

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) do Ribeirão do Espírito Santo - Juiz de Fora (MG)  
elaborado pelos alunos Maissa Bianchi Ferriz

foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial da obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Juiz de Fora, 06 de dezembro de 2019.

Christian Ricardo Ribeiro

Professor Orientador

Patricia Cecília Paimmann

Professor Avaliador 1

[Assinatura]

Professor Avaliador 2

7/25/2019 - Juiz de Fora

**FACULDADE DOCTUM  
CENTRO DE ARQUITETURA E ENGENHARIAS**

**MAÍSA BIANCHI FERRI**

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) DO RIBEIRÃO DO  
ESPÍRITO SANTO – JUIZ DE FORA (MG)**

**Juiz de Fora**

**2019**

**MAÍSA BIANCHI FERRI**

**FACULDADE DOCTUM  
CENTRO DE ARQUITETURA E ENGENHARIAS**

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) DO RIBEIRÃO DO  
ESPÍRITO SANTO – JUIZ DE FORA (MG)**

**Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária da Faculdade  
Doctum de Juiz de Fora, como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Ambiental e Sanitária.**

**Área de Concentração: Recursos Hídricos**

**Orientador: Prof. Dr. Christian Ricardo  
Ribeiro.**

**Juiz de Fora**

**2019**



**Rede de Ensino Doctum – Centro de Engenharias Presidente Itamar Franco**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) NO RIBEIRÃO DO ESPÍRITO SANTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA/MG, elaborado pela aluna MAISA BIANCHI FERRI foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Rede de Ensino Doctum – Unidade de Juiz de Fora/MG, como requisito parcial da obtenção do título de

### **BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA.**

Juiz de Fora, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2019.

---

Prof. Dr. Christian Ricardo Ribeiro.  
Orientador e Docente da Faculdade Doctum de Juiz de Fora.

---

Prof. Me. Matheus Machado Cremonese.  
Examinador da banca e Docente da Faculdade Doctum de Juiz de Fora.

---

Prof. Me. Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva.  
Examinador da banca e Docente da Faculdade Doctum de Juiz de Fora.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, ao meu pai Hélio por sempre me apoiar, me mostrando o caminho correto a seguir, a minha mãe Roseli por todas as orações e todo apoio nos momentos mais difíceis, e ao meu irmão Mateus por fazer parte desta família maravilhosa, que sempre se uniu para a conquista desse grande sonho. Pela minha família eu tenho a enorme gratidão por serem porto seguro e acreditarem em meu potencial.

Essa conquista representa uma árdua caminhada, nem sempre só de coisas boas, mas de muito aprendizado e dedicação, e posso dizer com toda certeza que foi a melhor experiência vivida.

Dedico também ao meu brilhante orientador Christian Ribeiro que foi essencial para o sucesso de todo trabalho, através de toda sua dedicação ao meu trabalho.

A cada dia subindo um degrau da vida, com um coração agradecido por ter um Deus que está sempre me iluminando, e a certeza de uma vitória em cada conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida por serem a base das minhas conquistas, trazendo força, perseverança e inúmeras bênçãos nessa caminhada, foram à essência do bem e luz no meu caminho até aqui.

Agradeço ao meu pai Hélio Ferri por todo amor e suporte, tornando a caminhada sempre mais positiva.

Agradeço a minha mãe Roseli Bianchi por todo carinho, atenção e todas as vezes que rezou por mim pedindo proteção.

Aos meus amigos da vida, obrigada pela compreensão pelos momentos que não pude estar com vocês, mas por um objetivo muito maior.

Aos amigos de faculdade, agradeço por compartilharem comigo suas vidas, seus dias, inúmeros trabalhos que nos ensinaram a ser cada dia mais profissional e por ter me mostrado que ninguém vive sozinho, pela sincera amizade acolhedora, e que hoje estamos prontos para um futuro brilhante. Contem sempre comigo nessa jornada.

Agradeço a todos os professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, com muita dedicação e esforço. A todos vocês, muito obrigada por todo conhecimento adquirido.

Agradeço ao meu orientador Dr. Christian Ricardo Ribeiro, por ter aceitado orientar meu trabalho, trazendo grandes ensinamentos e sabedoria, sendo indispensável para construção desta conquista, e pela grande paciência nas orientações.

E por fim, agradeço a todos que indireta ou diretamente contribuíram para realização deste trabalho. Obrigada por acreditarem em meu potencial.

*“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”*

*(João Guimarães Rosa)*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

BHERS – Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo

CESAMA – Companhia De Saneamento Municipal

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COPAM – Conselho de Política Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETA – Estação de Tratamento de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM– Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade da Água

MDE – Modelos Digitais de Elevação

mg/L - Miligrama por Litro

mL – Mililitro

NBR – Norma Brasileira

NSF – *National Sanitization Foundation*

OD – Oxigênio Dissolvido

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas para cada parâmetro em função de sua concentração ou medida (qi).....	25
Figura 2 - Ponto de coleta 1 .....	41
Figura 3 - Ponto de coleta 2 .....	42
Figura 4 - Ponto de Coleta 3 .....	43
Figura 5 - Ponto de coleta 4 .....	44
Figura 6 - Ponto de coleta 5 .....	45
Figura 7 - Campanha nº 1 realizada dia 17/06/2019 .....	47
Figura 8 - Campanha nº 02 realizada dia 23/08/2019 .....	47
Figura 9 - Campanha nº 03 realizada em 10/09/2019 .....	48
Figura 10 - Página inicial InfoHidro, monitoramento da qualidade das águas.....	61
Figura 11 - Calculadora IQA.....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores de pH nos pontos analisados .....	50
Gráfico 2 - Valores de temperatura nos pontos analisados.....	51
Gráfico 3 - Valores de DBO para classe 1 nos pontos analisados .....	52
Gráfico 4 - Valores de DBO para classe 2 nos pontos analisados .....	52
Gráfico 5 - Valores de Sólidos Totais nos pontos analisados .....	53
Gráfico 6 - Valores de Turbidez para classe 1 nos pontos analisados.....	54
Gráfico 7 - Valores de Turbidez para classe 2 nos pontos analisados.....	54
Gráfico 8 - Valores de oxigênio dissolvidos para classe 1 nos pontos analisados ....	55
Gráfico 9 - Valores de oxigênio dissolvidos para classe 2 nos pontos analisados ....	55
Gráfico 10 - Valores de Coliformes termotolerantes para classe 1 nos pontos analisados .....	56
Gráfico 11 - Valores de Coliformes termotolerantes para classe 2 nos pontos analisados .....	57
Gráfico 12 - Valores de fósforo nos pontos analisados .....	58
Gráfico 13 - Valores de Nitrato nos pontos analisados .....	58
Gráfico 14 - Valores de DQO nos pontos analisados.....	59
Gráfico 15 – Valores de Condutividade nos pontos analisados .....	60
Gráfico 16 – Valor do IQA obtido nos pontos de coleta.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Uso das águas doces conforme classe de enquadramento.....	21
Quadro 2 - Demonstração de alguns parâmetros e seus limites em águas doces....	22
Quadro 3 - Classificação das Águas .....	22
Quadro 4 - Parâmetros do IQA e seus respectivos pesos .....	24
Quadro 5 - Classificação dos valores de Índice de Qualidade da Água.....	26
Quadro 6 - Descrição das variáveis utilizadas no Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	32
Quadro 7 - Cronograma e datas das campanhas de coletas realizadas .....	46

## **LISTA DE EQUAÇÃO**

Equação 1 – Fórmula do IQA.....	26
---------------------------------	----

## **LISTA DE TABELA**

Tabela 1 – Uso e cobertura da terra da BHRES: Classes e suas áreas em Km <sup>2</sup> ....	39
--	----

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1 – Bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: localização no Município de Juiz de Fora (MG).....	35
Mapa 2 – Bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: localização dos pontos de coletas.....	36
Mapa 3 – Bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: carta – imagem .....	37
Mapa 4 – Bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: uso e cobertura da terra.....	39

## RESUMO

FERRI, Maisa Bianchi. **Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) no Ribeirão do Espírito Santo localizado no município de Juiz de Fora - MG.** 79. f. Trabalho de Conclusão de Curso ( Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

O grande avanço na tecnologia e na industrialização, juntamente com o crescimento da malha urbana, sem um devido planejamento associado as suas atividades, desenvolveu um maior impacto sobre o meio ambiente. Esse crescimento populacional influencia diretamente a interação “ser humano *versus* meio ambiente”, pois estes utilizam de recursos do meio ambiente e os devolvem de forma deteriorada. A falta de educação ambiental da população e também por parte da infraestrutura das cidades, mostram como a degradação antrópica tem atrapalhado a qualidade dos recursos que nós mesmos necessitamos. Os lançamentos de esgotos e efluentes industriais, sem devidos tratamentos, depósitos incorretamente de lixos e entulhos, podem afetar negativamente a qualidade da água e toda biota onde o curso d’água está inserido. No presente trabalho foi realizado uma avaliação do Índice de qualidade da água (IQA), em alguns pontos estratégicos ao longo do Ribeirão do Espírito Santo, e as influências físicas e antrópicas, como alteração na qualidade da água nos pontos analisados. Foram implementados os modelos de IQA segundo o IGAM, com seus nove parâmetros definidos, sendo eles: pH, temperatura, Coliformes termotolerante, DBO, Oxigênio dissolvido, Nitratos, Fósforo, Turbidez, sólidos totais. Após computação dos resultados, foram comparados ao seu devido enquadramento pela resolução normativa CONAMA 357/2005, e analisados em cada ponto, alguns aspectos da localização de sua bacia hidrográfica com a interferência humana. Os valores de IQA encontrados ficaram entre Bom e Médio.

**Palavra-chave:** Índice que Qualidade da Água. Ribeirão do Espírito Santo. Bacia Hidrográfica.

## **ABSTRACT**

The breakthrough in technology and industrialization, coupled with the growth of the urban fabric, without proper planning associated with its activities, has had a greater impact on the environment. This population growth directly influences the interaction “human being versus environment”, as they use resources from the environment and return them in a deteriorated way. The lack of environmental education of the population and also the infrastructure of the cities show how anthropic degradation has hindered the quality of the resources we need ourselves. Untreated sewage and effluent discharges, without proper treatment, improper waste disposal and debris, can negatively affect water quality and all biota where the watercourse is inserted. In the present work, an evaluation of the Water Quality Index (WQI) was performed at some strategic points along the Ribeirão do Espírito Santo, and the physical and anthropic influences, such as changes in water quality at the analyzed points. IQA models were implemented according to IGAM, with its nine defined parameters, namely: pH, temperature, thermotolerant coliforms, BOD, dissolved oxygen, nitrates, phosphorus, turbidity, total solids. After computing the results, they were compared to their proper framework by the normative resolution CONAMA 357/2005, and analyzed at each point the interference from where their watershed is located with human interference. The IQA values found were between Good and Medium.

**KEYWORDS:** Water Quality Index. Ribeirão do Espírito Santo. Hydrographic basin.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>18</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. Água</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2. Bacia Hidrográfica</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3. Enquadramentos de corpos d'água</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4. Índice de Qualidade das Águas - IQA</b> .....	<b>23</b>
<b>3.5. Parâmetros a serem analisados no Índice de Qualidade da Água (IQA)</b> .....	<b>27</b>
3.5.3. Sólidos Totais.....	28
3.5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio .....	29
3.5.6. Temperatura.....	29
3.5.7. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	30
3.5.8. Nitrogênio e Nitrato .....	30
3.5.9. Coliformes Termotolerantes .....	31
3.5.10. Demanda química de oxigênio.....	31
3.5.11 Condutividade Elétrica.....	32
<b>3.6. Poluição das Águas</b> .....	<b>32</b>
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1. Caracterizações da área de estudo</b> .....	<b>34</b>
4.1.2. Análise do Uso e cobertura da terra na BHRES.....	39
<b>4.2. Caracterização dos pontos de coleta</b> .....	<b>41</b>
4.2.1. Ponto 1 .....	41
4.2.2. Ponto 2.....	42
4.2.3. Ponto 3.....	43
4.2.4. Ponto 4.....	44
4.2.5. Ponto 5.....	45
<b>4.3. Realização das campanhas de coleta de amostras</b> .....	<b>46</b>
<b>4.4. Análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados e cálculo do IQA</b> .....	<b>48</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>5.1. Análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados</b> .....	<b>50</b>
5.1.1. pH.....	50
5.1.2. Temperatura.....	51
5.1.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	51
5.1.4. Sólidos Totais.....	53
5.1.5. Turbidez .....	53
5.1.6. Oxigênio Dissolvido.....	54
5.1.7. Coliformes Termotolerantes .....	55

5.1.8. Fósforo .....	57
5.1.9. Nitratos .....	58
5.1.10. Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	59
5.1.11. Condutividade elétrica .....	59
5.1.12 Salinidade.....	60
<b>5.2. Cálculo e avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) .....</b>	<b>60</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A – Planilha de dados das coletas realizadas .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE B – Resultados das análises realizadas em todas as campanhas .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C – Resultados do IQA .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE D – Resultado campanha 01 – 17/06/2019 .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE E – Resultado campanha 02 - 23/08/2019 .....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE F – Resultado campanha 03 - 10/09/2019.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 01.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO B – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 02.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO C – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 03.....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água trata-se de um recurso natural indispensável para a vida humana, animal ou vegetal. O Brasil, apesar de ser um dos países mais ricos em disponibilidade hídrica, possui diversas cidades que sofrem frequentemente com problemas relacionados ao abastecimento de água, tanto devido à baixa qualidade, quanto à pequena quantidade deste recurso, remetendo para a necessidade de se estabelecer um processo de gestão dos recursos hídricos no país (AMARO, 2009).

A vida humana é extremamente dependente da água, pois ela proporciona múltiplos usos indispensáveis a nossa sobrevivência, tais como: o consumo humano, o abastecimento industrial, a irrigação, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, assim como a preservação da vida aquática (BARROS *et al.*, 2012).

Um dos principais instrumentos que sustentam a gestão dos recursos hídricos é o monitoramento da qualidade das águas (GUEDES *et al.*, 2012). Buscando uma melhor gestão dos recursos hídricos, muitos estudos vêm sendo realizados no intuito de determinar a qualidade das águas de rios, lagos e represas através do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água (ROCHA *et al.*, 2014). Segundo Viana *et al.* (2013), o monitoramento da qualidade da água é um fator essencial para os gestores, pois conforme completam Cunha e Calijuri (2010), o monitoramento ambiental nos permite conhecer o comportamento da qualidade das águas ao longo do tempo e do espaço.

O Município de Juiz de Fora, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, uma sub-bacia hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no Estado de Minas Gerais, se encontra inserida neste cenário, possuindo um elevado crescimento demográfico e uma urbanização intensa. O censo demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que haviam 516.247 habitantes no último censo em 2010, e a contagem populacional estimada em 2019 é de 568.873 habitantes, assim obteve um crescimento de 5.263 habitantes por ano (IBGE, 2019).

Nesse contexto, tem-se a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo (BHRES), que abastece cerca de 40% da cidade de Juiz de Fora. A estação de tratamento de água produz 620 L/s e, atualmente, encontra-se em ampliação para



1200 L/s (CESAMA)<sup>1</sup>. A BHRES possui uma área de drenagem de 151,49 km<sup>2</sup>, sendo 98,24% de sua área ocupada por pastagens, silvicultura e mata (PINTO *et al.*, 2014). A bacia hidrográfica tem como principal uso o abastecimento de água potável para a população de Juiz de Fora. Em segundo plano vem o consumo para uso industrial e, com menor aproveitamento dos recursos hídricos, existem as atividades de irrigação de pequenas culturas e atividades agropecuárias da região.

O Ribeirão do Espírito Santo é um afluente da bacia do rio Paraibuna pela margem direita. O Ribeirão corta o Distrito Industrial da cidade, onde estão situadas diversas indústrias de diferentes segmentos e com potencial poluidor significativo. Sendo assim, o mesmo possui trechos em que há maior susceptibilidade à degradação do ambiente, comparado a outros pontos no manancial, fato esse que torna indispensável um monitoramento contínuo da qualidade da água do Ribeirão Espírito Santo. É essencial propor possíveis soluções para esse problema, destacando a fiscalização do tratamento dos efluentes industriais, a educação da população local e a contínua avaliação dos trechos impactados (SILVA *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta de avaliação do Índice de qualidade da água (IQA) do Ribeirão do Espírito Santo. Este curso d'água constitui um expressivo manancial de abastecimento da cidade, tendo grande importância o seu monitoramento contínuo como uma ferramenta de planejamento e de gestão dos recursos hídricos.

As variáveis de qualidade que integram o cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos causada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2019). Constitui, nesse sentido, uma ferramenta fundamental para o trabalho do engenheiro ambiental e sanitário, especialmente no caso dos mananciais destinados ao abastecimento público de água, como é o caso do Ribeirão do Espírito Santo.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/mananciais/ribeirao-do-espírito-santo-2>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o Índice de Qualidade da Água (IQA) do Ribeirão do Espírito Santo, localizado no Município de Juiz de Fora (MG).

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Mapear a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo e identificar os pontos de coleta de água;
- Realizar o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) do Ribeirão do Espírito Santo nos pontos de coleta selecionados;
- Analisar a correlação entre a qualidade da água do Ribeirão do Espírito Santo e as características físicas e de uso e cobertura da terra de sua bacia hidrográfica.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Água

A água é um dos principais recursos naturais presentes no planeta, sendo essencial para a subsistência do homem, principalmente pelo fato de diversas atividades humanas serem dependentes deste recurso, como o abastecimento humano, o uso industrial, o uso na agricultura, a geração de energia elétrica, turismo, lazer, dessedentação animal, pesca, dentre outros. Apesar disso, como afirmam Saad *et al.* (2007), a água é uma das principais formas de difusão de agentes patogênicos. A água é um bem de domínio público, um recurso limitado e que possui valor econômico, sendo destinada prioritariamente ao consumo humano e à dessedentação de animais, em caso de escassez hídrica (BRASIL, 1997).

O comprometimento da qualidade das águas está atrelado às diversas fontes de poluição. A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, a qual engloba o Município de Juiz de Fora, apresenta como algumas das principais fontes de poluição das águas o lançamento de efluentes domésticos e industriais, a mineração, as atividades agropecuárias e o manejo inadequado do solo, a disposição imprópria de resíduos sólidos e os acidentes ambientais (ANA, 2005). Existem ainda outras fontes antrópicas capazes de alterar a qualidade das águas no Brasil como, por exemplo, a suinocultura, a ocupação desordenada e o consequente desmatamento, a salinização, a construção de barragens, a poluição difusa em áreas urbanas e a aquicultura, podendo ocorrer também a poluição por causas naturais, tais como a decomposição de biomassa vegetal que fica submersa em períodos de cheia na Região Hidrográfica do Paraguai (ANA, 2005).

Para Viana *et al.* (2013) o monitoramento da qualidade da água é um fator essencial para os gestores e, segundo Vasco *et al.* (2011), o estudo nas áreas das bacias hidrográficas urbanas e rurais é fundamental quando se busca o equilíbrio entre a exploração de recursos naturais e sustentabilidade ambiental. Todo sistema de gestão depende de informações; neste caso, de um monitoramento contínuo e detalhado da qualidade da água. Para isso foram criados “índices de qualidade da água” que têm como principais vantagens a facilidade de comunicação com a população e o fato de combinar variáveis com unidades de medidas diferentes em uma única escala. Como principal desvantagem, pode-se citar a perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas (BUZELLI e CUNHA-

SANTINO, 2013; FRANCO *et al.*, 2012; GÓMEZ *et al.*, 2011; ORTEGA e CARVALHO, 2013; SILVA, AURELIANO e LUCENA, 2012; VIANA *et al.*, 2013).

Para Costa *et al.* (2012) e Amaro (2009), índices e indicadores ambientais são importantes na estratégia de programas de monitoramento e de gestão ambiental por converter uma série de informações através de um único número, um símbolo, uma cor ou uma descrição verbal de fácil compreensão, possibilitando a tomada de decisões por gestores em várias áreas de atuação e de possível entendimento de todos pela sociedade.

### **3.2. Bacia Hidrográfica**

Todos os espaços estão inseridos em uma bacia hidrográfica, sobre a qual se desenvolvem relações sociais e ecológicas (TURRETTA, 2011). Este mesmo autor simplifica a definição de bacia hidrográfica, afirmando ser uma região que faz convergir toda a drenagem para um rio principal e seus afluentes. Por outro lado, Heller e Pádua (2010) definem esta unidade territorial de uma forma mais técnica, afirmando que a bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, delimitada pelas cristas das elevações do terreno ou divisores de água, que recolhe a precipitação, funciona como um reservatório de água e sedimentos, convergindo todos estes elementos dos pontos mais altos para os mais baixos até que alcance um ponto único denominado de exutório (TURRETTA, 2011).

Conforme a Lei Federal n.º 9433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento territorial, nas quais serão implementadas políticas voltadas para sua gestão e proteção (BRASIL, 1997).

### **3.3. Enquadramentos de corpos d'água**

Segundo a Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, o enquadramento expressa metas a serem alcançadas em determinado curso d'água, baseando-se nos níveis de qualidade que este curso d'água deveria possuir a fim de atender as necessidades da população e não em seu estado atual. A Lei Federal n.º 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, complementa que o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água, tem por objetivo garantir às águas uma qualidade compatível a qual esta foi

destinada, reduzindo desta forma os gastos com a recuperação de danos causados a elas. Desta maneira, o enquadramento dos cursos d'água em classes proporciona o estabelecimento de um objetivo a ser alcançado ou mantido, ou seja, um nível de qualidade que aquele corpo d'água deverá apresentar ou manter para atender aos seus usos mais exigentes ao longo do tempo. Os comitês de bacia deverão discutir e aprovar a proposta de enquadramento dos corpos d'água, sendo a sua deliberação de responsabilidade dos conselhos de recursos hídricos (ANA, 2019).

O processo de enquadramento leva em consideração diversos fatores, tais como, os usos preponderantes para o corpo d'água, a condição atual deste corpo hídrico, a viabilidade técnica e os custos necessários para o alcance dos padrões de qualidade estabelecidos pelo enquadramento (ANA, 2019).

Conforme a Resolução CONAMA n.º 357/2005, as águas doces são classificadas em cinco classes, sendo elas: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, as quais são destinadas a diferentes usos, conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Uso das águas doces conforme classe de enquadramento.

Classe	Uso da Água
<b>Classe Especial</b>	<b>a)</b> ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; <b>b)</b> à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; <b>c)</b> à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
<b>Classe 1</b>	<b>a)</b> ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; <b>b)</b> à proteção das comunidades aquáticas; <b>c)</b> à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; <b>d)</b> à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; <b>e)</b> à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
<b>Classe 2</b>	<b>a)</b> ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; <b>b)</b> à proteção das comunidades aquáticas; <b>c)</b> à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000 <b>d)</b> à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; <b>e)</b> à aqüicultura e à atividade de pesca.
<b>Classe 3</b>	<b>a)</b> ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; <b>b)</b> à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; <b>c)</b> à pesca amadora; <b>d)</b> à recreação de contato secundário; <b>e)</b> à dessedentação de animais.
<b>Classe 4</b>	<b>a)</b> à navegação; e <b>b)</b> à harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA nº357/2005.

A Resolução CONAMA n.º 357/2005, em seu artigo 7.º, relata que os padrões de qualidade das águas determinados por esta resolução estabelecem limites individuais para cada substância, conforme cada classe de enquadramento.

Quadro 2 - Demonstração de alguns parâmetros e seus limites em águas doces.

Parâmetro	CLASSE 1	CLASSE 2
	Limite estabelecido pela CONAMA nº 357/2005	Limite estabelecido pela CONAMA nº 357/2005
<i>Escherichia coli</i>	Não deverá ser excedido um limite 200 de coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A <i>Escherichia Coli</i> poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente	Para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A <i>E. coli</i> poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
<b>DBO5,20</b>	Até 3 mg/L O2	Até 5 mg/L O2
<b>Turbidez</b>	Até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT)	Até 100 unidades nefelométrica de turbidez (UNT)
<b>OD</b>	Em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O2	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O2
<b>pH</b>	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.

Fonte: CONAMA nº357/2005.

De acordo com conceituação adotada pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CAPÍTULO I):

Águas Doces: são águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;  
 Águas Salobras: são águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰; -Águas Salinas: são águas com salinidade igual ou superior a 30‰; (BRASIL- CONAMA, 2005).

Quadro 3 - Classificação das Águas.

Tipos de Águas	Classes
Águas Doces	Especial, 1, 2, 3 e 4
Águas Salinas	Especial, 1, 2, 3
Águas Salobras	Especial, 1, 2, 3

Fonte: CONAMA nº357/2005.

Sendo assim na mesma resolução, o Enquadramento consiste “no estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade da água (Classe) a ser alcançado ou mantido em um curso d’água, considerando os usos ao longo do tempo” (CONAMA, 357/2005).

### **3.4. Índice de Qualidade das Águas - IQA**

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* (NSF). A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2019).

De acordo com a CETESB (2013), os índices e os indicadores ambientais apareceram como resultado da preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo esse que necessita de um grande número de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se essenciais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos.

As principais vantagens dos índices são a facilidade de comunicação com o público leigo, o *status* maior do que as variáveis isoladas e o fato de refletir uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. Entretanto, a sua principal desvantagem consiste na ausência de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de conceder uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2019).

Para o Índice de qualidade das águas foram determinadas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (CETESB, 2019). O IQA é composto por nove parâmetros, esses com seus respectivos pesos ( $w_i$ ), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (ANA, 2019).

Quadro 4 - Parâmetros do IQA e seus respectivos pesos.

<b>PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>	<b>PESO (wi)</b>
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5,20	0,1
Temperatura da água	0,1
Nitrogênio total/ Nitratos	0,1
Fósforo total	0,1
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA, Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acessado em: 18 de agosto de 2019.

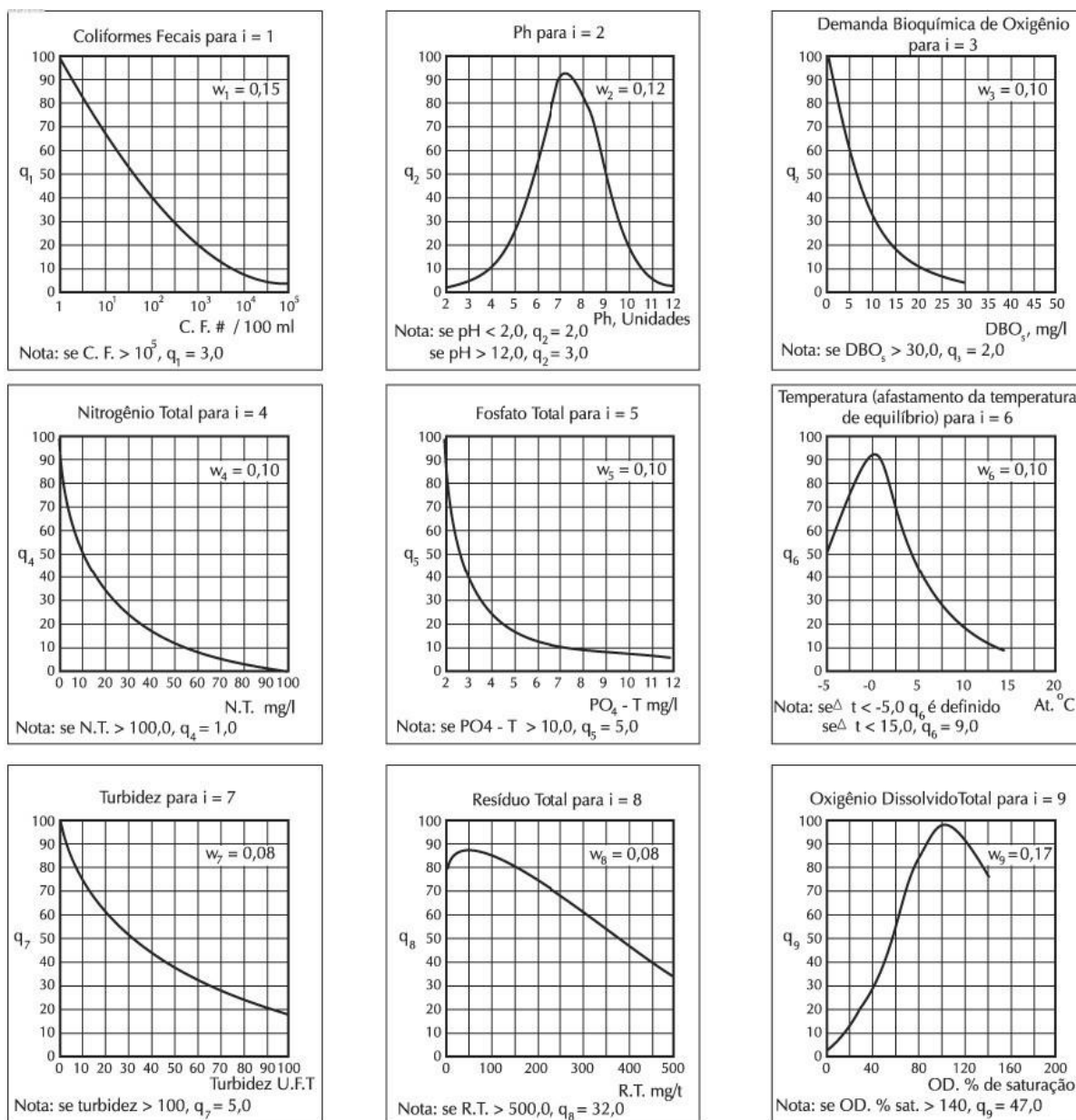
A água, devido às suas propriedades de solvente e à sua habilidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, que definirão sua qualidade. Esta qualidade é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da interferência dos seres humanos (VON SPERLING, 2005).

Além de seu peso (wi), cada parâmetro possui um valor de qualidade (qi), obtido do respectivo gráfico de qualidade, expresso na figura 3 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas para cada parâmetro em função de sua concentração ou medida (ANA)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acessado em: 18 de agosto de 2019.



Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas para cada parâmetro em função de sua concentração ou medida ( $q_i$ ).



Fonte: ANA, Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acessado em: 18 de agosto de 2019.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, como demonstra a equação a seguir:

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

Onde:

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

**qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida

**wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

**n:** número de variáveis que entram no cálculo do IQA (APÊNDICE D - CETESB, 2019).

O IQA da equação refere-se ao Índice de Qualidade da Água, um valor situado entre 0 e 100. Conforme ressalta CETESB (2003), esse valor é classificado em faixas que variam entre os estados brasileiros.

Quadro 5 - Classificação dos valores de Índice de Qualidade da Água.

Valor IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	EXCELENTE	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público
70 < IQA ≤ 90	BOM	
50 < IQA ≤ 70	MÉDIO	
25 < IQA ≤ 50	RUIM	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos avançados.
IQA ≤ 25	MUITO RUIM	

Fonte: Adaptado (Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa> acessado em 17 de setembro de 2019).

### **3.5. Parâmetros a serem analisados no Índice de Qualidade da Água (IQA)**

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que representam as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os principais parâmetros são descritos a seguir.

#### **3.5.1. Oxigênio Dissolvido**

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de fundamental importância para os organismos aeróbios, como, por exemplo, os peixes que precisam do oxigênio dissolvido na água para a sua sobrevivência (FUZINATTO, 2009).

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indícios de processos de oxidação de substâncias lançadas nos rios. Quando se considera apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. Por outro lado, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de OD elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação (FUZINATTO, 2009).

#### **3.5.2. Turbidez**

A turbidez demonstra o grau de interferência com a passagem de luz através da água, atribuindo uma aparência turva à mesma. Seus constituintes responsáveis são os sólidos em suspensão (VON SPERLING, 2005).

A turbidez apresenta origem natural, ou seja, partículas de rochas, de silte e argila, de algas e de outros microorganismos ou de origem antrópica como despejos domésticos, despejos industriais e erosão. A sua origem natural não demonstra inconvenientes sanitários, exceto esteticamente. A sua origem antrópica pode estar relacionada à presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos. Por diminuir a penetração de luz, prejudica a fotossíntese em corpos d'água. É medida através de unidades de turbidez (VON SPERLING, 2005).

### 3.5.3. Sólidos Totais

A presença dos sólidos pode estar associada tanto a características químicas como biológicas. Os sólidos presentes na água podem ser distribuídos da seguinte forma: sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos totais, sólidos fixos e voláteis (BRASIL/MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006 *apud* BENEDET, 2008).

O sólido total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura.

O padrão de potabilidade refere-se apenas a sólidos totais dissolvidos, com um limite de 1000mg/l, tendo em vista que essa parcela demonstra a influência do lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (BRASIL /MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006 *apud* BENEDET, 2008).

A legislação vigente, qual seja a Resolução CONAMA n.º 357/2005, não estabelece limites para o parâmetro sólidos totais. Estes devem ser virtualmente ausentes, não prejudicando assim a qualidade do curso d'água. A presença de sólidos totais na água está diretamente relacionada à sua turbidez.

### 3.5.4. Fósforo Total

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e o seu excesso pode causar a eutrofização das águas.

O fósforo na água apresenta-se basicamente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem a necessidade de conversão a formas mais simples. Os ortofosfatos mais detectados na água são o  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$  e  $H_3PO_4^-$ . A sua presença na água ocorre em função da presença de sólidos em suspensão e dos sólidos dissolvidos. A sua origem natural é devido à dissolução de compostos do solo e a decomposição da matéria orgânica. A sua origem antropogênica ocorre devido aos despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e uso de fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

Assim como acontece com o nitrogênio, o fósforo é um elemento essencial ao crescimento de algas e, em grande quantidade, pode causar processo de

eutrofização dos corpos d'água. Além disso, é um elemento indispensável também para o crescimento dos microrganismos que estabilizam a matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

### **3.5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar (oxidar) a matéria orgânica, através de processos bioquímicos de decomposição. Os processos são executados por bactérias aeróbias, para transformar a matéria orgânica em uma forma inorgânica estável. Trata-se de uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica (carbono orgânico biodegradável) (VON SPERLING, 2005).

A DBO é reconhecida como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Quando o período de incubação da DBO é de cinco dias, em uma temperatura de incubação de 20°C, a DBO é conhecida como DBO<sub>5,20</sub>. A DBO se torna elevada num corpo d'água quando acontecem despejos de origem, predominantemente, orgânica. A existência de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2008).

### **3.5.6. Temperatura**

A temperatura pode ser definida como uma medida da intensidade de calor, cuja variação de origem natural deve à transferência de calor por radiação, condução ou convecção. A variação de origem antrópica deve-se, especialmente, aos despejos industriais. As altas temperaturas aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases (VON SPERLING, 2005).

Os organismos aquáticos são prejudicados por temperaturas superiores aos seus limites de tolerância térmica, o que provoca impactos sobre o seu crescimento e a sua reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. Entretanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (ANA, 2019).

### 3.5.7. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons  $H^+$ , promovendo uma condição de acidez, de neutralidade ou de alcalinidade na água. A faixa de variação de pH vai de 0 a 14. O constituinte responsável pelo pH ocorre na forma de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

A sua origem natural deve-se à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, à oxidação da matéria orgânica e à fotossíntese. A sua origem antropogênica deve-se aos despejos domésticos (degradação de matéria orgânica) ou industriais (lavagem ácida de tanques, por exemplo). Este parâmetro não apresenta riscos em termos de saúde pública, a menos que seu valor seja muito baixo ou muito alto, podendo provocar irritações nos olhos e na pele. Os valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática. Os valores muito altos podem estar associados à proliferação de algas. A neutralidade ocorre com o pH igual a 7,0. Valores inferiores a esse valor caracterizam a condição de acidez e valores superiores caracterizam a condição básica (VON SPERLING, 2005).

### 3.5.8. Nitrogênio e Nitrato

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se transforma entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático o nitrogênio pode ser detectado sob a forma molecular ( $N_2$ ), como amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ). A forma do constituinte responsável pela ocorrência do nitrogênio na água são os sólidos em suspensão e os sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

A sua origem natural é em virtude do mesmo ser constituinte de proteínas e vários outros compostos biológicos, além de ser constituinte da composição celular de microrganismos. A sua origem antropogênica deve-se aos despejos domésticos, despejos industriais, uso de fertilizantes e excrementos de animais (VON SPERLING, 2005). O nitrogênio é um elemento fundamental para o crescimento de algas, podendo conduzir a processos de eutrofização do corpo hídrico em algumas ocasiões. Nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e a nitrato tem-se o consumo de oxigênio dissolvido no meio, podendo prejudicar a biota local (VON SPERLING, 2005).

Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e pelas bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas, também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

A forma encontrada do nitrato no corpo d'água pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição ocasionada por despejo doméstico no mesmo. Em caso de poluição recente, o nitrogênio encontra-se, principalmente, sob a forma de nitrogênio orgânico ou de amônia e, em caso de poluição antiga, basicamente sob a forma de nitrato. Nos esgotos domésticos brutos prevalecem as formas orgânicas e a amônia (VON SPERLING, 2005).

### **3.5.9. Coliformes Termotolerantes**

O grupo coliforme é constituído por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão relacionadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2008).

A utilização das bactérias coliformes termotolerantes para indicar a poluição sanitária se apresenta mais significativa que o uso das bactérias coliformes totais, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A definição da concentração dos coliformes assume importância como um parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2008).

### **3.5.10. Demanda química de oxigênio**

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico (CETESB, 2008). A elevação da concentração de DQO em um corpo d'água é ocasionada, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial (CETESB, 2008).

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de descrição de esgotos sanitários e de efluentes industriais. É interessante a utilização da DQO

conjuntamente com a DBO para observar a parcela biodegradável dos despejos (CETESB, 2008).

### 3.5.11 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. A medida da condutividade elétrica pode ser relacionada com a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais, em mg/L, parâmetro muito sensível ao lançamento de efluentes, o que facilita a avaliação da qualidade do corpo hídrico, pois é uma medida direta.

Quadro 6 - Descrição das variáveis utilizadas no Índice de Qualidade das Águas (IQA).

Variáveis	Descrição	Indicação	Unidade
<b>DBO</b>	É a quantidade de oxigênio consumida	Indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente	mg/L
<b>pH</b>	Medida da concentração dos íons de hidrogênio em uma solução	Pode indicar a presença de poluição	Escala de 0 a 14
<b>Turbidez</b>	Expressa propriedades de transmissão da luz de uma solução	Reflete a penetração da luz ou transparência da água	UNT
<b>Nitrogênio e Fósforo</b>	São representados por nitratos, nitritos, amônia, fosfatos e outros	Importantes na produção primária de organismos aquáticos	mg/L
<b>OD</b>	Expressa a quantidade de Oxigênio dissolvido na água	Fundamental para a sobrevivência de comunidades aquáticas	mg/L
<b>Sólidos Totais</b>	Possuem características físicas (suspensos/dissolvidos) e químicas (orgânicos/inorgânicos)	Toda a matéria que permanece como resíduo na água	mg/L
<b>Coliformes termotolerantes</b>	Constituem o indicador de contaminação fecal mais comum	Parâmetro usado na caracterização e avaliação da qualidade das águas	(UFC/100 ml)
<b>Temperatura</b>	Pode influir nas atividades biológicas, absorção de oxigênio.	Quando elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrios.	°C

Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 3.6. Poluição das Águas

A Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, define a poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental decorrente de atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, a segurança e ao bem-estar da população; além do mais, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, influenciem desfavoravelmente a biota, às



condições estéticas e sanitárias do ambiente ou lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A variação da qualidade da água não está obrigatoriamente associada somente a aspectos estéticos, já que a água de aparência satisfatória para um determinado uso pode conter microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas para determinada espécie, ao passo que águas com aparência desagradável podem ser utilizadas para determinados usos.

Para von Sperling (2005), a poluição hídrica é o acréscimo de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de modo que prejudique os legítimos usos que dele podem ser realizados ou esperados. A poluição deve estar associada também com o uso que se faz da água (BRAGA *et al.*, 2005).

Para Braga *et al.* (2005), a poluição da água está associada com a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas, sejam elas ocasionadas por causas naturais ou provocadas pelo homem. Em virtude disso, estes poluentes podem alterar também as outras características da água (PEREIRA, 2004). Desta forma, o conhecimento das interações entre estas é de grande importância para que se possa lidar da melhor forma possível com as fontes de poluição.

Os poluentes podem ser inseridos no meio aquático de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais são introduzidas por lançamentos individualizados, que são facilmente identificadas; portanto, o seu controle é realizado mais facilmente e rapidamente. Já as cargas difusas não têm um ponto de lançamento específico; sendo assim, torna-se muito difícil o seu controle (BRAGA *et al.*, 2005).

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.1. Caracterizações da área de estudo

Inicialmente foi feito uma revisão bibliográfica incluindo os conceitos e os temas pertinentes ao trabalho, e o levantamento preliminar de dados secundários sobre o Ribeirão do Espírito Santo e a sua bacia hidrográfica.

O Rio Paraibuna pertence à Bacia do Rio Paraíba do Sul, nasce na Serra da Mantiqueira no Município de Antônio Carlos e percorre aproximadamente 156 km, passando por vários municípios mineiros, incluindo Juiz de Fora, Santos Dumont, Ewbank da Câmara, Matias Barbosa, Simão Pereira, Belmiro Braga, Santana do Deserto e Chiador.

Os afluentes do Rio Paraibuna situados na zona urbana de Juiz de Fora são: Ribeirão Ipiranga, Lamaçal, Matirumbide, Young, São Pedro, Carlos Chagas, Humaitá, Ribeirão das Rosas, Face, Artilharia, Ribeirão dos Burros, Três Pontes, Ribeirão Espírito Santo e Córrego Santa Cruz.

Será objeto deste estudo a avaliação do Índice de Qualidade da Água do Ribeirão do Espírito Santo, por ser um dos mananciais de grande importância para o município, e por ter um grande potencial poluidor, visto que este se situa em uma área predominantemente rural, além de uma pequena parcela urbanizada e com a presença de indústrias.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo localiza-se a noroeste no Município de Juiz de Fora. O Ribeirão do Espírito Santo é um manancial de passagem, ou seja, a captação é feita diretamente no leito do curso d'água, pois não há barragem de reserva. A bacia tem uma área de 147,8 km<sup>2</sup> e o seu ponto de maior altitude localiza-se próximo à Fazenda da Laje, com 914 metros de altitude. O ponto mais baixo, situado a 640 metros de altitude, fica localizado na foz do Ribeirão do Espírito Santo, em sua foz junto ao Rio Paraibuna.

O Ribeirão do Espírito Santo tem 17 km de extensão e seus principais afluentes são o Córrego Gouveia e o Córrego Vermelho, pela margem esquerda, e os córregos Barreiro e Penido, pela margem direita. A bacia tem como principal uso o abastecimento de água potável para a população de Juiz de Fora. Em segundo plano vem o consumo para uso industrial, e com menor aproveitamento dos recursos hídricos ainda existem as atividades de irrigação de pequenas culturas e atividades agropecuárias, pouco expressivas na região.

De acordo com a Deliberação Normativa COPAM n.º 016, de 24 de setembro de 1996, o Ribeirão Espírito Santo, de sua nascente até a captação de água pela ETA, é enquadrado como rio de classe 1 e, após a captação até desaguar no Rio Paraíba, o ribeirão é enquadrado como classe 2.

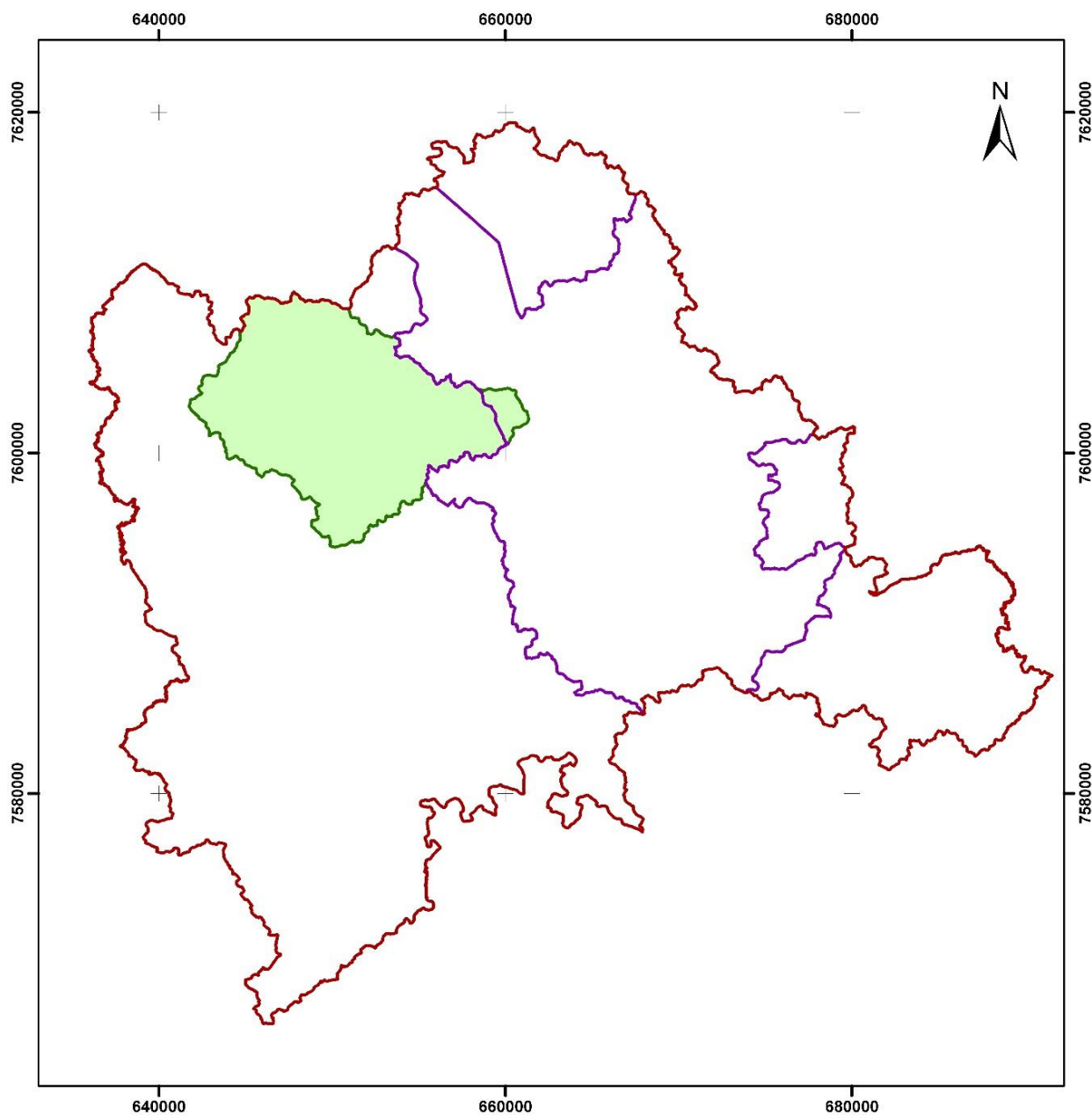
Desde 1970, a Estação de Tratamento de Água (ETA) Walfrido Machado Mendonça, também conhecida como ETA CDI, recebe água do Ribeirão do Espírito Santo, produzindo 620 litros por segundo e abastecendo cerca de 40% da cidade.

No mapa 1 a seguir, está a localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, no município de Juiz de Fora.

Já no mapa 2 e no mapa 3 estão os pontos de coleta e a carta imagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo.

Para construção dos mapas mencionados, foram utilizadas duas cartas topográficas do IBGE, a carta de Juiz de Fora SF-23-X-D-IV-1, na escala 1:50.000, na sua primeira edição em 1976, e a carta de Ewbank da Câmara SF-23-X-C-VI-4 na escala 1:50.000, na sua primeira edição em 1976, sendo utilizadas para extrair a rede drenagem e o limite da bacia.

**Mapa 1 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo:  
localização no Município de Juiz de Fora (MG)**



1:320.000

0 3,25 6,5 13 19,5  
km

**Fonte dos dados:**

PJF (2015); IBGE (1976)

**Órgão:**

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

**Organização e Execução:**

Maisa Bianchi Ferri




**Data de elaboração:**

Outubro/2019

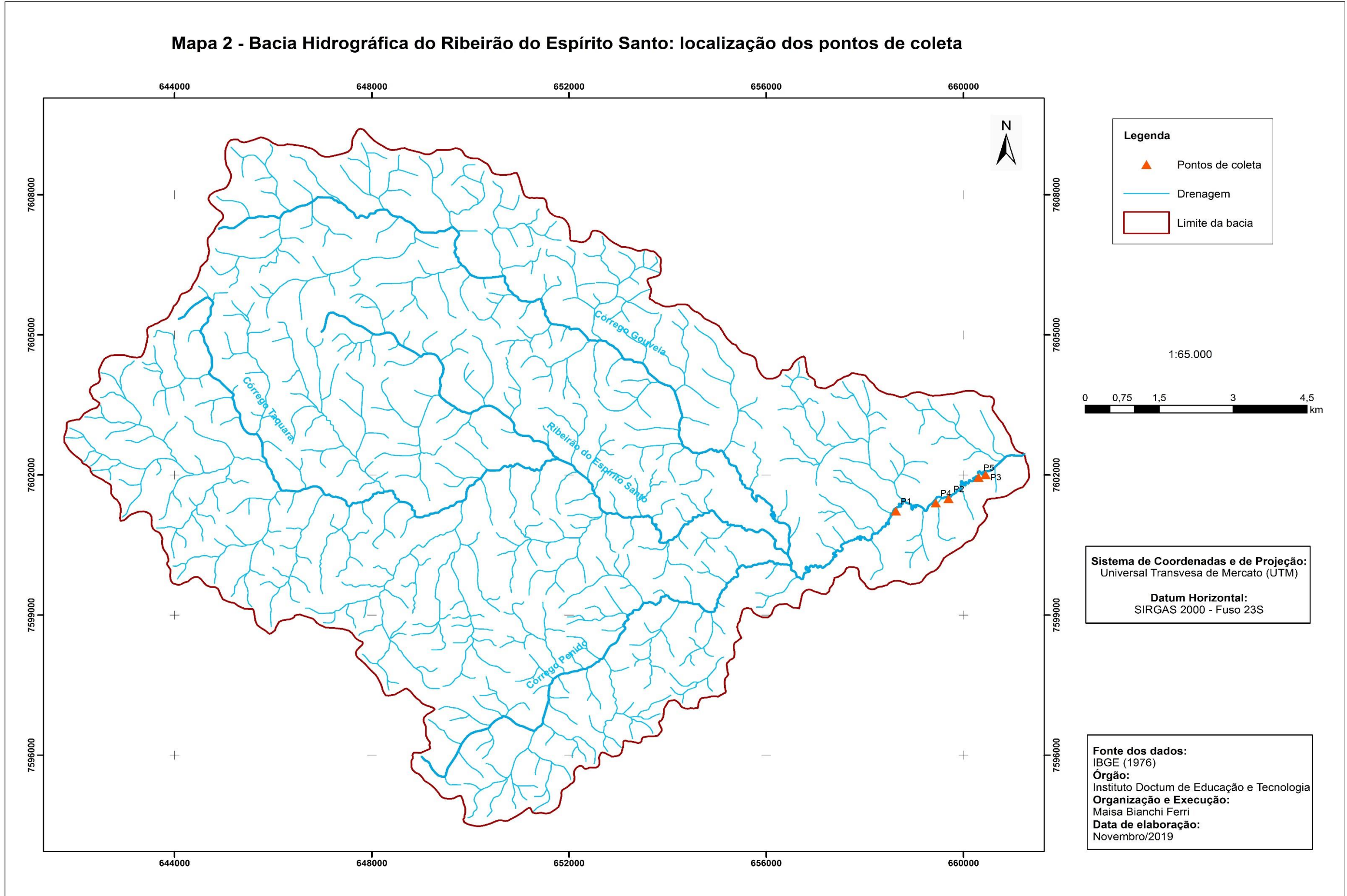
**Sistema de Coordenadas e de Projeção:**  
Universal Transversa de Mercator (UTM)

**Datum Horizontal:**  
SIRGAS 2000 - Fuso 23 S

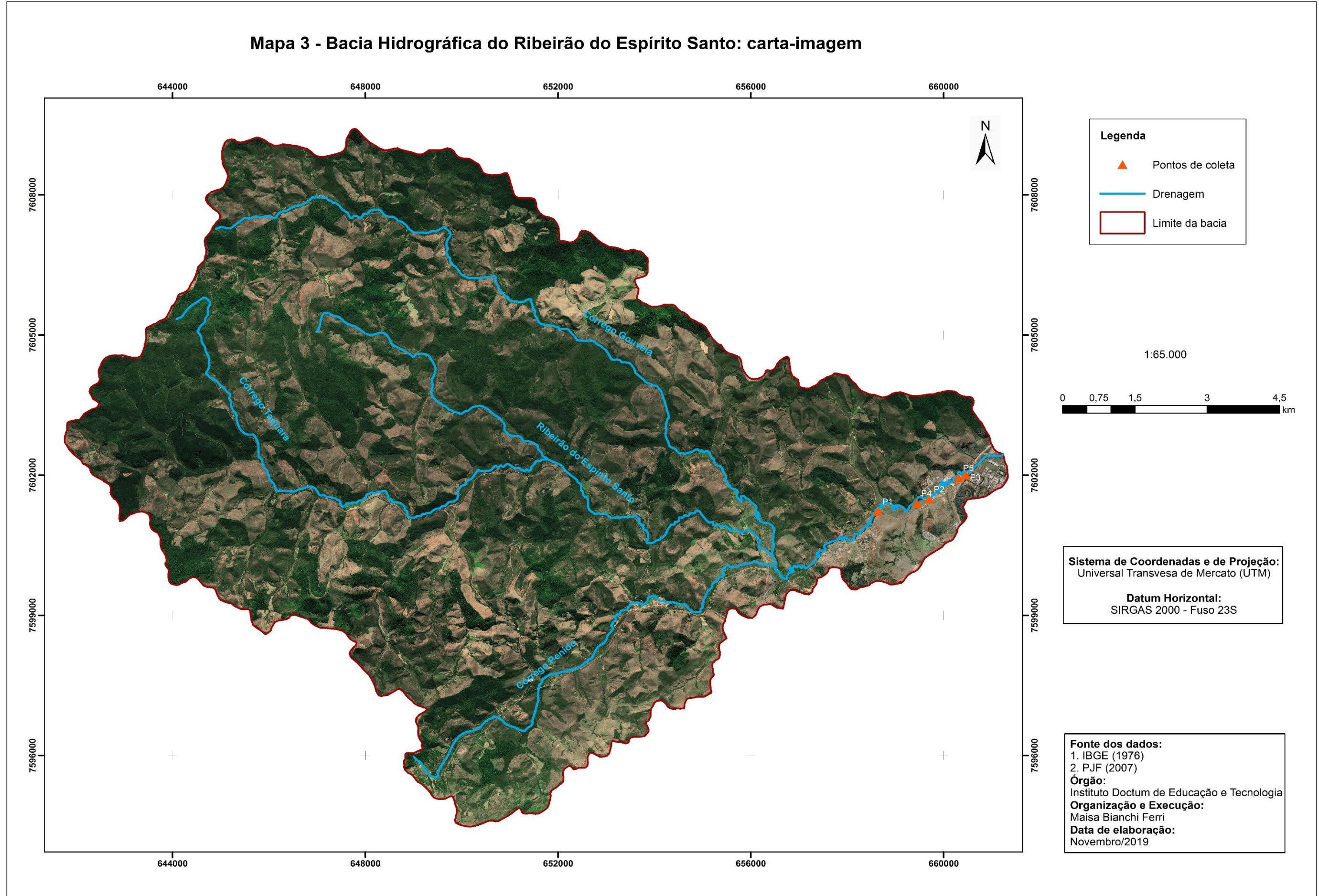
**Legenda**

-  Limite do município
-  Limite da área urbana
-  Limite da bacia

Mapa 2 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: localização dos pontos de coleta



Mapa 3 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: carta-imagem



#### 4.1.2. Análise do Uso e cobertura da terra na BHRES

O mapa 4 de uso e ocupação da terra da BHRES, foi feito com os dados da imagem produzida pelo levantamento aéreo fotogramétrico realizado pela Prefeitura de Juiz de Fora, em 2007, sendo realizado o recorte da área da bacia hidrográfica, e delimitando seus usos específicos.

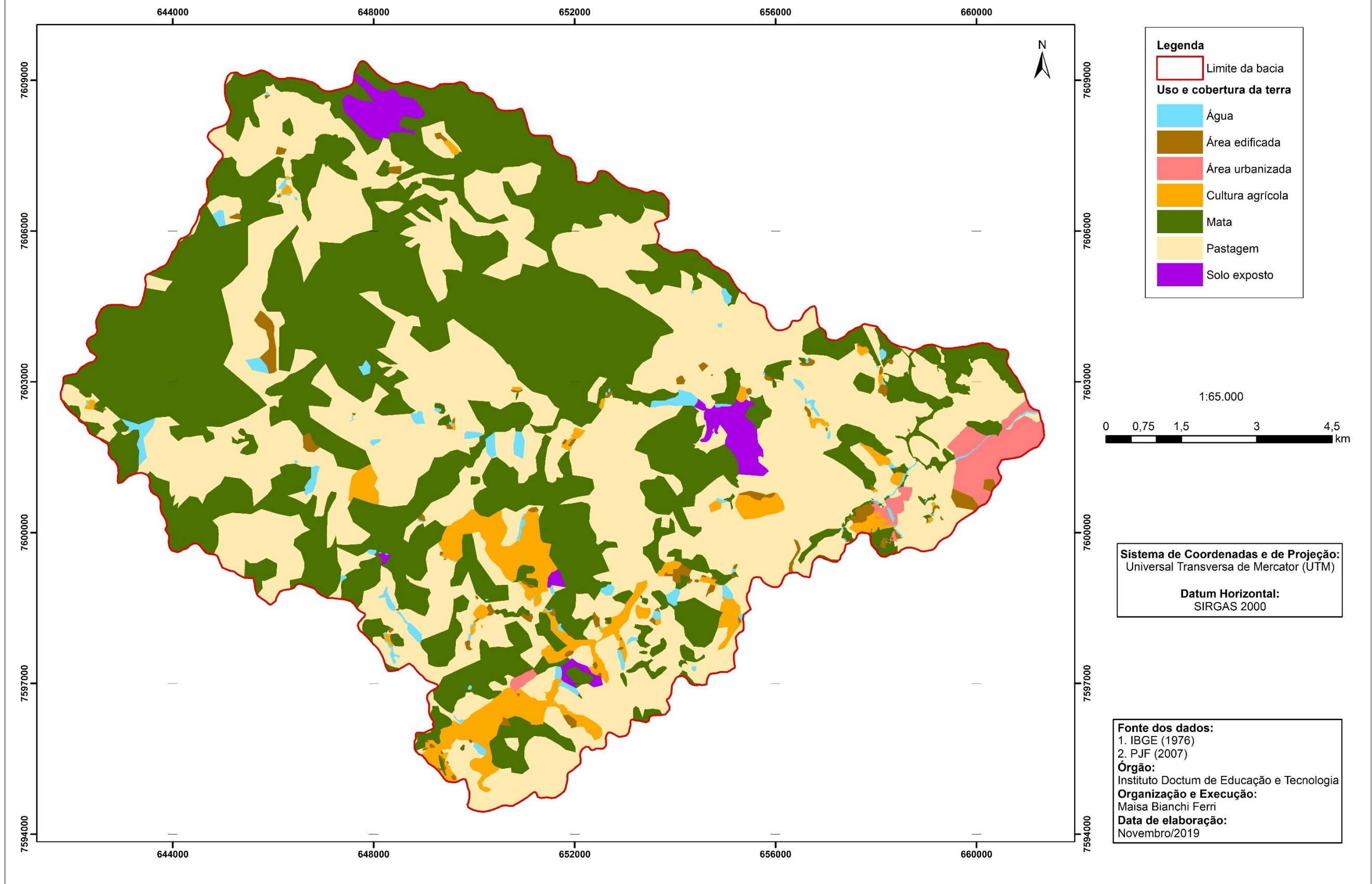
Basicamente a bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, é predominantemente rural, tendo uma área de pastagem bem extensa e muitas matas nativas em sua composição, como visto na tabela 1, onde mostra suas classes e a sua área específica na bacia hidrográfica.

Tabela 1 – Uso e cobertura da terra da BHRES: Classes e suas áreas em km<sup>2</sup>.

<b>CLASSES</b>	<b>ÁREA km<sup>2</sup></b>	<b>% da ÁREA</b>
Mata	69,910	44,55
Pastagem	71,812	45,76
Área Urbanizada	2,343	1,49
Água	2,062	1,31
Cultura agrícola	6,732	4,29
Área edificada	1,697	1,08
Solo exposto	2,382	1,52
<b>Área Total da Bacia Hidrográfica</b>	<b>156,938 km<sup>2</sup></b>	

Fonte dos dados: IBGE(1976) e PJJ (2007).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

Mapa 4 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo: uso e cobertura da terra





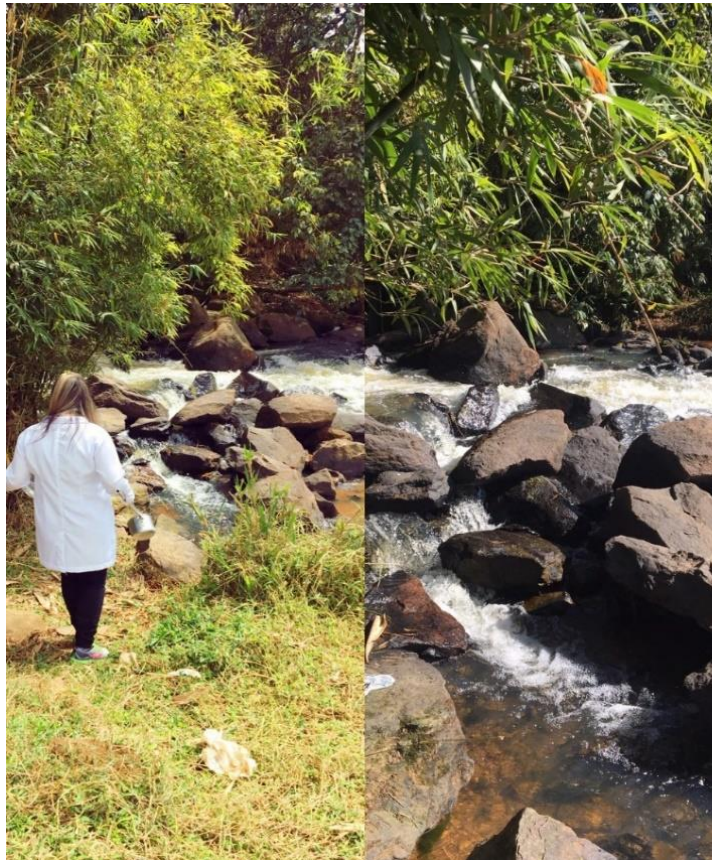
## 4.2. Caracterização dos pontos de coleta

A seguir será realizada a caracterização dos pontos onde foram realizadas as amostragens para a obtenção de dados referentes à qualidade da água do Ribeirão do Espírito Santo. O Mapa 2 apresenta a localização dos pontos de coleta.

### 4.2.1. Ponto 1

O primeiro ponto está localizado em área rural, sem atividades potencialmente poluidoras próximas, em um local mais afastado do centro urbano e de atividades industriais, com uma maior acessibilidade de acesso para realização das coletas. Foi escolhido estrategicamente por ser o mais próximo de sua nascente, como mostra figura 2. Este ponto se localiza em um trecho enquadrado na classe 1 conforme a Deliberação Normativa do COPAM n.º16 de 24 de setembro de 1996, definido pelas coordenadas  $21^{\circ} 41' 7''$  S de latitude sul e  $43^{\circ} 28' 0''$  W de longitude oeste, com altitude de 688 m, como mostra o apêndice A.

Figura 2 – Ponto de coleta 1.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 23/08/2019.

#### 4.2.2. Ponto 2

O segundo localiza-se à jusante da captação da CESAMA. Houve a acessibilidade ao ponto de coleta através de autorização pelos seguranças locais. O local é limpo, sem interferências significativas, e ainda com características predominantemente rurais, com apenas uma indústria próxima, como mostra figura 3. Este ponto se localiza em um trecho do ribeirão enquadrado na classe 2, conforme a Deliberação Normativa do COPAM n.º16 de 24 de setembro de 1996, definido pelas coordenadas 21 ° 40' 58" S de latitude sul e 43 ° 27' 23" W de longitude oeste, com altitude de 684 m, como mostra a planilha de coletas do apêndice A.

Figura 3 – Ponto de coleta 2.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 17/06/2019.

### 4.2.3. Ponto 3

O terceiro ponto de coleta localiza-se próximo ao Distrito Industrial, em uma área em que verificou o lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. O ponto encontra-se abaixo do viaduto que liga o Distrito Industrial e a BR-040, em uma área urbanizada, conforme mostra a figura 4.

A acessibilidade a este ponto para a coleta das amostras foi possível somente em duas campanhas. Próximo ao local havia várias interferências, tais como lixos, entulhos, velas e vidros quebrados, que estavam ao entorno do curso d'água e mesmo em seu leito. Este ponto se localiza em um trecho enquadrado na classe 2, conforme a Deliberação Normativa do COPAM n.º16 de 24 de setembro de 1996, definido pelas coordenadas 21 ° 40' 41" S de latitude sul e 43 °26' 57" W de longitude oeste, com altitude de 673 m, como mostra apêndice A.

Figura 4 – Ponto de Coleta 3.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 17/06/2019.

#### 4.2.4. Ponto 4

A coleta de amostras no Ponto 4 foi realizada apenas na segunda campanha, pois não foi possível o acesso ao segundo ponto nesta ocasião. Assim, o Ponto 4 localiza-se a aproximadamente 150 m à montante do Ponto 2, em uma área predominantemente rural, onde se teve o acesso ao curso d'água, como mostra figura 5. Neste ponto havia uma pastagem para gado bem próximo, além da presença de lixo em seu entorno. O ponto se localiza em um trecho do ribeirão enquadrado na classe 1, à montante da captação da ETA, conforme a Deliberação Normativa do COPAM n.º16 de 24 de setembro de 1996, definido pelas coordenadas  $21^{\circ} 41' 1''$  S de latitude sul e  $43^{\circ} 27' 32''$  W de longitude oeste, com altitude de 685 m, como mostra a planilha de coletas do apêndice A.

Figura 5 – Ponto de coleta 4.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 23/08/2019.

#### 4.2.5. Ponto 5

A coleta de amostras no Ponto 5 também foi realizada apenas na segunda campanha, em decorrência da impossibilidade de acesso ao Ponto 3. Este ponto localiza-se a aproximadamente 50 m à montante do Ponto 3, em área urbanizada e um cujo entorno verificou-se a presença de lixo doméstico, entulhos e descartes de eletrodomésticos e de móveis, como mostra a figura 6. O ponto localiza-se em um trecho enquadrado na classe 2, definido pelas coordenadas  $21^{\circ} 40' 43''$  S de latitude sul e  $43^{\circ} 27' 2''$  W de longitude oeste, com altitude de 676 m, como mostra a planilha de coletas do apêndice A.

Figura 6 – Ponto de coleta 5.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 23/08/2019.

### 4.3. Realização das campanhas de coleta de amostras

Os pontos de amostragem foram definidos de acordo com a acessibilidade dos locais de coleta, em locais estratégicos situados ao longo do curso d'água. As coletas foram realizadas em junho, agosto e setembro do ano de 2019. Foram realizadas três campanhas de coletas. Na campanha 1 e na campanha 3 os pontos coletados foram os mesmos. Na realização da campanha 2 apenas o ponto 1 foi o mesmo da campanha anterior; assim, houve a realização da coleta em dois pontos distintos, o ponto 4 e o ponto 5, por motivos de dificuldade de acesso aos pontos inicialmente definidos (pontos 2 e 3). Contudo, conforme se verifica pela análise da planilha de dados das coletas (Apêndice A), os pontos 4 e 5 apresentam características bastante semelhantes aos pontos 2 e 3, respectivamente.

A realização das coletas foi feita pela autora do trabalho de acordo com as especificações e os procedimentos estabelecidos pela NBR ABNT ISO/IEC – 17025:2017 e pela norma NBR 9898 e 9798 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpo receptor.

As análises das amostras coletadas também foram realizadas pela autora no Laboratório Ecoanálises Ltda., para a maioria dos parâmetros analisados. As análises referentes aos parâmetros fósforo, nitrato e coliformes termotolerantes foram realizadas pelo Laboratório Engequisa Ltda., pois o Laboratório Ecoanálises não é acreditado pela RMMG na ISO/IEC ISO/IEC –17025:2017 para a realização de análise dos três parâmetros mencionados.

As coordenadas e as altitudes dos pontos de coleta de amostras foram determinadas com o aplicativo Altímetro.

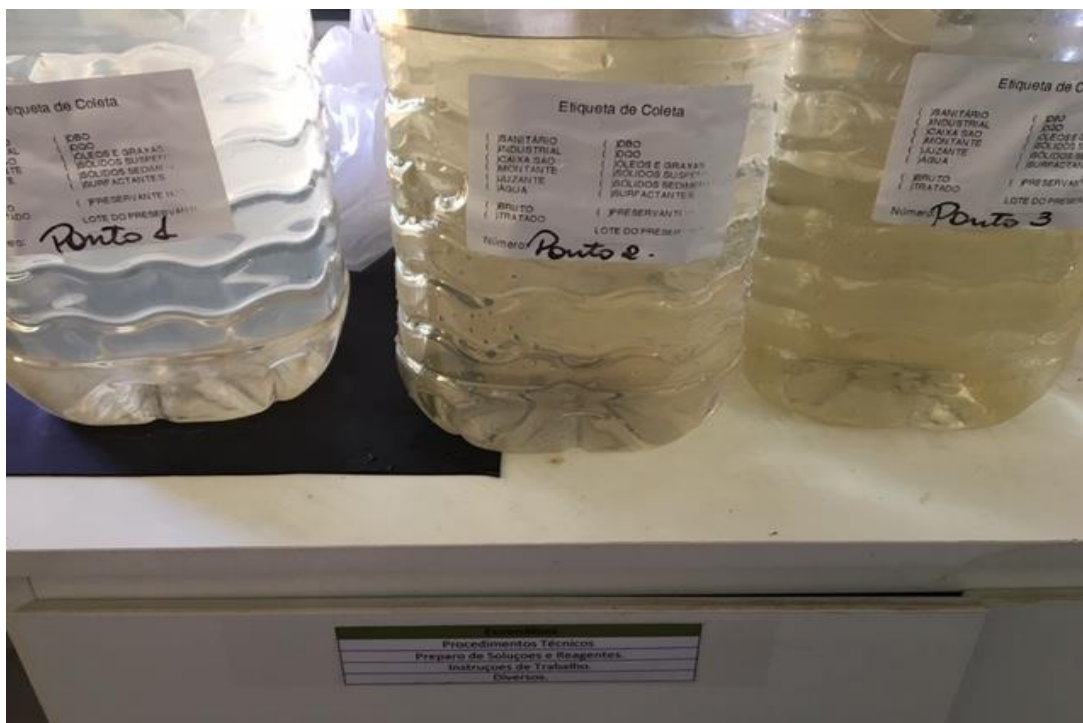
Quadro 7 - Cronograma e datas das campanhas de coletas realizadas.

<b>Mês da campanha</b>	<b>Data de realização</b>	<b>Pontos de amostragem</b>
Junho	17/06/2019	1, 2, 3
Agosto	23/08/2019	1, 4, 5
Setembro	10/09/2019	1, 2, 3

Fonte: Elaboração Autora - Maisa Bianchi Ferri.

A seguir as figuras 7, 8 e 9 mostram as amostras coletadas em cada campanha.

Figura 7 – Campanha nº 01 realizada dia 17/06/2019.



Fonte: Arquivo pessoal autora, 17/06/2019.

Figura 8 - Campanha nº 02 realizada dia 23/08/2019



Fonte: Arquivo pessoal autora, 23/08/2019.

Figura 9 - Campanha nº 03 realizada em 10/09/2019



Fonte: Arquivo pessoal autora, 10/09/2019.

#### 4.4. Análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados e cálculo do IQA

Os parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água são: pH, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, sólidos totais, turbidez, nitrogênio, oxigênio dissolvido (OD) e Fósforo. Além disso, foram analisados três parâmetros que não integram o cálculo do índice: demanda química de oxigênio (DQO), condutividade e salinidade.

As análises de pH, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido foram analisadas *in loco*, durante a realização das coletas, com equipamentos calibrados RBC, de acordo com os procedimentos estabelecidos *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017). Os procedimentos foram disponibilizados pelo Laboratório Ecoanálises Ltda., que dispõe de reconhecimento de competência da Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG), segundo as especificações da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025/2017.



Os dados obtidos diretamente em campo e por meio das análises laboratoriais foram computados em gráficos e relatórios, gerados após finalização de cada batelada de amostragem, com as devidas formulações e os limites definidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 e pela Resolução CONAMA 274/2000 n.º (coliformes termotolerantes).

O cálculo do IQA de cada campanha e para cada ponto foi realizada por meio do Portal InfoHidro, que é uma plataforma do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). O portal disponibiliza a calculadora de IQA.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

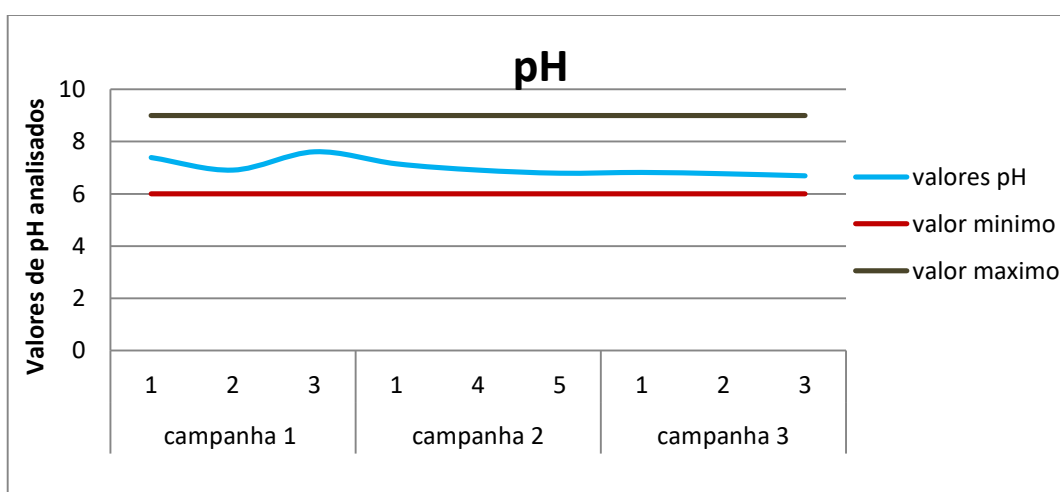
### 5.1. Análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados

Este item apresenta a análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados de qualidade da água do Ribeirão do Espírito Santo, levando-se em conta, conforme estabelecido pela Deliberação Normativa do COPAM n.º 16, de 24 de setembro de 1996, o enquadramento de suas águas na Classe 1, de suas nascentes até o ponto de captação da CESAMA, na classe 1, e deste ponto até o seu exutório, onde deságua no Rio Paraibuna, na classe 2.

#### 5.1.1. pH

A concentração média de pH encontrada nas coletas ficou entre 6,5 e 7,6, adequando-se, portanto, aos limites legais definidos para a classe 1 e a classe 2, conforme mostra o gráfico 1, nas três campanhas. O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas (BRASIL/ANA, 2013). Valores inferiores a 6 caracterizam um pH ácido e valores superiores a 8 caracterizam um pH alcalino. Alterações no valor deste parâmetro podem intensificar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados, provocando a morte aquática dos organismos necessários ao curso d'água.

Gráfico 1 - Valores de pH nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

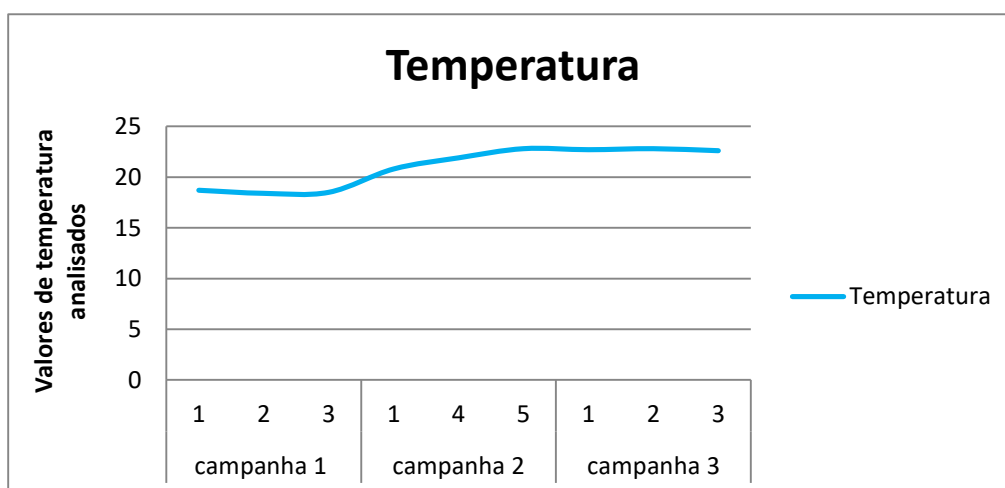
### 5.1.2. Temperatura

A resolução CONAMA 357/2005 não estabelece um valor limite de temperatura para águas doces. Nas campanhas realizadas não houve uma variação anormal, a temperatura se manteve entre 18 °C à 22°C.

A elevação da temperatura em um corpo d'água, geralmente é provocada por despejos industriais.

Os resultados obtidos nas campanhas de coleta, comprovam que não houve uma significativa variação na temperatura, indicando assim que não ocorreu contaminação ambiental térmica. No gráfico 2 estão os resultados obtidos nas análises de temperatura.

Gráfico 2 - Valores de temperatura nos pontos analisados.



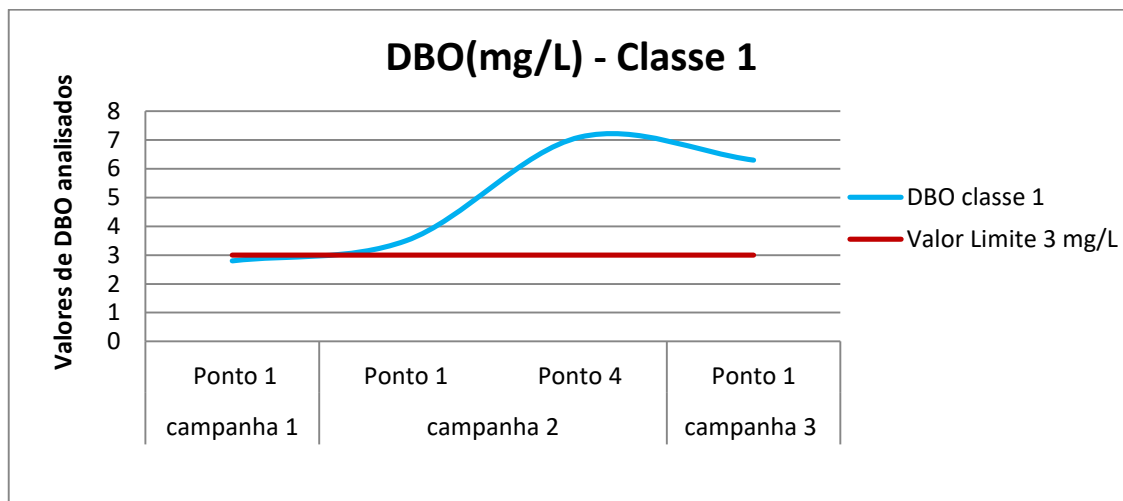
Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO apresentou algumas oscilações durante os pontos coletados em todas as campanhas. Para os trechos enquadrados em classe 1, na campanha 2 nos pontos analisados 1 e 4, na campanha 3, no ponto analisado 1, os valores ultrapassaram o limite estabelecido que seria 3 mg/L, como mostra gráfico 3, e também no apêndice B com resultados das análises.

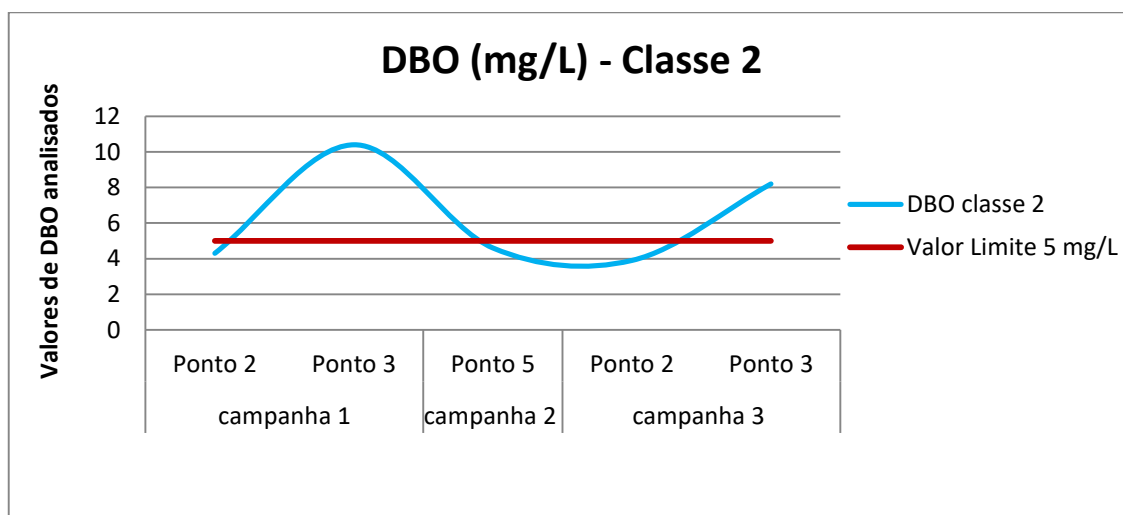
Já para os trechos enquadrados em classe 2, na campanha 1 no ponto analisado 3, e também na campanha 3, no ponto analisado 3, os valores ultrapassaram o limite estabelecido que seria 5 mg/L como mostra gráfico 4.

Gráfico 3 - Valores de DBO para classe 1 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

Gráfico 4 - Valores de DBO para classe 2 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

#### 5.1.4. Sólidos Totais

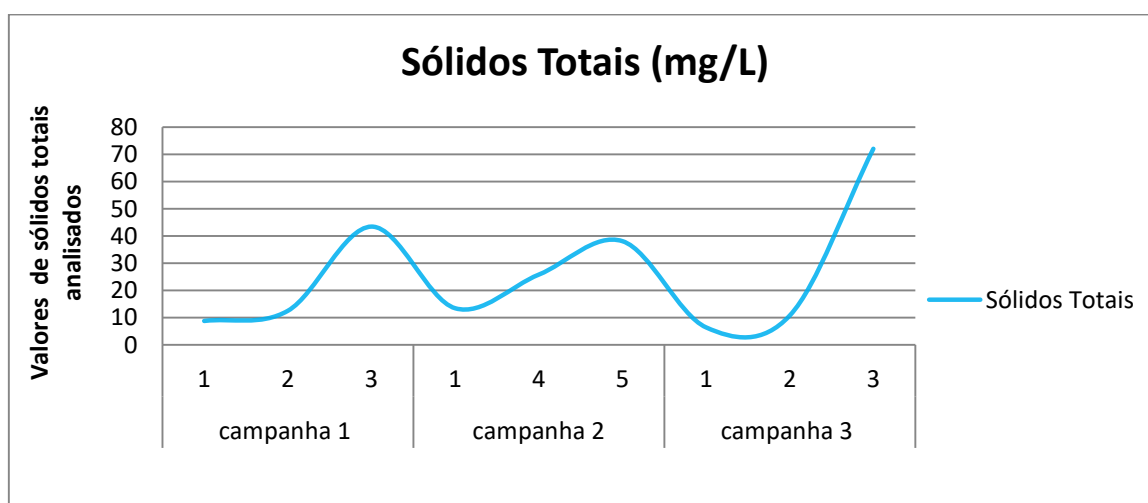
O parâmetro sólidos totais não tem limites estabelecidos pela resolução CONAMA n.º 357/2005, e a sua presença, como já expresso anteriormente neste trabalho, está diretamente ligada ao parâmetro de turbidez.

Existe uma vegetação de matas ciliares, ao entorno do curso d'água principal do Ribeirão do Espírito Santo, sendo de grande relevância para que os resíduos sólidos não sejam levados, diretamente para o dentro do curso d'água.

Nos resultados de sólidos houve valores altos na campanha 1, no ponto analisado 3, na campanha 2, no ponto analisado 5, e na campanha 3 ponto analisado 3, como mostra o gráfico 5.

Os valores analisados altos nesses pontos, mostram a influência de uma área urbanizada e com lançamentos de efluentes industriais, esgoto domésticos, e também resíduos sólidos, depositados de forma irregular ao entorno do curso d'água.

Gráfico 5 - Valores de Sólidos Totais nos pontos analisados.

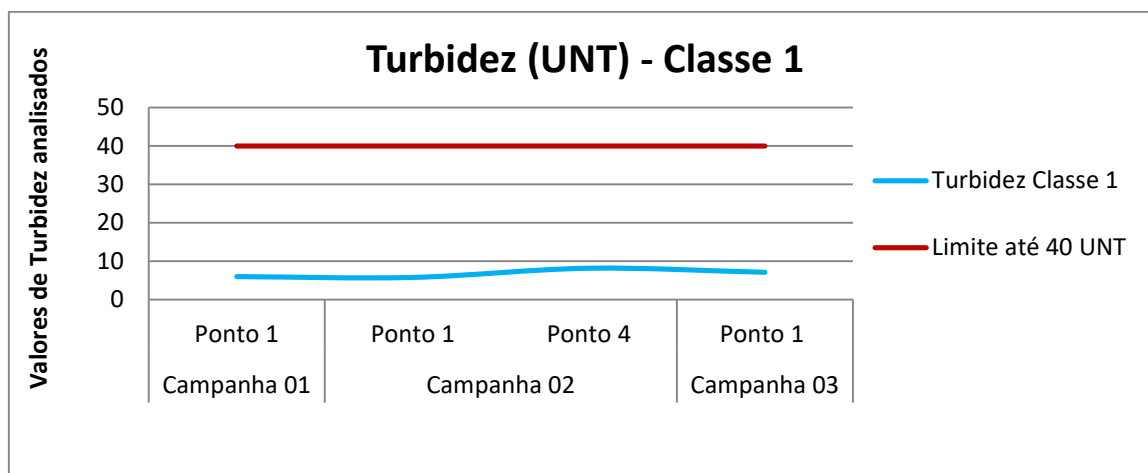


Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

#### 5.1.5. Turbidez

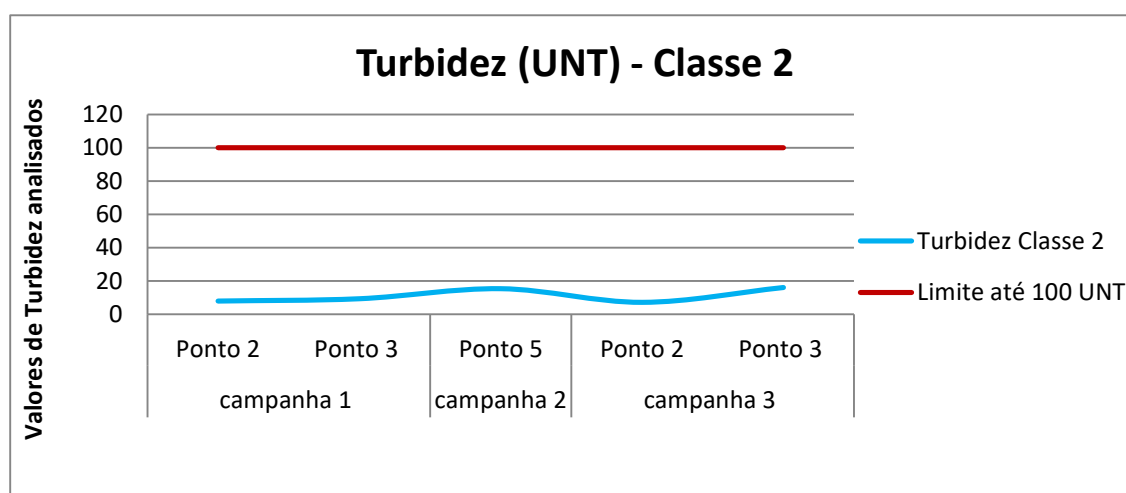
Pode-se observar no gráfico 6 e gráfico 7 que os pontos coletados não excederam o limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, que é de até 40 UNT para a classe 1, e de até 100 UNT para a classe 2.

Gráfico 6 - Valores de Turbidez para classe 1 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

Gráfico 7 - Valores de Turbidez para classe 2 nos pontos analisados.

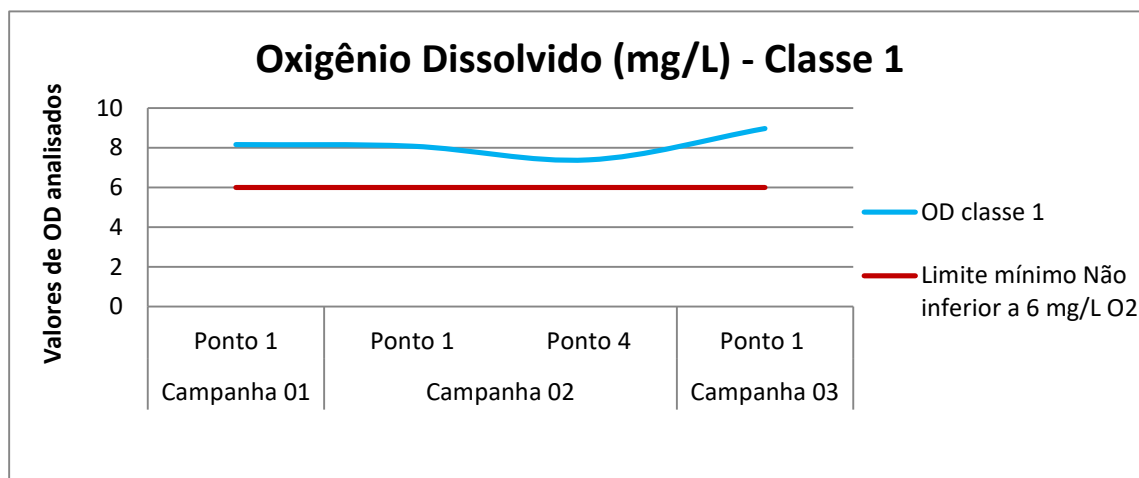


Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.6. Oxigênio Dissolvido

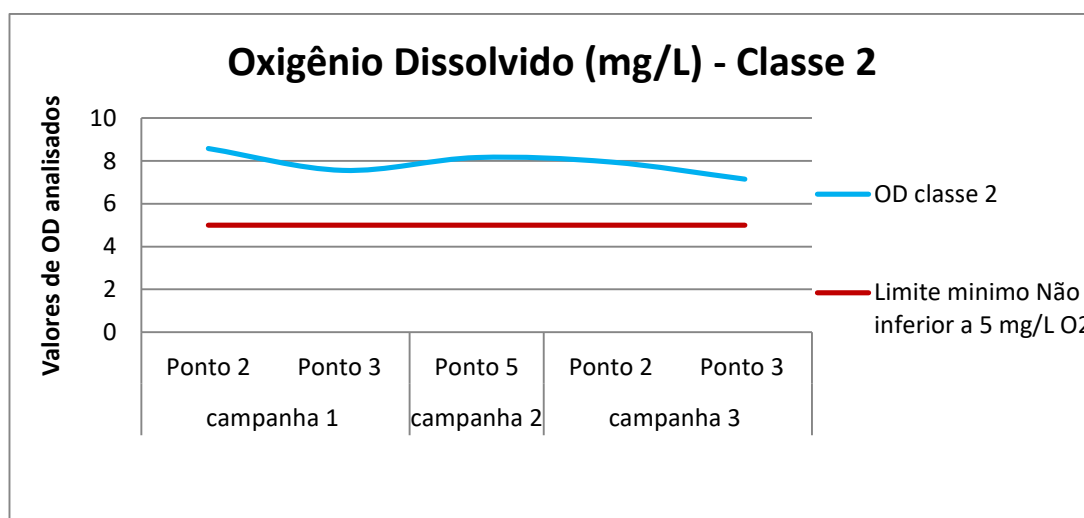
A Resolução CONAMA n.º 357/2005 dispõe para classe 1, um limite de concentração de oxigênio dissolvido não inferior a 6 mg/L e para classe 2 um limite de concentração de oxigênio dissolvido não inferior a 5 mg/L de OD. Os resultados de OD em classe 1 e classe 2 em todos os pontos coletados, estiveram acima de 7 mg/L, como mostra os gráficos 8 e 9.

Gráfico 8 - Valores de oxigênio dissolvidos para classe 1 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

Gráfico 9 - Valores de oxigênio dissolvidos para classe 2 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.7. Coliformes Termotolerantes

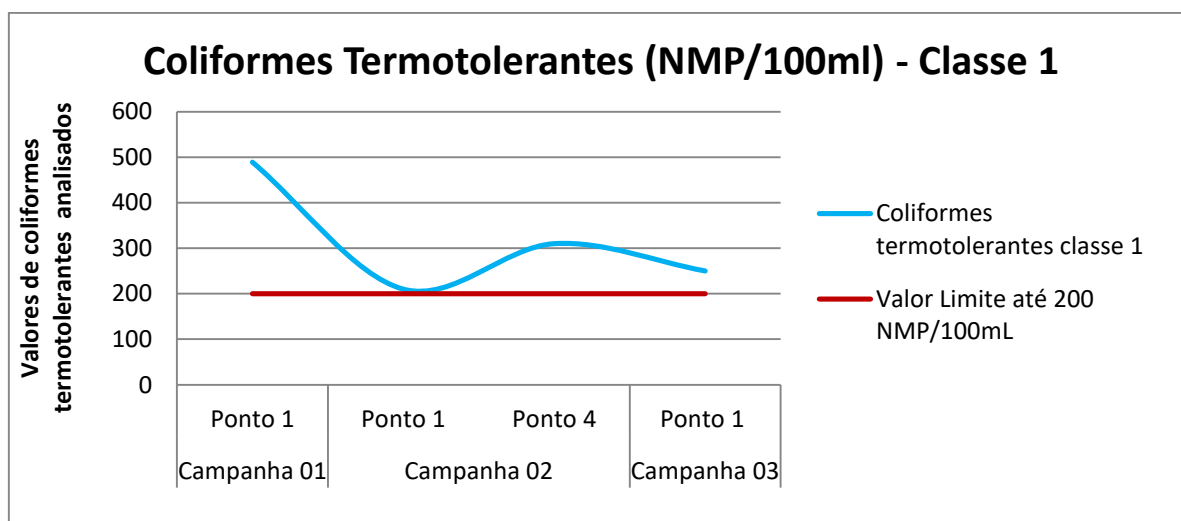
Conforme o enquadramento, para classe 1 na resolução CONAMA 357/2005, o limite para coliformes termotolerante é  $\leq 200$  NMP/100 mL e para classe 2 o limite é de  $\leq 1.000$  NMP/100 mL.

Os valores analisados para classe 1 nas campanhas 1, 2 e 3, ficaram acima do limite estabelecido pela norma, como mostra o gráfico 10.

Nos pontos de coleta, situados em trechos do curso d'água enquadrados em classe 1, estão localizados em áreas predominantemente rurais, e existem algumas contaminações antrópicas, por ser uma área onde se tem pastagem de gado local, e os dejetos das fezes do gado são levadas pela chuva até o curso d'água, tem se também algumas casas próximas, lançando seu esgoto doméstico no mesmo, entre outras atividades que contribuem para esta contaminação.

Já para classe 2 o limite de coliformes termotolerantes, ultrapassou o limite estabelecido apenas na campanha 2 no ponto analisado 5, como mostra gráfico 11, sendo assim é exatamente neste ponto onde havia o maior acúmulo de resíduos sólidos, e onde já se recebe também esgotos domésticos e efluentes industriais.

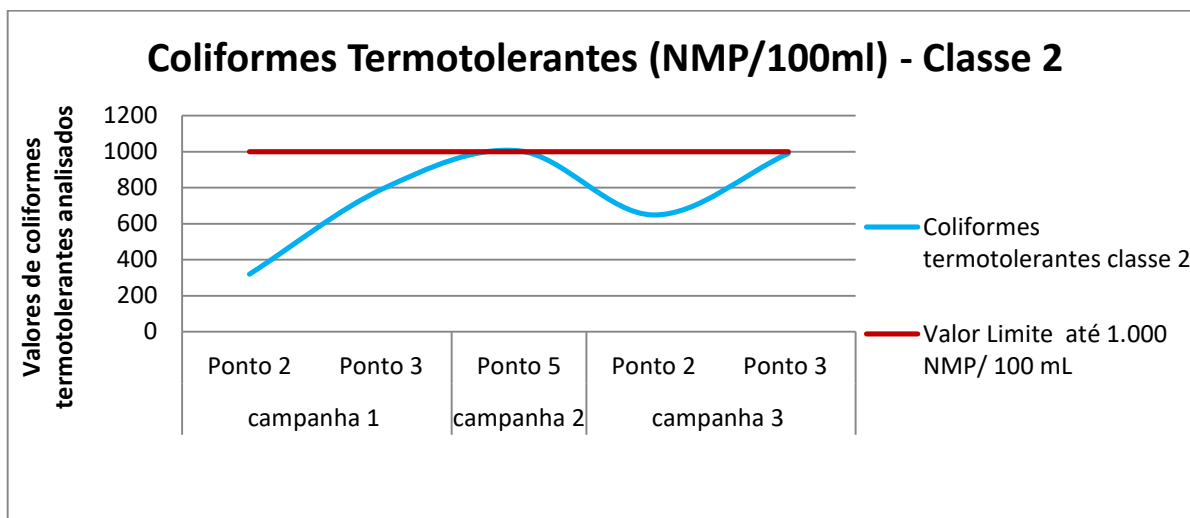
Gráfico 10 - Valores de Coliformes termotolerantes para classe 1 nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.



Gráfico 11 - Valores de Coliformes termotolerantes para classe 2 nos pontos analisados.



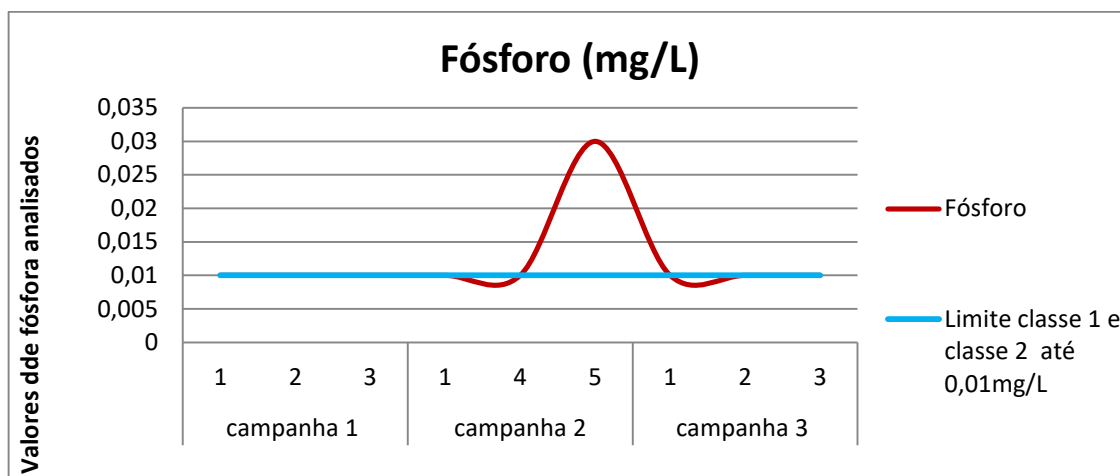
### 5.1.8. Fósforo

Para o parâmetro fósforo em ambientes lóticos o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para classe 1 e classe 2 é até 0,01 mg/L.

Após resultados de análises, apenas na campanha - 2 no ponto 5 o valor estabelecido ultrapassou os limites, como mostra o gráfico 12.

Neste ponto existem duas formas de poluição, que auxiliam na alteração do parâmetro, uma delas é o depósito incorreto de resíduos sólidos ao entorno, e a segunda é o lançamento de esgoto, presente neste local.

Gráfico 12 - Valores de fósforo nos pontos analisados.

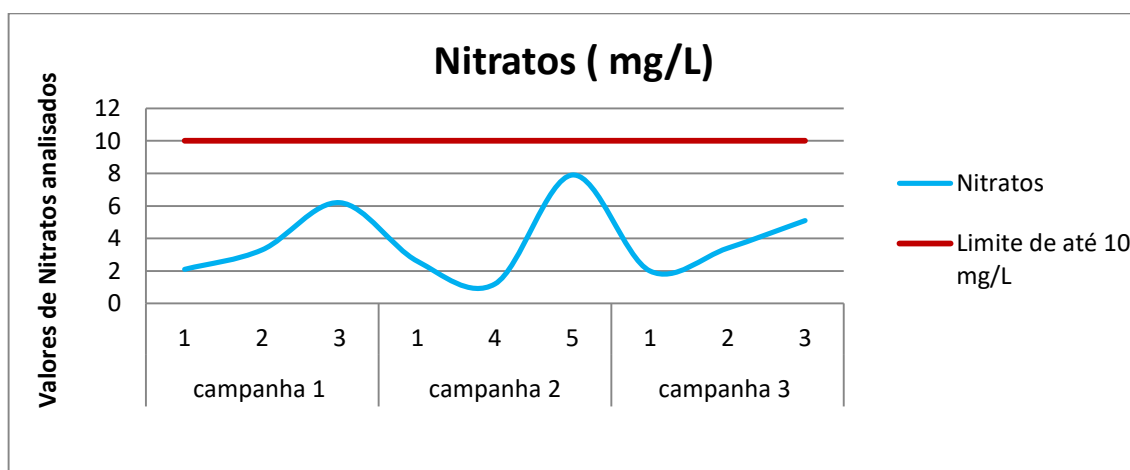


Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.9. Nitratos

Este parâmetro se manteve dentro do limite estabelecido na Resolução n.º CONAMA 357/2005, para a classe 1 e a classe 2 em até 10 mg/L como observado no gráfico 13.

Gráfico 13 - Valores de Nitrato nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

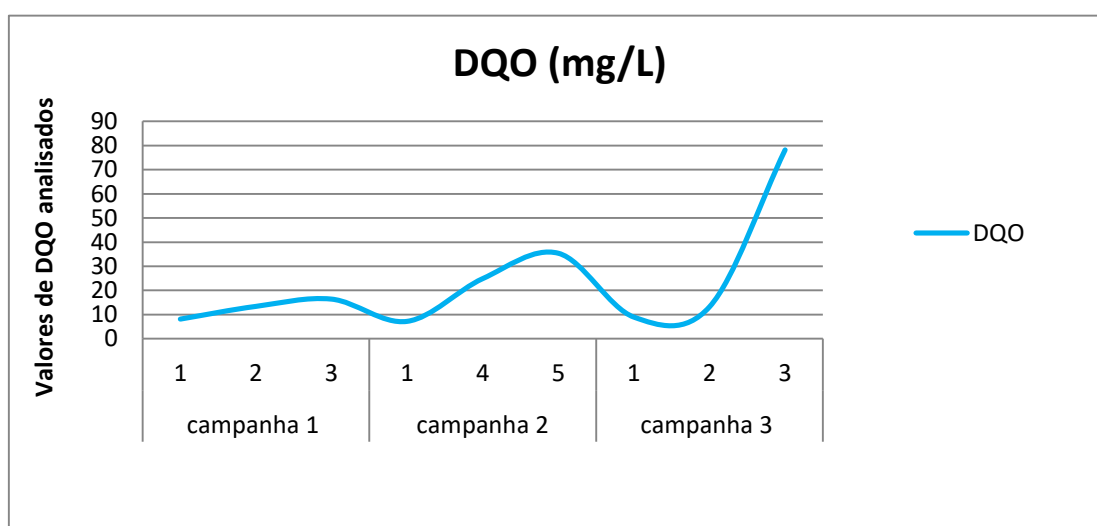
### 5.1.10. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi analisado, para posteriormente análise de DBO.

Sendo este parâmetro de grande importância, mesmo não se estabelecendo no cálculo do IQA a obrigatoriedade de o mesmo ser analisado.

Na resolução CONAMA 357/2005, não constam limites pré definidos para o parâmetro DQO, para cursos d'água. Os resultados das análises de DQO constam no gráfico 14.

Gráfico 14 - Valores de DQO nos pontos analisados.

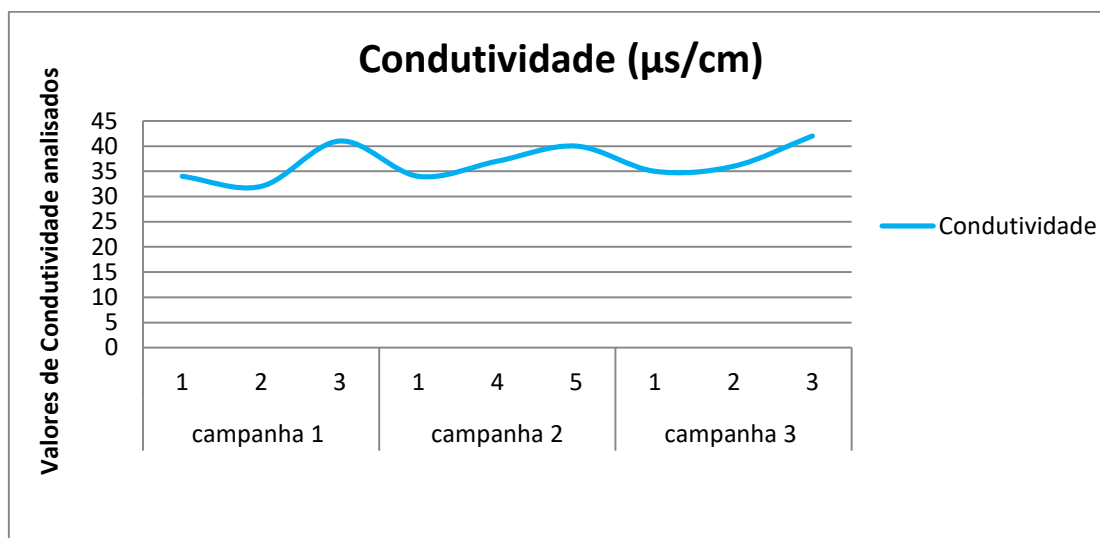


Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.11. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica também é um parâmetro que não é estabelecido como obrigatório no cálculo do IQA, sendo este analisado no presente trabalho, para determinação da concentração total de sais dissolvidos (íons) presentes nas amostras coletadas. Este parâmetro não tem indicativo de limite na resolução CONAMA 357/2005. Assim os resultados obtidos constam no gráfico 15.

Gráfico 15 – Valores de Condutividade nos pontos analisados.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

### 5.1.12 Salinidade

A salinidade é a medida sais (íons) presentes na água.

É um parâmetro que deve ser analisado, mesmo não se enquadrando na obrigatoriedade do IQA, pois através deste parâmetro pode ser feita a classificação quanto ao tipo de água, se água doce, salobra ou salina.

Após realização das análises, se obteve em todas as amostras coletadas, um valor inferior a 0,5‰ (0,5 partes por mil, ou seja, em 1000 gramas, de amostra encontramos menos de 0,5 gramas de sais dissolvidos). Classificando assim, o Ribeirão do Espírito Santo como água doce classe 1 e classe 2.

## 5.2. Cálculo e avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA)

Após as análises de todos os parâmetros, os resultados encontrados foram inseridos no site Portal InfoHidro – Informações sobre Recursos Hídricos, do IGAM, disponibilizado no seguinte endereço eletrônico: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>. Na aba de monitoramento de qualidade da água, encontra-se a Calculadora de IQA, como mostram as figuras 10 e 11.

Figura 10 – Página inicial InfoHidro, monitoramento da qualidade das águas.

**Portal InfoHidro**  
Informações sobre Recursos Hídricos

Página Inicial | Repositório Institucional | Legislação Ambiental | Unidades de Planejamento | Notícias | Transparência | Fale Conosco

**Menu**

- Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos
- Cobrança Pelo Uso dos Recursos Hídricos
- Comitês de Bacia
- Infraestrutura Hídrica
- Monitoramento Hidrometeorológico
- Monitoramento de Qualidade das Águas

**Monitoramento de Qualidade das Águas**

- **Água Subterrânea**
  - Apresentação
- **Água Superficial**
  - Apresentação
  - Indicadores de Qualidade
    - + Índice de Qualidade Das Águas - IQA
      - Calculadora de IQA
    - + Contaminação por Tóxicos – CT
    - + Ensaios Ecotoxicológicos

Fonte: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>.

Figura 11 – Calculadora IQA.

**Calculadora de IQA**

**Parâmetros de Entrada**

Oxigênio Dissolvido (mg/L)

Temperatura da Água (°C)

Altitude (m)

Cloro Total (mg/L)

Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

pH

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

Nitrato (mg/L)

Fósforo total (mg/L)

Turbidez (NTU)

Sólidos Totais (mg/L)

**Resultado do cálculo do IQA**

IQA - Oxigênio Dissolvido (mg/L)

IQA - Temperatura da Água (°C)

IQA - Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

IQA - pH

IQA - Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

IQA - Nitrato (mg/L)

IQA - Fósforo Total (mg/L)

IQA - Turbidez (NTU)

IQA - Sólidos Totais (mg/L)

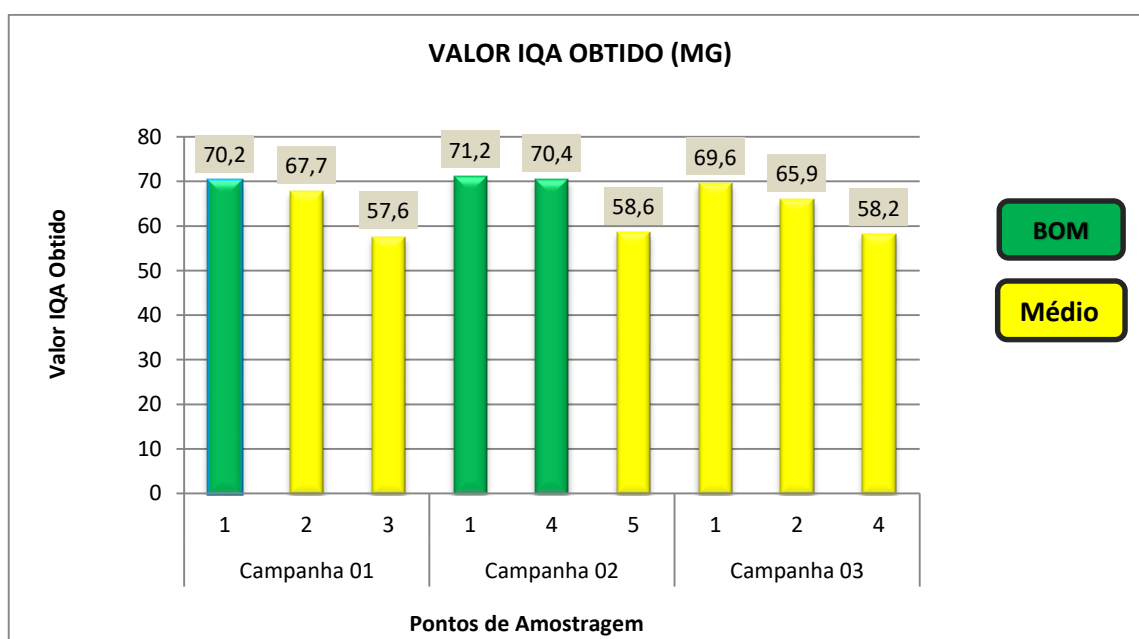
**IQA Final**

Fonte: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa>.

Após acesso a calculadora do IQA do portal InfoHidro, iniciou se a inserção de cada parâmetro para obter o Índice de Qualidade das águas para cada um dos pontos estudados. O sistema utiliza a mesma base de fórmulas e equações expostas na revisão bibliográfica deste trabalho; assim, a base de dados se torna mais confiável para a utilização.

A calculadora de IQA calcula os índices para cada um dos parâmetros e, por fim, nos apresenta o IQA final relativo ao ponto considerado, tal como apresentado no apêndice C deste trabalho. No gráfico 16 é apresentado os valores de IQA do Ribeirão do Espírito Santo nos pontos selecionados e amostrados nas três campanhas de monitoramento realizadas.

Gráfico 16 – Valor do IQA obtido nos pontos de coleta.



Fonte dos dados: Ecoanálises Ltda (2019).  
Organização e execução: Maisa Bianchi Ferri.

Observando os valores de IQA obtidos, verifica-se que este foi enquadrado como “bom” em um ponto na campanha 1 (ponto 1) e em dois pontos na campanha 2 (pontos 1 e 4). Em todos os outros casos o IQA foi enquadrado como “médio”. Na terceira campanha não houve ponto cujo IQA tenha sido enquadrado como “bom”. Na campanha 1, o ponto coletado 1 expressou um IQA “bom”, estando localizado em um trecho do curso d’água enquadrado na classe 1, mostrando que se mantém uma qualidade da água compatível com a classe de enquadramento. Na campanha 2 os

pontos de coleta 1 e 4 também expressaram uma boa qualidade da água, considerada compatível com a classe de enquadramento do trecho em que estão localizados, qual seja a classe 1. Os pontos 3 e 5 merecem uma atenção especial, haja vista o acúmulo de lixo em seu entorno, verificado na ocasião das coletas, além da presença de matéria orgânica decorrente do lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais.

O que auxilia na retenção de alguns sólidos é a mata ciliar ao entorno do curso d'água, tendo em vista, que a área do Ribeirão do Espírito Santo é predominantemente rural, um ponto positivo para que sua qualidade não seja deteriorada, e também necessita da conservação de suas matas ciliares para que permaneça com a qualidade boa, sabendo que precisamos desse Ribeirão para o próprio abastecimento público.

Sua localização é de grande relevância para sua qualidade, não sendo exposto na sua grande extensão em área totalmente urbanizada, tem como vantagem, muita vegetação ao seu entorno, e poucas moradias, isso auxilia numa boa qualidade também, mas em grande contrapartida o pouco de sua área que se estabelece em área urbanizada, a uma presença muito desordenada de poluição antrópica, que necessita de um controle e conscientização, como indústrias e moradores que contribuem com a má qualidade, como vistos nos pontos coletados em áreas mais urbanizadas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ribeirão do Espírito Santo é um manancial de abastecimento da cidade de Juiz de Fora desde 1970, responsável pelo abastecimento de cerca de 40% de sua população e com uma produção de água de aproximadamente 620 litros por segundo na ETA CDI, operada pela CESAMA. O tratamento aplicado é o convencional, haja visto o seu enquadramento na classe 2.

A BHRES está localizada predominantemente em área rural, tendo-se verificado uma melhor qualidade da água nos pontos de coleta localizados nessa porção da bacia. Já nos pontos localizados nas proximidades da porção urbanizada da bacia verificou-se uma qualidade da água inferior aos demais, o que se explica pelo lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais.

O monitoramento da qualidade da água por meio do IQA constitui um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, especialmente no caso dos mananciais destinados ao abastecimento público de água, como é o caso do Ribeirão do Espírito Santo. Levando-se em conta os cinco pontos selecionados e as três campanhas realizadas, a análise realizada neste trabalho, registrou para esse curso d'água um IQA enquadrado como "bom" em 30% das coletas analisadas, e um IQA enquadrado como "médio" em 60% das coletas analisadas.

Entre os parâmetros analisados, apenas a  $DBO_{5,20}$ , os coliformes termotolerantes e o fósforo apresentaram valores expressivamente superiores aos limites legais estabelecidos pela legislação vigente, qual seja a Resolução CONAMA n.º 357/2005. Esses resultados apontam para a existência de fontes de poluição que provocam impactos sobre a qualidade da água do Ribeirão do Espírito Santo, o que requer medidas de monitoramento e de controle visando à sua mitigação.

O monitoramento contínuo e sistemático deve ser implementado a fim de que se mantenha o atual nível de qualidade da água, ou até mesmo se alcance uma melhoria expressiva, especialmente nos pontos em que se obteve um IQA classificado como "médio". O monitoramento da qualidade da água constitui uma importante ferramenta de gestão, subsidiando a implementação de políticas públicas ou privadas de preservação e de recuperação dos recursos hídricos. Deve ser conjugado, para uma maior efetividade, com projetos de educação ambiental que contemplem a população residente em toda a bacia hidrográfica do manancial.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA;AWWA;WEF (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23<sup>o</sup> ed. Washington: APHA, 2017.

AMARO, C. A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2009.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 abril. 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas (IQA)**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 18 abril 2019.

BARROS, J. C.; BARRETO, F. M. S.; LIMA, M. V. **Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP)**. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palma/Tocantins, 2012.

BENEDET, A. V. QUALIDADE DA ÁGUA EM ESCOLAS DE IÇARA SC. 2008. 65 f. TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em:<<http://www.ens.ufsc.br/principal/pdfs/5de60fb82772a3a0cd6be6661abdf7194a56ce58.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.**BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 18 abril. 2019.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. Lei 9433, de 08 de Janeiro de 1997. **Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/legislacao-sobre-escassez-hidrica/uniao/lei-no-9433-1997-pnrh/view>>. Acesso em 18 abril 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1<sup>o</sup> da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial.

BRAGA, B; HESPANHOL, B.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BUZELLI, G.M. & CUNHA-SANTINO, M.B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reser CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment. Water Quality Index: Technical Report. In: Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 2001a. Disponível em: <[http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Technical%20Report%20\(en\).pdf](http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Technical%20Report%20(en).pdf)>. Acesso em 02 abril 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **CETESB-50 ANOS**, São Paulo; CDU, pag 1-202, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Livro-CETESB-50-anos.pdf>>. Acesso em: 06 abril. 2019.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice D Índices de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 18 abril. 2019.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#dbo>>. Acesso em: 15 de abril 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices de Qualidade das Águas - Apêndice D, 2017**. Disponível em:<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 19 de abril. 2019.

CESAMA – COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL. **Mananciais – Ribeirão do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>>. Acesso em: 07 abril 2019.

COSTA, A.B.; POSSELT, E.L.; MENEZES, C.M.; LOBO, E. A. **Desenvolvimento e aplicação de índices de qualidade da água**. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, v. 24, n. 1, p.69-77, 2012.

CUNHA, D. G.F.; CALIJURI, M. C. **Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos** – 51 estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, p.337-346, 2010.

CUNHA, R. W.; GARCIA JÚNIOR, M. D. N.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 7, p.770-779, 2013.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. da SILVA. **Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia.** Revista Brasileira de Geociências, v.42, n.1, 2012, p.114-127.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.** Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. & SOARES, J.H.P. **Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 5, p.558-63, 2012.

HELLER, L. e PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2ª edição revista e atualizada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Canais – Cidades** - MG – Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313670&search=munasgerais|juiz-de-fora>>. Acesso em 31 março. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: Nov. 2010 Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php>>. Acesso em 3 maio 2019.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. IQA- **Índice de Qualidade das Águas.** Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>>. Acesso em 08 abril. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 2 maio. 2019

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em 10 agosto.2019.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 16, de 24 de setembro de 1996. **Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna.** Minas Gerais, 1996. Disponível em:<

[https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/semaur/meio\\_ambiente/legislacao/arquivos/dn\\_16\\_1996.pdf](https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/semaur/meio_ambiente/legislacao/arquivos/dn_16_1996.pdf)>. Acesso em: 10 agosto.2019.

ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. **Avaliação dos efeitos das atividades antropópicas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Córrego de Ipê** – SP. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.18, n.3, 2013, p.97-108.

PINTO, V. G.; LIMA, R. N.; RIBEIRO, C. B. M.; MACHADO, P. O. (2014). Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. Rev. Ambiente. Água [online], vol.9, n.4, pp.632-646. ISSN 1980-993X.

PEREIRA, R.S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH- UFRGS. V.1, n.1. p. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://WWW.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 21 abril. 2019.

SAAD, A. R.; SEMENSATTO JR, D. L.; AYRES, F. M.; OLIVEIRA, P. E. **Índice de Qualidade da Água – IQA do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006**. Revista UnG – Geociências, v.6, n.1, p.118-133, 2007.

SILVA, G. L.; AURELIANO, J. T.; LUCENA, S. V. de O. **Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v.9, n.1, 2012, p.17-24.

SILVA. I. R.; BROVINI. E.M; PEREIRA. R. **O.Monitoramento de trechos susceptíveis à degradação da qualidade da água no ribeirão espírito santo – Juiz de Fora, ao longo de quatro anos**. Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Juiz de Fora/MG 2017.

SILVA I. R; **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas da bacia do ribeirão espírito santo, Juiz De Fora – MG**. Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Juiz de Fora/MG 2018. Disponível em:<<http://www.ufjf.br/srhps/files/2018/09/C5003.pdf>>. Acesso em: 10 maio. 2019.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P.S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L.C. **Avaliação espacial e temporal da qualidade de água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil**. Revista Ambiente e Água, v.6, n.1, 2011, p. 118-130.

VIANA, L. G.; DIAS, D. F. dos S.; OLIVEIRA, V. de P. S.; OLIVEIRA, M. M. **Qualidade das águas da Lagoa do Taí, em São João da Barra, RJ**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v.7, n.1, 2013, p.139-151.

TURETTA, A. P. D. **Mudança de uso da terra em bacias hidrográficas.** Documentos 139. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2011.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Planilha de dados das coletas realizadas**

<b>DADOS DAS COLETAS REALIZADAS</b>						
<b>DATAS DAS COLETAS:</b>	<b>PONTOS COLETADOS:</b>	<b>HORA:</b>	<b>COORDENADAS:</b>	<b>ALTITUDE:</b>	<b>CONDIÇÕES DO TEMPO:</b>	<b>ALGO INTERFERENTE</b>
<b>17/06/2019</b>	<b>Ponto 01</b> - Estrada para Dias Tavares – 850 m a Montante da ETA da CESAMA.	08:59	21 ° 41' 7" S / 43 ° 28' 0" W	688 m	Ensolarado	Alguns lixos ao entorno
	<b>Ponto 02</b> - Próximo a ETA da CESAMA , à 200 m Jusante	09:25	21 ° 40' 58" S / 43 ° 27' 23" W	684 m	Ensolarado	Não
	<b>Ponto 03</b> - Abaixo do viaduto que liga ao Distrito Industrial e BR 040, a jusante da ETA.	10:45	21 ° 40' 41" S / 43 ° 26' 57" W	673 m	Ensolarado	Há lançamentos de efluentes e esgoto neste ponto
<b>23/08/2019</b>	<b>Ponto 01</b> - Estrada para Dias Tavares – 850 m a Montante da ETA da CESAMA.	12:25	21 ° 41' 7" S / 43 ° 28' 0" W	688 m	Ensolarado	Alguns lixos ao entorno
	<b>Ponto 04</b> - Próximo a ETA da CESAMA, à 150 m Montante	12:50	21 ° 41' 1" S / 43 ° 27' 32" W	685 m	Ensolarado	Pastagem próxima, e descarga da água da termoeletrica
	<b>Ponto 05</b> - Próximo ao viaduto, 50 à Montante	13:42	21 ° 40' 43" S / 43 ° 27' 2" W	676 m	Ensolarado	Há lançamentos de efluentes e esgoto neste ponto, e muitos lixos jogados, entulhos.
<b>10/09/2019</b>	<b>Ponto 01</b> - Estrada para Dias Tavares – 850 m a Montante da ETA da CESAMA.	15:00	21 ° 41' 7" S / 43 ° 28' 0" W	688 m	Ensolarado	Empresas próximas e gado próximo ao local
	<b>Ponto 02</b> - Próximo a ETA da CESAMA, à 200 m Jusante	15:45	21 ° 40' 58" S / 43 ° 27' 23" W	684 m	Ensolarado	Não, tudo limpo
	<b>Ponto 03</b> - Abaixo do viaduto que liga ao Distrito Industrial e BR 040, a jusante da ETA.	16:15	21 ° 40' 41" S / 43 ° 26' 57" W	673 m	Ensolarado	Lixos domésticos, lançamento de esgoto e entulhos.

## APÊNDICE B – Resultados das análises realizadas em todas as campanhas

<b>Resultados de Análises</b>														
<b>Campanhas realizadas</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>DBO</b>	<b>Coliformes termotolerantes</b>	<b>Sólidos Totais</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Nitratos</b>	<b>OD</b>	<b>Fósforo</b>	<b>DQO</b>	<b>Condutividade</b>	<b>Salinidade</b>	<b>DATA:</b>
<b>Campanha 01</b>	<b>PONTO 01</b>	7,39	18,7	2,8	489	8,77	5,98	2,1	8,16	<0,01	8,14	34	≤0,5‰ - água doce	17/06/2019
	<b>PONTO 02</b>	6,91	18,4	4,3	320	12,5	7,97	3,3	8,08	<0,01	13,4	32	≤0,5‰ - água doce	17/06/2019
	<b>PONTO 03</b>	7,61	18,5	10,4	798	43,45	9,36	6,2	7,39	<0,01	16,41	41	≤0,5‰ - água doce	17/06/2019
<b>Campanha 02</b>	<b>PONTO 01</b>	7,15	20,8	3,5	210	13,45	5,77	2,6	8,97	<0,01	7,2	34	≤0,5‰ - água doce	23/08/2019
	<b>PONTO 04</b>	6,91	21,9	7,1	310	25,8	8,16	1,2	8,58	<0,01	24,9	37	≤0,5‰ - água doce	23/08/2019
	<b>PONTO 05</b>	6,79	22,8	4,6	1005	38,1	15,39	7,9	7,56	0,03	35,41	40	≤0,5‰ - água doce	23/08/2019
<b>Campanha 03</b>	<b>PONTO 01</b>	6,82	22,7	6,3	250	6,41	7,11	2	8,16	<0,01	8,95	35	≤0,5‰ - água doce	10/09/2019
	<b>PONTO 02</b>	6,77	22,8	3,9	649	10,74	7,2	3,4	7,95	<0,01	13,21	36	≤0,5‰ - água doce	10/09/2019
	<b>PONTO 03</b>	6,69	22,6	8,2	991	72,05	16,1	5,1	7,15	<0,01	78,21	42	≤0,5‰ - água doce	10/09/2019



### APÊNDICE C – Resultados do IQA

<b>RESULTADOS IQA</b>			
<b>Campanhas</b>	<b>PONTOS COLETADOS:</b>	<b>VALOR IQA OBTIDO (MG)</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA</b>
<b>Campanha 01</b>	1	70,2	BOM
	2	67,7	MÉDIO
	3	57,6	MÉDIO
<b>Campanha 02</b>	1	71,2	BOM
	4	70,4	BOM
	5	58,6	MÉDIO
<b>Campanha 03</b>	1	69,6	MÉDIO
	2	65,9	MÉDIO
	4	58,2	MÉDIO

**OBS: Valores obtidos através da calculadora de IQA no Site PORTAL INFOHIDRO, plataforma do IGAM- MG.  
Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa>**

APÊNDICE D – Resultado campanha 01 – 17/06/2019

Parâmetros:	Resultado Ponto 01 Campanha 01	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 1 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>489</b>	< 200 NMP/100mL
pH	7,39	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	2,8	DBO 5 dias a 20°C até <b>3 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	2,1	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<b>&lt;0,01</b>	0,1 mg/L P
Temperatura	<b>18,7</b>	--
Turbidez	<b>5,98</b>	até 40 UNT
Sólidos Totais	<b>8,77</b>	--
Oxigênio Dissolvido	<b>8,16</b>	Não inferior a <b>6 mg/L O<sub>2</sub></b>

Parâmetros:	Resultado Ponto 02 Campanha 01	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 2 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>320</b>	<1.000 NMP/ 100 mL
pH	6,91	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	4,3	DBO 5 dias a 20°C até <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	3,3	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<b>&lt;0,01</b>	0,1 mg/L P
Temperatura	<b>18,4</b>	--
Turbidez	<b>7,97</b>	até 100 UNT
Sólidos Totais	<b>12,5</b>	--
Oxigênio Dissolvido	<b>8,08</b>	Não inferior a <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b>

Parâmetros:	Resultado Ponto 03 Campanha 01	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 2 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>798</b>	<1.000 NMP/ 100 mL
pH	7,61	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<b>10,4</b>	DBO 5 dias a 20°C até <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	6,2	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<b>&lt;0,01</b>	0,1 mg/L P
Temperatura	<b>18,5</b>	--
Turbidez	<b>9,36</b>	até 100 UNT
Sólidos Totais	<b>43,45</b>	--
Oxigênio Dissolvido	<b>7,39</b>	Não inferior a <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b>

### APÊNDICE E – Resultado campanha 02 - 23/08/2019

Parâmetros:	Resultado Ponto 01 Campanha 02	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 1 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>210</b>	< 200 NMP/100mL
pH	7,15	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<b>3,5</b>	DBO 5 dias a 20°C até <b>3 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	2,6	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<0,01	0,1 mg/L P
Temperatura	20,8	--
Turbidez	5,77	até 40 UNT
Sólidos Totais	13,45	--
Oxigênio Dissolvido	8,97	Não inferior a <b>6 mg/L O<sub>2</sub></b>

Parâmetros:	Resultado Ponto 04 Campanha 02	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 1 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>310</b>	< 200 NMP/100mL
pH	6,91	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<b>7,1</b>	DBO 5 dias a 20°C até <b>3 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	1,2	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<0,01	0,1 mg/L P
Temperatura	21,9	--
Turbidez	8,16	até 40 UNT
Sólidos Totais	25,8	--
Oxigênio Dissolvido	8,58	Não inferior a <b>6 mg/L O<sub>2</sub></b>

Parâmetros:	Resultado Ponto 05 Campanha 02	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 2 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>1005</b>	<1.000 NMP/ 100 mL
pH	6,79	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	4,6	DBO 5 dias a 20°C até <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b> ;
Nitrato	7,9	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<b>0,03</b>	0,1 mg/L P
Temperatura	22,8	--
Turbidez	15,39	até 100 UNT
Sólidos Totais	38,1	--
Oxigênio Dissolvido	7,56	Não inferior a <b>5 mg/L O<sub>2</sub></b>

### APÊNDICE F – Resultado campanha 03 - 10/09/2019

Parâmetros:	Resultado Ponto 01 Campanha 03	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 1 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>250</b>	< 200 NMP/100mL
pH	6,82	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<b>6,3</b>	DBO 5 dias a 20°C até <b>3 mg/L</b> O <sub>2</sub> ;
Nitrato	2	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<0,01	0,1 mg/L P
Temperatura	22,7	--
Turbidez	7,11	até 40 UNT
Sólidos Totais	6,41	--
Oxigênio Dissolvido	8,16	Não inferior a <b>6 mg/L</b> O <sub>2</sub>

Parâmetros:	Resultado Ponto 02 Campanha 03	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 2 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	649	<1.000 NMP/ 100 mL
pH	6,77	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	3,9	DBO 5 dias a 20°C até <b>5 mg/L</b> O <sub>2</sub> ;
Nitrato	3,4	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<0,01	0,1 mg/L P
Temperatura	22,8	--
Turbidez	7,2	Até 100 UNT
Sólidos Totais	10,74	--
Oxigênio Dissolvido	7,95	Não inferior a <b>5 mg/L</b> O <sub>2</sub>

Parâmetros:	Resultado Ponto 03 Campanha 03	Limites da Classe de enquadramento <b>Classe 2 - Águas Doces</b>
Coliformes Termotolerantes	991	<1.000 NMP/ 100 mL
pH	6,69	6,0 a 9,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<b>8,2</b>	DBO 5 dias a 20°C até <b>5 mg/L</b> O <sub>2</sub> ;
Nitrato	5,1	10,0 mg/ L N
Fósforo total ( <i>ambiente lótico</i> )	<0,01	0,1 mg/L P
Temperatura	22,6	--
Turbidez	16,1	Até 100 UNT
Sólidos Totais	72,05	--
Oxigênio Dissolvido	7,15	Não inferior a <b>5 mg/L</b> O <sub>2</sub>

**ANEXOS**

## ANEXO A – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 01



## FORMULÁRIO



## RELATÓRIO DE ENSAIO

PRC: 492.01

Relatório de Ensaio Nº 0413- campanha 01 /2019

<b>Cliente:</b> Maisa Bianchi Ferri	
<b>CPF:</b> 110.515.796-27	
<b>Endereço:</b> Rua Santo Antonio, 176 – Centro – Juiz de Fora/MG	
<b>Contato:</b> Maisa	<b>Telefone:</b> (32) 99825-5736
<b>E-mail:</b> Maisa.bianchi@hotmail.com	<b>Responsável pela coleta:</b> Ecoanálises
<b>Natureza da amostra:</b> Curso D'Água – CAMPANHA 01 <b>Elaboração do Relatório:</b> 30/06/2019	
<b>Data da Coleta:</b> 17/06/2019	<b>Data do recebimento da amostra:</b> 17/06/2019
<b>Local de coleta:</b> Ribeirão Espírito Santo – JF	<b>Condições do tempo:</b> Ensolarado
<b>ID Amostra:</b> Ponto 01 / Ponto 02/ Ponto 03	

## 1. Resultados:

Parâmetros	Unidade	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 01	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 02	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 03	Metodologia
pH*	---	7,39	6,91	7,61	SM 4500 H <sup>+</sup> B
Oxigênio dissolvido*	mg/L	8,16	8,08	7,39	SM 4500-O G
Condutividade*	µS/Cm	34	32	41	SM 2510 B
Temperatura*	°C	18,7	18,4	18,5	SM 2500 B
Turbidez	UNT	5,98	7,97	9,36	SM 2130 B
DBO	mg/L	2,8	4,3	10,4	SM 5210 B
DQO	mg/L	8,14	13,4	16,41	SM 5220 B
Sólidos totais	mg/L	8,77	12,5	43,45	SM 2540 D
Nitrato #	mg/L N-NO <sub>3</sub>	2,1	3,3	6,2	SM 4500 NO3- E
Fósforo #	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	SM 3120 B
Coliformes termotolerantes #	UFC/100 ml	489	320	798	SM 9221 D

## 2. Outros dados:

<p><b>Observações:</b></p> <p>*Ensaio realizado no local da amostragem.</p> <p>#Ensaios subcontratados Laboratório reconhecido PRC 281.1.</p> <p><sup>1</sup>Limites definidos.</p> <p><sup>2</sup>Dados não fazem parte do escopo acreditado.</p> <p>SM – Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater – 23<sup>a</sup> Ed.</p> <p><b>Abrangência:</b></p> <p>Os resultados deste relatório se referem apenas aos itens ensaiados para esta(s) amostras.</p> <p>Estes resultados só devem ser reproduzidos por completo.</p> <p><b>Informações da Amostragem:</b></p> <p>NBR 9898 e 9798 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquido e corpos receptores;</p> <p>FOR – 12 Plano de Amostragem;</p> <p>POP – 11 Coleta, amostragem e preservação de amostras.</p>
---

  
 Maria Cláudia  
 GERENTE DE QUALIDADE  
 CRO MG 02412004

## ANEXO B – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 02



## FORMULÁRIO



## RELATÓRIO DE ENSAIO

PRC: 492.01

**Relatório de Ensaio Nº 0413- campanha 02 /2019**

<b>Cliente:</b> Maisa Bianchi Ferri	
<b>CPF:</b> 110.515.796-27	
<b>Endereço:</b> Rua Santo Antonio, 176 – Centro – Juiz de Fora/MG	
<b>Contato:</b> Maisa	<b>Telefone:</b> (32) 99825-5736
<b>E-mail:</b> Maisa.bianchi@hotmail.com	<b>Responsável pela coleta:</b> Ecoanálises
<b>Natureza da amostra:</b> Curso D'Água – CAMPANHA 02	
<b>Elaboração do Relatório:</b> 25/09/2019	
<b>Data da Coleta:</b> 23/08/2019	<b>Data do recebimento da amostra:</b> 23/08/2019
<b>Local de coleta:</b> Ribeirão Espírito Santo – JF	<b>Condições do tempo:</b> Ensolarado
<b>ID Amostra:</b> Ponto 01 / Ponto 04/ Ponto 05	

**1. Resultados:**

Parâmetros	Unidade	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 01	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 04	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 05	Metodologia
pH*	---	7,15	6,91	6,79	SM 4500 H <sup>+</sup> B
Oxigênio dissolvido*	mg/L	8,97	8,58	7,56	SM 4500-O G
Condutividade*	µS/Cm	34	37	40	SM 2510 B
Temperatura*	°C	20,8	21,9	22,8	SM 2500 B
Turbidez	UNT	5,77	8,16	15,39	SM 2130 B
DBO	mg/L	3,5	7,1	4,6	SM 5210 B
DQO	mg/L	7,2	24,9	35,41	SM 5220 B
Sólidos totais	mg/L	13,45	25,8	38,1	SM 2540 D
Nitrato #	mg/L N-NO <sub>3</sub>	2,6	1,2	7,9	SM 4500 NO3- E
Fósforo #	mg/L	<0,01	<0,01	0,03	SM 3120 B
Coliformes termotolerantes #	UFC/100 ml	210	310	1005	SM 9221 D

**2. Outros dados:**

<p><b>Observações:</b></p> <p>*Ensaio realizado no local da amostragem.</p> <p>#Ensaios subcontratados Laboratório reconhecido PRC 281.1.</p> <p><sup>1</sup>Limites definidos.</p> <p><sup>2</sup>Dados não fazem parte do escopo acreditado.</p> <p>SM – Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater – 23<sup>a</sup> Ed.</p> <p><b>Abrangência:</b></p> <p>Os resultados deste relatório se referem apenas aos itens ensaiados para esta(s) amostras. Estes resultados só devem ser reproduzidos por completo.</p> <p><b>Informações da Amostragem:</b></p> <p>NBR 9898 e 9798 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquido e corpos receptores;</p> <p>FOR – 12 Plano de Amostragem;</p> <p>POP – 11 Coleta, amostragem e preservação de amostras.</p>
--

  
 Maria Cláudia  
 GERENTE DE QUALIDADE  
 CRQ MG 02412004

## ANEXO C – Relatório de ensaios Ecoanálises - campanha 03



## FORMULÁRIO



PRC: 492.01

## RELATÓRIO DE ENSAIO

**Relatório de Ensaio Nº 0413- campanha 03 /2019**

<b>Cliente:</b> Maisa Bianchi Ferri	
<b>CPF:</b> 110.515.796-27	
<b>Endereço:</b> Rua Santo Antonio, 176 – Centro – Juiz de Fora/MG	
<b>Contato:</b> Maisa	<b>Telefone:</b> (32) 99825-5736
<b>E-mail:</b> Maísa.bianchi@hotmail.com	<b>Responsável pela coleta:</b> Ecoanálises
<b>Natureza da amostra:</b> Curso D'Água – CAMPANHA 03	<b>Elaboração do Relatório:</b> 10/10/2019
<b>Data da Coleta:</b> 10/09/2019	<b>Data do recebimento da amostra:</b> 10/09/2019
<b>Local de coleta:</b> Ribeirão Espírito Santo – JF	<b>Condições do tempo:</b> Ensolarado
<b>ID Amostra:</b> Ponto 01 / Ponto 02/ Ponto 03	

**1. Resultados:**

Parâmetros	Unidade	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 01	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 02	Resultado Curso de Água Nº0413/ponto 03	Metodologia
pH*	---	6,82	6,77	6,69	SM 4500 H <sup>+</sup> B
Oxigênio dissolvido*	mg/L	8,16	7,95	7,15	SM 4500-O G
Condutividade*	µS/Cm	35	36	42	SM 2510 B
Temperatura*	°C	22,7	22,8	22,6	SM 2500 B
Turbidez	UNT	7,11	7,2	16,1	SM 2130 B
DBO	mg/L	6,3	3,9	8,2	SM 5210 B
DQO	mg/L	8,95	13,21	78,21	SM 5220 B
Sólidos totais	mg/L	6,41	70,74	72,05	SM 2540 D
Nitrato #	mg/L N-NO <sub>3</sub>	2	3,4	5,1	SM 4500 NO <sub>3</sub> - E
Fósforo #	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	SM 3120 B
Coliformes termotolerantes #	UFC/100 ml	250	649	991	SM 9221 D

**2. Outros dados:****Observações:**

\*Ensaio realizado no local da amostragem.

#Ensaios subcontratados Laboratório reconhecido PRC 281.1.

<sup>1</sup>Limites definidos.<sup>2</sup>Dados não fazem parte do escopo acreditado.SM – Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater – 23<sup>a</sup> Ed.**Abrangência:**

Os resultados deste relatório se referem apenas aos itens ensaiados para esta(s) amostras.

Estes resultados só devem ser reproduzidos por completo.

**Informações da Amostragem:**

NBR 9898 e 9798 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquido e corpos receptores;

FOR – 12 Plano de Amostragem;

POP – 11 Coleta, amostragem e preservação de amostras.

*m. claudia*  
 Maria Cláudia  
 GERENTE DE QUALIDADE  
 CRQ MG 02412004