. A presença destes organismos foi registrada em 5 pontos de coleta distintos, em sua grande abundância no período de menor vazão hídrica, indicando assim perturbações nos rios da bacia em períodos secos.

Dos oitos pontos de coleta analisados foram identificados a presença do organismo Oligochaeta em sete pontos de coleta. Este sobrevive em locais contaminados com a presença de matérias orgânicas e baixas taxas de oxigênio dissolvido. Podendo ser resultado dos baixos índices de DBO 5 dias que apresentaram valores fora dos padrões estabelecidos em todos os pontos. Indicando a contaminação de todos os corpos hídricos verificados possivelmente pelo o precário saneamento básico da bacia.

Outro agravante de qualidade ambiental são os indivíduos da ordem Diptera encontrados, sendo indivíduos que habitam em ambientes com elevados índices de poluição. Alimentando de matéria orgânica nos corpos hídricos, o que indica a presença

de poluição em vários pontos da bacia. Contaminação esta que foi comprovada pela alta concentração de fosforo em todos os pontos analisados, o que pode indicar contaminação por meio de esgotamento doméstico que possui elevada concentração de fosforo e matéria orgânica.

Destaca-se a presença de indivíduos de Bivalvia nos pontos de coleta 5 e 8. Estes pontos de coletas foram os únicos classificados no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) como locais de características alteradas, além de apresentarem resultados de qualidade da água fora dos padrões aceitáveis. Indicando contaminação local, tornando a água nestes locais impróprias para diversas atividades antrópicas.

Também foram encontrados organismos de Odonata, estes sobrevivem em ambientais com baixa contaminação, sendo extintos quando a alguma perturbação ambiental. Estes organismos foram encontrados na sua maioria em locais de área rural a montante das cidades de Conceição do Mato Dentro, Dolores de Guanhanes e São Sebastião do Rio Preto. O que pode indicar que antes dos centros urbanos, os rios da bacia em estudo sofrem impactos desprezíveis provenientes pelo precário saneamento básico.

Os macroinvertebrados encontrados na bacia indicam a presença de contaminação de resíduos de esgotamento sanitário em toda área de estudo. Tornando necessárias investigações a possíveis fontes de poluição a montante dos pontos de coleta para sua identificação e intervenção para manter a qualidade da água nestes locais.

6. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio/MG, possui vários problemas de uso e ocupação do solo que contribuem para a contaminação dos corpos hídricos desta bacia. Território este que possui áreas de mineração, pastagem e crescimento urbano. Com a avaliação da qualidade da água, foi possível identificar parâmetros fora dos padrões estabelecidos conforme a norma. Anormalidades provenientes do esgotamento sanitário ou de poluição de áreas de agricultura, ambos que atingem os corpos hídricos locais sem tratamento adequado, como por exemplo, o fósforo total. Além de anormalidades físicas na água provenientes de origem mineral conforme identificados.

Os pontos de coleta situados nos municípios de Carmésia/MG e Naque/MG obtiveram a classificação "impactado", conforme o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) utilizado neste trabalho. Estes locais de coleta apresentaram odor característico de esgoto sanitário. Portanto nestes pontos devem ser feitas intervenções para coleta e tratamento de esgoto, para extinguir a contaminação local. Foram identificados nestes pontos macroinvertebrados bentônicos do filo Mollusca, característicos em habitar ambientes com a presença de contaminação de origem fecal, indicando a contaminação por esgoto neste ponto de coleta.

Destaca-se a grande presença de larvas da classe Diptera que são encontradas em ambientes contaminados, nos pontos de coleta dos município de São Sebastião e Ferros. Além disso, os pontos de coleta onde estes foram encontrados apresentaram valores elevados de DBO e fósforo total, indicando a contaminação nestes pontos.

Foram identificados também organismos com gradiente de tolerância classificados com sensíveis como os Gomphoides. Destes, a maioria foram encontrados diretamente no rio Santo Antônio, possivelmente pela capacidade de autodepuração deste rio.

A contaminação pelo esgotamento sanitário desta bacia é perceptível, sendo que a maior parte do esgoto gerado nesta é jogado diretamente nos corpos hídricos em estudo, sendo necessário a atenção dos gestores dos recursos hídricos nesta bacia para a implantação de medidas de controle e tratamento do esgotamento sanitário gerado na

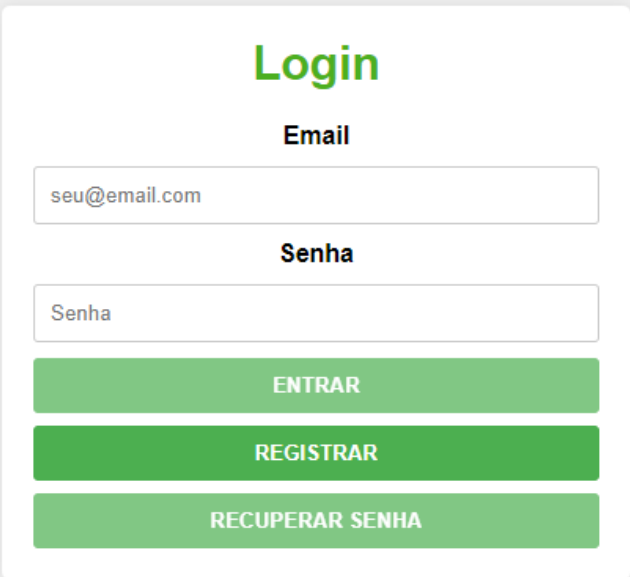
mesma. Os dados obtidos podem contribuir com informações de qualidade da água após a análise dos demais parâmetros e coleta em campo dos pontos ainda não analisados.

7. PRODUTO FINAL

Como produto desta pesquisa foi criado uma página na internet denominada de rede tecno-acadêmica de monitoramento de qualidade da água, disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://water-quality-project.vercel.app/index.html>.

O primeiro acesso ao site deve ser feito o cadastro no mesmo junto com o email de login e senha para fins de registro conforme a imagem a seguir.

Figura 21: Acesso ao site produto da pesquisa



A imagem mostra uma interface de usuário para login. No topo, o título "Login" está em verde. Abaixo dele, há um campo rotulado "Email" com o texto "seu@email.com" inserido. Logo abaixo, há um campo rotulado "Senha" com o texto "Senha" inserido. Na base do formulário, há três botões retangulares de cor verde com o texto "ENTRAR", "REGISTRAR" e "RECUPERAR SENHA" em branco.

Fonte: Autor, 2023.

Esta página possui como objetivo o armazenamento de dados científicos e técnicos ligados a qualidade da água em todo o território nacional, caso que não ocorre na base de dados da ANA ou IGAM, que são apenas pontos amostrais fixos. Neste os pesquisadores e técnicos poderão armazenar seus resultados de análise química, biológica e física da água em determinado curso hídrico independente de sua localização no território nacional.

É possível georreferenciar o ponto de coleta por meio de coordenadas geográficas da extensão do Google Maps evitando assim erros na demarcação do local. Os seguintes parâmetros que podem ser inseridos no site são: acidez, alcalinidade, cloretos, condutividade, cor aparente e verdadeira, DBO, dureza, ferro, fosforo total, manganês, matéria orgânica, micro poluentes orgânicos e inorgânicos, nitrogênio, odor, organismos bioindicadores, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura e turbidez.

Com a criação do banco de dados ao longo do tempo e preenchimento de informações pelos usuários, será possível obter resultados sobre a evolução temporal da qualidade da água em determinados rios, córregos, lagos, barramentos, mares e oceanos realizar uma análise temporal dos resultados.

Tendo em vista que diversos cursos hídricos brasileiros não possuem monitoramento e os dados de pesquisas científicas na maioria dos casos não são divulgados. Dados estes que podem ser utilizados pela rede nacional de monitoramento de qualidade da água, contribuindo significativamente para o programa de mestrado em gestão e regulação de recursos hídricos Profágua.

REFERÊNCIAS

AEDB, **Resíduos Industriais e a Questão Ambiental**, 2005. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/5_Residuos%20industriais%20e%20a%20questao%20ambiental.pdf. Acessado em: 18 de Abril de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL), MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Água no Mundo**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/aguanomundo#:~:text=Estima%2Dse%20que%2097%2C5,%25%20encontra%2Dse%20nos%20rios>. Acessado em: 28 de abril de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agência de Água – o que é, o que faz e como funciona**. Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos. Volume 4. Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2014. Acesso em: 22 março 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos: Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos corpos de água**. Volume 5. Brasília, DF: SAG; 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL); **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil**, 2018. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>. Acessado em: 29 de abril de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL) **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. 124 p. (Caderno de Recursos Hídricos, 5).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL), **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil**, 2013. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html. Acessado em: 6 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); CONSÓRCIO MAGNA/COHIDRO. **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins-Araguaia**. Brasília: ANA, 2008.

AGUA ONLINE. **Revista digital da água, do saneamento e do meio ambiente**. Disponível em: < <http://www.aguaonline.com.br/> > Acesso em: 18 de abril de 2022.

AMBIENTE BRASIL, **Enchentes e Inundações**, 2021. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas/enchentes_e_inundacoes.html. Acessado em: 23 de abril de 2022.

AMORIM, A. L.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n.1, p. 36–45, 2016.

ATLAS ESGOTOS; **Despoluição de Bacias Hidrográficas**, ANA, 2017. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01/attachments/ATLAS_Esgotos_Resumo_Executivo_FINAL.pdf. Acessado em 18 de abril de 2022.

ATLAS IRRIGAÇÃO, **Coefficientes e Técnicos de Uso da Água**, ANA, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_coeficientes_agricultura_irrigada_vf.pdf. Acessado em: 23 de abril de 2022.

ATLAS IRRIGAÇÃO, **Uso da Água na agricultura Irrigada**, ANA, 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrrigada.pdf> Acessado em: 23 de abril de 2022.

Barbosa, F.A.R. **Why a Brazilian programme on conservation and management of aquatic ecosystem? Acta Limnologica Brasiliensia**, 1994.

Barbosa, F.A.R.; Callisto, M. & Galdean, N. 2001. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society** 4: 51-59.

BARBOSA, A. H. S. SILVA, C, S, P. LIMA,T, B, B. DANTAS, M, I. Macroinvertebrados **Bentônicos como Bioindicadores da Qualidade da Água em um Trecho do Rio APODI-MOSSORÓ**, Holos, 2016. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/cousteau,+18071600_Vol_7_2016_121_132.pdf. Acessado em: 27 de abril de 2022.

BASOI, L. H. **Irrigação no Brasil: necessidade e opção estratégica**, EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62692713/artigo-irrigacao-no-brasil-necessidade-e-opcao-estrategica>. Acessado em: 23 de abril de 2022.

BICUDO, C. E. de M. TUNDISI, J. G. SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil Análises Estratégias**, 2010. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>. Acessado em: 28 de abril de 2022.

BICHUETI, R. S.; GOMES, C. M.; KRUGLIANSKAS, I.; KNEIPP, J. M.; ROSA, L. A. B. Strategic Implications of Water Usage: an Analysis in Brazilian Mining Industries. **J. Technol. Manag. Innov.**, v. 9, n. 1, p. 57-69, 2014.

BRUNELLI, S.N. **Composição da Assembleia de Macroinvertebrados Bentônicos em ambiente de Mata Atlântica no Sul de Santa Catarina**. Dissertação de conclusão de curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 2018.

BUSS, D.F. **Proteção à vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos. Ciência e Ambiente**, v. 25, p. 71-84, 2002.

CARMO, Ana Maria Raposo et al. **Mapeamento Participativo em Território de Bacias Hidrográficas: um agir coletivo**. Revista GEONORTE. Edição Especial, V.3, N.4, p. 1082-1092, 2012.

CAVALCANTI, J. E. A década de 90 é dos resíduos sólidos. **Revista Saneamento Ambiental** – nº 54, p. 16-24, nov./dez. 2005. Acesso em 17 nov. 2023.

CALLISTO, M. et al. **Chironomids on leaves of Typhadomingensis in a lagoon of Rio de Janeiro State (Brazil)**. Studies on Neotropical Fauna and Environment, v. 31, n. 1, p. 51-53, 1996.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. **Habitat diversity and benthic functional trophic groups Serra do Cipó, Southeast Brazil**. Revista Brasileira de Biologia, v. 61, p. 259-266, 2001.

Callisto, M. Gonçalves, J.F.Jr. & Moreno, P. 2005. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores**. In: Goulart, E.M.A. (Ed.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Ed. UFMG. Belo Horizonte. Vol. 2: 556-565.

CALLISTO, M. **Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental**. Anais. IIº Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental. Erechim, 2006.

CERUTTI, V. E. **Variação espaço-temporal dos macroinvertebrados bentônicos e nectônicos no reservatório do Rio Verde, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Protocolo para biomonitoramento com comunidades bentônicas de rios e reservatórios do Estado de São Paulo**. 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/noticia/470,Noticia>>. Acesso em 26 de abril de 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRAFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO – CBH SANTO ANTONIO. **D03 – CBH Santo Antônio**. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg/do3-cbhsanto-antonio>. Acesso em: 22 de março de 2022.

CONSORCIO PCJ, **Sistema Canteira: um mar de desafios**, Consorcio PCJ, 2013. Disponível em: http://agua.org.br/apresentacoes/71557_ApostilaCantareira-ConsortioPCJ.pdf. Acessado em: 30 de abril de 2022.

Cornelli, R.; Schneider, V. E.; Bortolin, T. A.; Cemin, G.; Santos, G. M. 2016. **Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul**. Scientia cum Industria, 4: 1-14. Doi: <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v4iss1p1>.

COSTA, D, A. ASSUMPÇÃO, R, S, F, V. AZEVEDO, J, P, S, A. SANTOS, M. A. **Dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos – o Enquadramento – como Ferramenta para a Reabilitação de Rios**, 2019. Disponível em:

<https://www.unisantos.br/observacbhbs/wpcontent/uploads/sites/19/2021/04/artigo5.pdf>
Acessado em: 6 de maio de 2022.

COUCEIRO, S, R, M. HAMADA, N. **Os Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos na Região Norte do Brasil**, Oecologia Australis, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/8165-15947-1-PB.pdf>. Acessado em: 6 de maio de 2022.

COUTINHO, R. do L.; ROCCO, R. **O Direito Ambiental das Cidades**. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.

CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. **Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego Barbosa no ano de 2011**. 2013. Revista GEOUSP, 33: 229-238. Doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2013.74313>.

DANZE, A. DE P., & VERCELLINO, I. S. (2018). **USO DE BIOINDICADORES NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA**, 11(1). <https://doi.org/10.22280/revintervol11ed1.353>

ECODEBATE, **Desmatamento das bacias hidrográficas agravou a crise de água em SP, 2022**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2014/05/16/desmatamento-nas-bacias-hidrograficas-agravou-crise-da-agua-em-sp>. Acessado em: 19 de abril de 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). **Indicadores Biológicos de Qualidade**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/15669/1/2008CL07.pdf>. Acesso em 22 de março de 2022.

FARIAS, P. J. L. **Água: bem jurídico econômico ou ecológico?** Brasília, DF: Brasília Jurídica, 2005.

FERREIRA, A. R; JUNIOR, M. C; SOUZA, M. M. F, **Os Desafios dos Impactos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai - Cáceres/MT: Risco Ecológico para o Pantanal Matogrossense**, 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/suporte,+Gerente+da+revista,+1809-9659-1-SP%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/suporte,+Gerente+da+revista,+1809-9659-1-SP%20(2).pdf). Acessado em: 23 de abril de 2022.

FERREIRA, H.L.M. **Relação entre fatores sedimentológicos e geomorfológicos e as diferenciações estruturais das comunidades de invertebrados de trechos do alto da bacia do rio das Velhas**. 2003. Dissertação em andamento. Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2003

Ferreira-Peruquetti, P. S. & De Marco Jr. 2002. **Efeito da alteração ambiental sobre a comunidade de odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, 19 (2): 317-327.

FIGUEIREDO, G. J. P. de. **Direito Ambiental e a Saúde dos Trabalhadores**. São Paulo. LTr 2000.

FRAGA, M. S. **Modelagem da qualidade da água do rio piracicaba visando a avaliação de sua capacidade de autodepuração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

FREITAS, D, A, C. CASTRO, M, L, L. BYK, J. GUIMARAES, R, M. OLIVEIRA, A, P, A. **Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores da Qualidade da Água no Córrego Pipoca em Morrinhos/GO**, Universidade de Goiás, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/12018-Texto%20do%20artigo-35376-1-10-20181116.pdf>. Acessado em: 27 de abril de 2022.

GOMES, M, A, F. **Água: sem ela seremos o planeta marte amanhã**, EMBRAPA, 2011. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf. Acessado em: 28 de abril de 2022.

Gomes, N. M.; Faria, M. A. de; Silva, A. M. da; Mello, C. R. de; Viola, M. R. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

GRASSI. M, T. As águas do planeta Terra. QNESC, 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acessado em: 28 de abril de 2022.

GETIRANA, A. C. V. **Análise de soluções de conflitos pelo uso da água no setor agrícola através de técnicas de programação linear**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de GOMES, SALVADOR e LORENZO 18 de 20 Ambiente & Sociedade n São Paulo. Vol. 24, 2021 n Artigo Original Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GUERRA, A; CUNHA, S. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 420 p.

ISNTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS AGUAS (IGAM), DO3- **CBH do Rio Santo Antônio**, Portal dos Comitês, 2022. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais-mg/do3-cbh-santo-antonio>. Acessado em: 7 de maio de 2022.

JACOBI, Pedro Roberto. **Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos atores e governança da água no Brasil**. Revista Inter. Interdisc. INTERthesis, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 69-95, jan.- jul. 2010.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 1993.p. 195-233.

JUNQUEIRA, M, A, D, R. SAIANI, C, C, S. PASSADOR, C, S. Apontamentos Sobre a Lei Brasileira das Águas: A Experiência do Estado de São Paulo, Administração Pública, 2011. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/apontamentos-sobre-a-lei-brasileira-das-aguas-a-experiencia-do-estado-de-sao-paulo-.pdf>. Acessado em: 3 de maio de 2022.

JUNQUEIRA, M. V.; Amarante, M.C.; Dias, C.F.S. e França, E.S. (2000), **Biomonitoramento da qualidade das Águas do Alto Rio Velhas (MG/ BR) Através de Macroinvertebrados**. Acta Limnológica Brasileira, v.12, 73-87.

LANGE, A, T, G., Kraemer, L., LUZ, S, C, S., Ferreira, F, W., Macroinvertebrados Bentônicos nas Áreas de Preservação Permanente do Campus da Unijuí, Ijuí-RS, Bioeconomia, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/11909-Texto%20do%20artigo-43802-1-10-20191005.pdf>. Acessado em: 27 de abril de 2022.

LEMLE, M. **Biomonitoramento: um filme sobre a qualidade das águas**. 2003. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=215&sid=13>. Acesso em: 26 de abril de 2022.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciência na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo, 2004.

LI, M.; LIU, Z.; CHEN, Y.; HAI, Y. **Characteristics of iron corrosion scales and water quality variations in drinking water distribution systems of different pipe materials**. Water Research, v. 106, n. 3, p. 593-603, 2016.

LOPES, F, W de A., MAGALHÃES, A, P., **Avaliação da Qualidade das Águas para Recreação de Contato Primário na Bacia do Alto Rio das Velhas**, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277164595_Avaliacao_da_qualidade_das_aguas_para_recreacao_de_contato_primario_na_bacia_do_Alto_Rio_das_Velhas_-_MG. Acessado em: 18 de abril de 2022.

MACHADO, Antonio Thomaz Gonzaga et al. (org). **Bacia Hidrográfica como instrumento pedagógico para a transversalidade**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2011.

MAURO, C, A, D. **Conflitos Pelo Uso da Água**. Caderno Prudentino de Geografia, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/3174/2679>. Acessado em: 30 de abril de 2022.

MARQUES, M. G. S. M.; FERREIRA, R. L.; BARBOSA, F. A. R. **A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG**. Revista Brasileira de Biologia, vol.59, no.2, p.203-210, 1999. Disponível em: (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-71081999000200004&lng=pt), data de acesso: 27 de abril de 2022.

MARTINI, L. C. P.; LANNA, A. E. **Medidas compensatórias aplicáveis à questão da poluição hídrica de origem agrícola.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 111-136, jan./mar. 20.

MINATTI, F. D.D.; BEAUMORD, A.C. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos.** Health and Environmental Journal, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.

MEDEIROS, M. L.Q. **Protozoários de Vida Livre em Ambientes Aquáticos do RN:** ocorrência, caracterização e importância para a educação básica. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

Mendes, A. T., 2008. **Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática.** TauDEM (Watershed delimitation of the Santo Antonio river for TauDEM automatic delimitation tools). Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234278/0> Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M; HEPP, L. U. Efeito de metais cobre (Cu) e Zinco (Zn) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 2008.

Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM/CERH (2008). Nº 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>.

MORAES, A.C.R. **Meio Ambiente e Ciências Humanas.** 3 ed. São Paulo: Editora Hucitec, 2002.

MOURA E SILVA, M. S. G. *et al.* **Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers.** Brazilian Journal of Biology, n. AHEAD, 2016.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN. J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NOLASCO, G. M.; GAMA, E. M.; REIS, B. M.; REIS, A. C. P.; GOMES, F. J. S.; MATOS, R. P. **Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG.** Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 52–64, 2020. DOI: 10.46636/recital.v2i2.60.

OLIVEIRA, E, J, A., MOLICA, R, J, R., **A Poluição das Águas e as Cianobactérias,** Instituto Federal de Pernambuco, IFPE, 2016.

OLIVEIRA, T. M. **Diagnóstico da qualidade físico-química e biológica dos afluentes da bacia do alto rio Pirapó**. Dissertação (Mestrado) - UEM, Maringá, PR, 2004.

PAULO, R, C, de L. FERNANDES, I, V. **Estudo Sobre os Conflitos no Uso Múltiplos das Águas**, CONAPESC, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA6_ID2853_13082019000456.pdf. Acessado em: 30 de abril de 2022.

PANIZON, M. **Biomonitoramento da comunidade de macroinvertebrados de um reservatório de abastecimento público no sul do Brasil**. Dissertação (Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PARH - **Plano de Ação dos Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Santo Antônio PARH Santo Antônio**, 2010. Disponível em: https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARH_Santo_Antonio.pdf. Acessado em: 22 de março de 2022.

PAULA, P. M. S. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG)**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte, 2008.

PENA, Rodolfo F. Alves. "**Distribuição da água no Brasil**"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em 28 de abril de 2022.

PINHEIRO, A. SCHOEN, C.; SCHULTZ, J.; HEINZ, K. G. H.; PINHEIRO, I. G.; DESCHAMPS, F. C.; **Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica**. Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 3, p.127-139, 10 mar. 2014

PLANALTO, GOVERNO FEDERAL. **LEI 9.433/97 Política Nacional de Recursos Hídricos**, 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acessado em: 3 de maio de 2022.

PORTELLA, M, O. Revista Brasileira de Políticas Públicas, **Brazilian Journal of Public Policy**, vol 5 n° 3, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/3410-16975-1-PB.pdf>. Acessado em: 23 de abril de 2022.

QUEIROZ, J. F., SILVA, M. S. G. M., STRIXINO, S. T, **Biomonitoramento de Qualidade da Água**. EMBRAPA, 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15644/1/LivroBentonicos.pdf>. Acessado em: 25 de abril de 2022.

RAMOS, I.C., et al. **Macroinvertebrados aquáticos como qualidade de água da bacia hidrográfica Popuca-Botinhas, Guarulhos (SP)**. Revista Geociências UNG-Ser, Guarulhos-SP, v. 17, n.1, 2019

REBOUÇAS, A. C. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, 3ª ed., São Paulo – SP, Editora Escrituras. 2006.

Rebouças, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. Especial, p. 341-345, 2003.

RIBEIRO, C. B. DE M. R. **Sensoriamento remoto aplicado à detecção de mudanças na cobertura do solo de uma bacia hidrográfica. 2001. 206 f. dissertação (mestrado)-curso de ciências em engenharia civil.**, universidade federal do rio de janeiro, rio de janeiro, 2001.

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>.

RODRIGUES, A.S.L. **A utilização de protocolos de avaliação rápida no monitoramento e avaliação dos cursos d'água nas cabeceiras da bacia Rio Doce existentes no Parque Estadual do Itacolomi em Ouro Preto/MG e arredores**. 2006. Projeto de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2006.

RODRIGUES, A, S, L. CASTRO, P, T, A. **Protocolo de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos**, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2008. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/15/78ac8ae6249dfc8816deed3ccb5e1972_3c37e5564ff15500d58fb8d78834e8d9.pdf. Acessado em: 7 de maio de 2022.

RODRIGUES, L. N. **Página Rural, Agricultura e recursos hídricos em bacias hidrográficas de diferentes biomas brasileiros: Rede AgroHidro**, 2010, Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/artigo/2177/agricultura-e-recursos-hidricos-em-bacias-hidrograficas-de-diferentes-biomas-brasileiros-rede-agrohidro>. Acessado em: 23 de abril de 2022.

ROSSI, R. A. SANTOS, E. **Conflito e Regulação das Águas no Brasil a experiência do Salitre**, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ccrh/a/5RTTnQktsky5mKbw6m7WDXh/?lang=pt&format=pdf>. Acessado em: 29 de abril 2022.

SÁ, A. D., Castro, K. Q., COUTO, E. A., VIEIRA, E. M. **Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo como Ferramenta de Gestão dos Recursos Hídricos do Alto Curso da Bacia do Rio Santo Antônio**. ABRHIDRO, 2019. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH1436-1-20190514-160050.pdf>. Acessado em: 25 de abril de 2022.

SÁ, A, D. **Uso da Modelagem de Qualidade da Água na Gestão dos Recursos Hídricos Aplicada à Bacia do Rio Santo Antônio/MG**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, PROFAGUA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2451/Dissertacao%20-%20Aline%20Dias%20de%20Sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 10 de maio de 2022.

SABESP - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Dossiê Sistema Cantareira. Espaço das Águas, Fundação Patrimônio Histórico da Energia e Saneamento, setembro - 2008.

SANTANA, H. et al. **The rainy season increases the abundance and richness of the aquatic insect community in a Neotropical reservoir**. Brazilian Journal of Biology, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 144- 151, 2015.

SANTILLI, J. F. da R. **A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e a Sua Implementação no Distrito Federal**. Rev. Fund. Super. Minist. Público Fed. Territ., Brasília, 2011. Disponível em: https://ceapg.fgv.br/sites/ceapg.fgv.br/files/u60/politica_nacional_dos_recursos_hidricos.pdf. Acessado em: 3 de maio de 2022.

SANTINI, J.; HOERLLE, G. S.; SANTOS H. J. DOS; PORTELA N. B.; BONATTO, S. W. **Diagnóstico de qualidade da água através do índice de qualidade da água para licenciamento ambiental de um empreendimento rodoviário**. in: **congresso brasileiro de gestão ambiental**, 6., 2015, VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais : Porto Alegre: Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015.

SANTOS, A, L.B., CORREIA, D. L. S., SANTOS, C, J. C. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano**. Journal of Environmental Analysis and Progress, 2016.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; FILHO, M. N. M. B. **Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 5, p. 943 – 952, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146661>.

SÃO PAULO, S. de Estado da Saúde de; EPIDEMIOLOGICA, C. de V.; ALIMENTAR, D. **de Doenças de Transmissão Hídrica e Surtos de Doenças Transmitidas por Água e Alimentos: Perguntas, respostas e dados estatísticos**. 2016. Disponível em: . Acesso em: 17 Jan. 2016. Citado na página 14.

SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A, F.M, **Conceitos de Bacia Hidrográfica**, 2015. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf. Acessado em: 19/04/2022.

SHIVA, Vandana. **As guerras pelos recursos naturais**. Artigo produzido para o Terramérica, projeto de comunicação dos Programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e para o Desenvolvimento (Pnud), realizado pela Inter Press Service (IPS) e distribuído pela Agência Envolverde. (Envolverde/Terramérica). Disponível em: < <http://www.tierramerica.net/portugues/2006/0617/pgrandesplumas.shtml> >. Acesso em 19 mai. 2011.

SILVA, A.I.M.; VIEIRA, R.H.S.F.; MENEZES, F.G.R.; FONTELES-FILHO, A.; TORRES, R.C.O.; SANTANNA, E.S. **Bacteria of fecal origin in mangrove oysters (Crassostrea rhizophorae) in the Coco River estuary, Ceará State, Brazil**. Brazilian Journal of Microbiology, São Paulo, v. 35, n.1 e 2, p. 126-130, 2004.

SILVA, K. W. S.; EVERTON, N. S.; MELO, M. A. D. **Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil***. Rev Pan-Amaz Saude, v.7, n.3, p.13-22, 2016.

SILVA, L.P. **Hidrologia Engenharia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2015.

SILVA, M. DE S.; BUENO, I. T.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; BORGES, L. A. C.; CALEGARIO, N. **Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais**. Eng Sanit Ambiental, Si, v. 22, n. 3, p.445-452, 01 jun. 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522017149673.

SILVA, N. T. C. **Macroinvertebrados Bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, DF**. Universidade de Brasília, 2007. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1533/1/Dissertacao_Newton_Tiago.pdf. Acessado em: 26 de abril de 2022.

SILVEIRA, M.P. **Aplicação do biomonitoramento da qualidade da água em rios**. Meio Ambiente. Documentos36. Embrapa, 2004.

SOARES, E; FERREIRA, R. **Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2017.

SOARES, M. D. **Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão de Recursos Hídricos**, Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: <https://capitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2553/1/Instrumentos%20de%20Gest%c3%a3o%20-%20Livro.pdf>. Acessado em: 6 de maio de 2022.

SOITO, J. **Usos Múltiplos da Água**. FVG ENERGIA, 2019. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opiniao_maio_-_usos_multiplos_da_agua.pdf. Acessado em: 2 de maio de 2022.

SOUZA, P. A. P. Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas. In: FELICIDADE, N. et al. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos: Rima, 2001. p.55-66.

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>.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**, Scientia Agrícola, v.59, n. 1, p. 181-186. 2002.

TRIVINHO STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae**. Guia de Identificação. São Carlos (SP): UFSCar, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ªed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

UFMG- Universidade Federal de Minas Gerais-**Laboratório de Ecologia e Bentos**.S/D. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/labs/benthos/index-arquivos/page1631.htm>>. Acesso em: 26 de abril de 2012.

VIANNA. P. “A água vai acabar?” In: ALBUQUERQUE, Edu. (Org.). **Que país é esse**. São Paulo: Globo, 2005. pp. 217-234.

VIEGAS, Eduardo Coral. **Gestão da água e princípios ambientais**. 2ª ed. Caxias do Sul: Educs, 2012.

VIEIRA, D, C. GIANASI, L, M. PINHIRO, T, M, M. **GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL: vamos participar?**, Manuelzão, 2018. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/gestao-das-aguas-no-brasil.pdf>. Acessado em: 03 de maio de 2022.

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.087-097, 2013

VIEIRA, G. REZENDE, E. N. **Mineração de areia e meio ambiente: é possível harmonizar?** Revista do Direito Público, v. 10, n. 3, p.181-212, 2015.

VIEIRA, R.H.S.F.; MORELLI, A.M.F.; REIS, C.M.F.; RODRIGUES, D.P.; FONTELES FILHO, A.A. **Indicadores de contaminação fecal para ostra do mangue (Crassostrea rhizophorae) comercializada na Praia do Futuro, Fortaleza, Ceará**. Higiene Alimentar, São Paulo, v.17, n.113, p.81-88, 2003.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ªed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2005.

WATHELY, Marussia & CUNHA, Pilar. Cantareira 2006 – **Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo**. Instituto Socioambiental, março - 2007.

ANEXO I - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA – PAR

| PARÂMETROS | 4 PONTOS | 2 PONTOS | 0 PONTO |
|--|-------------------|--|---|
| Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade) | Vegetação natural | Campos de pastagem/ agricultura/ monocultura/ Reflorestamento | Residencial/comercial/ industrial |
| Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito | Ausente | Moderada | Acentuada |
| Alterações antrópicas | Ausente | Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo) | Alterações de origem industrial/urbana (fábricas, siderurgias, canalização do curso do rio) |
| Cobertura vegetal do rio | Parcial | Total | Ausente |
| Odor da água | Nenhum | Esgoto | Óleo/industrial |
| Transparência da água | Transparente | Turva/cor de chá-forte | Opaca ou colorida |
| Odor do sedimento | Nenhum | Esgoto | Óleo/industrial |
| Oleosidade do fundo | Ausente | Moderado | Abundante |
| Tipo de fundo | Pedras/cascalho | Lama/areia | Cimento/canalizado |

Fonte: Callisto *et al.* (2002).

Continuação ANEXO I

| PARÂMETROS | 5 PONTOS | 3 PONTOS | 2 PONTOS | 0 PONTOS |
|------------------------|---|---|---|---|
| Tipos de fundo | Mais de 50% com habitats diversificados, pedaços de troncos, cascalho ou outros habitats estáveis | 30 a 50% de habitats diversificados, habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos | 10 a 30% de habitats diversificados, disponibilidade de habitats insuficiente, substratos frequentemente modificados | Menos que 10% de habitats diversificados, ausência de habitats, substrato rochoso instável para a fixação dos organismos |
| Extensão de rápidos | Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio | Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio | Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio | Rápidos ou corredeiras inexistentes |
| Frequência dos rápidos | Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 3 e 7. | Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15 | Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25 | Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25 |
| Tipos de fundo | Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes) | Seixos abundantes; cascalho comum | Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes | Fundo pedregoso; seixos ou lamoso |
| Deposição de lama | Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama | Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama | Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama | Mais de 75% do fundo coberto por lama |
| Depósitos sedimentares | Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos | Alguma evidência de modificação no fundo principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos | Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos | Grandes depósitos de lama; maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos |

Continuação ANEXO I

| | | | | |
|------------------------------------|---|---|--|---|
| Alterações no canal do rio | Canalização ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal | Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos | Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado | Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado |
| Características do fluxo das águas | Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta | Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto | Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior perto do substrato nos rápidos exposto | Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos |
| Presença de mata ciliar | Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura normal | Entre 70 a 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidentes não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura normal | Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura normal | Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuado |
| Estabilidade das margens | Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada | Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 a 30% da margem com erosão | Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes | Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 a 100% da margem |
| Extensão de mata ciliar | Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas etc) | Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica | Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa | Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica |

Continuação ANEXO I

| | | | | |
|-------------------------------|---|---|--|---|
| Presença de plantas aquáticas | Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito | Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perífiton | Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos; perífiton abundante e biofilme | Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas |
|-------------------------------|---|---|--|---|

Fonte: Callisto *et al.* (2002).

ANEXO II – IMAGENS DOS PONTOS DE COLETA

Figura 22: Ponto de Coleta 1, Ribeirão Jirau, localizado no município de Itabira/MG



Fonte: Autor, 2023.

Figura 23: Ponto de Coleta 2, Rio Santo Antônio, localizado no município de São Sebastião do Rio Preto/MG.



Fonte: Autor, 2023.

CONTINUAÇÃO ANEXO II – IMAGENS PONTOS DE COLETA

Figura 24: Ponto de Coleta 3, Rio Tanque, Município de Ferros/MG



Fonte: Autor, 2023.

Figura 25: Ponto de Coleta 4, Rio Santo Antônio, Município de Ferros/MG



Fonte: Autor, 2023.

CONTINUAÇÃO ANEXO II – IMAGENS PONTOS DE COLETAS

Figura 26: Ponto de Coleta 5, Rio de Peixe, município de Carmésia/MG



Fonte: Autor, 2023.

Figura 27: Ponto de Coleta 6, Rio Santo Antônio, município de Conceição do Mato Dentro/MG



Fonte: Autor, 2023.

CONTINUAÇÃO ANEXO II – IMAGENS PONTOS DE COLETA

Figura 28: Ponto de Coleta 7, Rio Guanhães, município de Dolores de Guanhães/MG



Fonte: Autor, 2023.

Figura 29: Ponto de Coleta 8, Rio Santo Antônio, município de Naque/MG



Fonte: Autor, 2023.

ANEXO III - AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA

| | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Número: 82344-2 | Data da Emissão: 18/04/2022 08:50:05 | Data da Revalidação*: 18/04/2023 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

| | |
|---|--------------------------|
| Nome: DIEGO CARLOS FERREIRA ROSA VITORINO | CPF: 089.033.486-21 |
| Dados do titular | |
| <p>SISBIO</p> Título do Projeto: Solicitação para coleta de macroinvertebrados bentônicos na bacia do Rio Santo Antônio/MG | |
| Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA | CNPJ: 21.040.001/0002-10 |

Cronograma de atividades

| # | Descrição da atividade | Início (mês/ano) | Fim (mês/ano) |
|---|------------------------|------------------|---------------|
| 1 | Coleta e análise | 04/2022 | 12/2022 |

Observações e ressalvas

| | |
|---|---|
| 1 | A autorização não eximirá o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado ou dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; IV) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras. |
| 2 | Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas. |
| 3 | Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros). |
| 4 | Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros) |
| 5 | Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior. |
| 6 | As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia. |
| 7 | Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen . |
| 8 | O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ. |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0823440220220418

Continuação Anexo III - Autorização para atividades com finalidade científica

| | |
|----|---|
| 9 | Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso. |
| 10 | Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade. |

| | | |
|---|---|---|
| Número: 82344-2 | Data da Emissão: 18/04/2022 08:50:05 | Data da Revalidação*: 18/04/2023 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

| | |
|--|--------------------------|
| Nome: DIEGO CARLOS FERREIRA ROSA VITORINO | CPF: 089.033.486-21 |
| Dados do titular | |
| Título do Projeto: Solicitação para coleta de macroinvertebrados bentônicos na bacia do Rio Santo Antônio/MG | |
| Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA | CNPJ: 21.040.001/0002-10 |

Observações e ressalvas

| | |
|----|--|
| 11 | O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor. |
|----|--|

Outras ressalvas

| | | |
|---|--|-----------------------|
| 1 | | CEPTA Pirassununga-SP |
| 2 | | CGPEQ |

Locais onde as atividades de campo serão executadas

| # | Descrição do local | Município-UF | Bioma | Caverna? | Tipo |
|---|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|--------------------|
| 1 | Rio Tanque | Ferros-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 2 | Rio Giuanhães | Dores de Guanhães-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 3 | Rio Santo Antônio | Ferros-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 4 | Rio Preto do Itambé | São Sebastião do Rio Preto-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 5 | Rio Santo Antônio | Conceição do Mato Dentro-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 6 | Ribeirão Girau | Itabira-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 7 | Rio Santo Antônio | Naque-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 8 | Rio do Peixe | Carmésia-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |
| 9 | Rio Tanquel | Santa Maria de Itabira-MG | Mata Atlântica | Não | Fora de UC Federal |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0823440220220418

Continuação Anexo III - Autorização para atividades com finalidade científica**Atividades**

| # | Atividade | Grupo de Atividade |
|---|---|--------------------|
| 1 | Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ | Fora de UC Federal |
| 2 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | Fora de UC Federal |
| 3 | Captura de animais silvestres in situ | Fora de UC Federal |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0823440220220418

Continuação Anexo III - Autorização para atividades com finalidade científica

| | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Número: 82344-2 | Data da Emissão: 18/04/2022 08:50:05 | Data da Revalidação*: 18/04/2023 |
| De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

| | |
|---|--------------------------|
| Nome: DIEGO CARLOS FERREIRA ROSA VITORINO | CPF: 089.033.486-21 |
| Dados do titular Título do Projeto: Solicitação para coleta de macroinvertebrados bentônicos na bacia do Rio Santo Antônio/MG | |
| Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA | CNPJ: 21.040.001/0002-10 |

Atividades X Táxons

| # | Atividade | Táxon | Qtde. |
|---|---|--------------|-------|
| 1 | Captura de animais silvestres in situ | Mollusca | - |
| 2 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | Mollusca | - |
| 3 | Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ | Mollusca | 1000 |
| 4 | Captura de animais silvestres in situ | Gastrotricha | - |
| 5 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | Gastrotricha | - |
| 6 | Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ | Gastrotricha | 1000 |
| 7 | Captura de animais silvestres in situ | Brachiopoda | - |
| 8 | Coleta/transporte de amostras biológicas in situ | Brachiopoda | - |
| 9 | Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ | Brachiopoda | 1000 |

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Materiais e Métodos

| # | Tipo de Método (Grupo taxonômico) | Materiais |
|---|--|--|
| 1 | Amostras biológicas (Invertebrados) | Outras amostras biológicas(Coleta de indivíduos) |
| 2 | Amostras biológicas (Invertebrados Aquáticos) | Outras amostras biológicas(Amostras de indivíduos), Ectoparasita |
| 3 | Método de captura/coleta (Invertebrados) | Coleta manual, Rede, Peneira |
| 4 | Método de captura/coleta (Invertebrados Aquáticos) | Captura manual, Coleta manual, Peneira, Draga, pegador (Van veen, Box corer, Holme, Petersen, etc.), Outros métodos de captura/coleta(Suberbentos) |

Destino do material biológico coletado

| # | Nome local destino | Tipo destino |
|---|---------------------------------|--------------|
| 1 | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA | Laboratório |

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0823440220220418

