



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**FABIO HENRIQUE FRAGOSO DE SOUSA**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E  
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO  
RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS-TO**

Palmas/TO  
2021

**FABIO HENRIQUE FRAGOSO DE SOUSA**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E  
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO  
RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS-TO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Adriano Guarda

Palmas/TO  
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- FS11a Fragoso de Sousa, Fabio Henrique.  
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E  
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO RIBEIRÃO  
TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS-TO. / Fabio Henrique Fragoso de Sousa.  
– Palmas, TO, 2022.  
43 f.  
  
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2022.  
Orientador: Emerson Adriano Guarda  
  
1. Qualidade da Água. 2. Saneamento. 3. Monografia em Engenharia  
Ambiental. 4. Parâmetros. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

# FOLHA DE APROVAÇÃO

FABIO HENRIQUE FRAGOSO DE SOUSA

## AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS-TO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 10 / 02 / 2022

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. (Emerson Adriano Guarda), UFT

---

Prof. Dr. (Patrícia Martins Guarda), UFT



Documento assinado digitalmente

Alvaro Alves Martins

Data: 14/02/2022 17:13:35-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Me. (Álvaro Alves Martins), UFT

## ***DEDICATÓRIA***

*Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e acreditaram que eu poderia chegar até aqui, em especial meus pais, que são meu alicerce, aqueles com que sempre posso contar.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço por este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele nada é possível. Aos meus pais Fabio Fragoso dos Santos e Iná Sousa Santos que sempre me apoiaram durante toda a caminhada e me aconselharam a seguir pelos melhores caminhos. Aos meus avós Clóvis da Fonseca e Djalмира Santos por toda a força e incentivo que me deram ao longo desses anos.

Agradeço também aos meus tios Clóvis Junior e Sebastião Santos, e a Dona Helena Maria, pois sem o auxílio deles, provavelmente esta jornada sequer teria iniciado. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

A toda a equipe LAPEQ eu quero deixar um agradecimento especial, aos professores Dr. Emerson Guarda e Dra. Patrícia Guarda que me acolheram desde o 4º Período do curso, me orientando desde o PIBIC até este Trabalho de Conclusão de Curso, obrigado por todo o crescimento profissional que vocês me proporcionaram. Quero agradecer aos técnicos do laboratório, Fabrício, Larissa, Mayana e Álvaro, obrigado por todo o aprendizado que vocês me passaram e por todos os momentos de descontração também.

Por último não menos importante, deixo um agradecimento a todos os amigos que fiz durante essa jornada, principalmente aqueles que estiveram comigo durante os bons e maus momentos, sem vocês passar por toda essa caminhada seria certamente bem mais difícil.

A esses e todos os outros que não citei, pois são muitas pessoas para se lembrar, deixo o meu Muito Obrigado.

## RESUMO

O Ribeirão Taquaruçu Grande, pela sua posição geográfica, forma a mais importante Sub-bacia de Palmas-TO. Os impactos do crescimento urbano desordenado e as atividades rurais vêm destruindo as matas ciliares, alterando a qualidade das águas, reduzindo a vazão e provocando a extinção total de alguns cursos de água na região. Considerando estes fatores foram definidos 5 pontos de coleta ao longo do ribeirão Taquaruçu Grande, com o intuito de avaliar a qualidade da água deste corpo hídrico através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, além de analisar as concentrações de metais presentes no mesmo. A legislação adotada para comparação dos resultados foi a CONAMA 357/05 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Após a coleta das amostras foi feita a análises dos resultados, o ponto P1 não apresentou nenhum valor em desacordo com a legislação aplicada. O ponto P2 também não excedeu os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05, porém houve certa elevação para os parâmetros de metais. Já o ponto P3 extrapolou o limite máximo para os parâmetros de Cor Verdadeira e E. coli. Dentre os pontos avaliados o ponto P4 foi o que apresentou mais parâmetros em desacordo com a legislação, pH, DBO, Amônia e Clorofila-a, além de altos valores de Sólidos Suspensos Totais, parâmetro este não limitado pela CONAMA 357/05. O ponto P5 ultrapassou os limites máximos da legislação apenas para Clorofila-a. Os resultados permitiram concluir que fatores como, vulnerabilidade do solo nos períodos chuvosos, estrutura sedimentar da bacia suscetível à erosão, riqueza de fosfatos no corpo hídrico do ribeirão Taquaruçu Grande e o lançamento de efluente inadequado pela ETE Aurenny podem ser as principais causas pela má qualidade da água, em especial nos três últimos pontos do ribeirão.

**Palavras-chaves:** Qualidade da água. Taquaruçu Grande. Metais.

## ABSTRACT

The Taquaruçu Grande stream, by its geographical position, forms the most important sub-basin of Palmas-TO. The impacts of disorderly urban growth and rural activities have been destroying riparian forests, altering water quality, reducing flow and causing the total extinction of some water courses in the region. Considering these factors, 5 collection points were defined along the Taquaruçu Grande stream, in order to evaluate the water quality of this water body through physical-chemical and microbiological parameters, in addition to analyzing the concentrations of metals present in it. The legislation adopted to compare the results was CONAMA 357/05, which provides for the classification of bodies of water and guidelines for their classification, as well as establishing the conditions and standards for effluent discharge. After collecting the samples, the analysis of the results was performed, point P1 did not present any value in disagreement with the applicable legislation. Point P2 also did not exceed the limits established by CONAMA 357/05, however there was a certain increase in the parameters of metals. Point P3 exceeded the maximum limit for the parameters of True Color and E. coli. Among the evaluated points, point P4 was the one that presented the most parameters in disagreement with the legislation, pH, BOD, Ammonia and Chlorophyll-a, in addition to high values of Total Suspended Solids, a parameter not limited by CONAMA 357/05. Point P5 exceeded the maximum limits of the legislation only for Chlorophyll-a. The results allowed us to conclude that factors such as soil vulnerability in the rainy season, sedimentary structure of the basin susceptible to erosion, phosphate richness in the Taquaruçu Grande stream and the release of inadequate effluent by the ETE Aurenly may be the main causes of the poor quality of water, especially in the last three points of the stream.

**Key-words:** Water quality. Taquaruçu Grande. Metals



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de Localização dos Pontos de Coleta.....	20
Figura 2- Ponto 1.....	20
Figura 3- Ponto 2.....	20
Figura 4- Ponto 3.....	20
Figura 5- Ponto 4.....	20
Figura 6- Ponto 5.....	20
Figura 7- Técnica de coleta manual em águas superficiais.....	22
Figura 8- Coleta das amostras para análise.....	23
Figura 9- Manuseio da Sonda Multi-parâmetros (YSI 6920).....	24
Figura 10- Gráfico de resultados da variável Cor Verdadeira no período avaliado.....	26
Figura 11- Gráfico de resultados da variável Turbidez no período avaliado.....	26
Figura 12- Gráfico de resultados da variável Sólidos dissolvidos totais no período avaliado.....	27
Figura 13- Gráfico de Resultados da variável Sólidos Suspensos totais no período avaliado.....	27
Figura 14- Situação dos pontos P3 (esquerda) e P4 (direita).....	28
Figura 15- Gráfico de Resultados da variável Temperatura no período avaliado.....	29
Figura 16- Gráfico de Resultados da variável Condutividade Elétrica no período avaliado.....	29
Figura 17- Gráfico de Resultados da variável pH no período avaliado.....	30
Figura 18- Gráfico de Resultados da variável Alcalinidade no período avaliado.....	31
Figura 19- Gráfico de Resultados da variável Cloreto no período avaliado.....	31
Figura 20- Gráfico de Resultados da variável Cálcio no período avaliado.....	32
Figura 21- Gráfico de Resultados da variável Magnésio no período avaliado.....	33
Figura 22- Gráfico de Resultados da variável Oxigênio dissolvido no período avaliado.....	34
Figura 23- Gráfico de Resultados da variável DBO no período avaliado.....	34
Figura 24- Gráfico de Resultados da variável Clorofila-a no período avaliado.....	35
Figura 25- Gráfico de Resultados da variável Coliformes Termotolerantes (E.coli) no período avaliado.....	36
Figura 26- Águas esverdeadas nos pontos P4 (esquerda) e P5 (direita), típico de ambientes eutrofizados.....	36
Figura 27- Gráfico de Resultados da variável Amônia no período avaliado.....	38
Figura 28- Gráfico de Resultados da variável Nitrato no período avaliado.....	38
Figura 29- Gráfico de Resultados da variável Nitrito no período avaliado.....	39
Figura 30- Gráfico de Resultados da variável Sulfato no período avaliado.....	39
Figura 31- Gráfico de Resultados da variável Ferro no período avaliado.....	40
Figura 32- Gráfico de Resultados da variável Cromo no período avaliado.....	41
Figura 33- Gráfico de Resultados da variável Cobre no período avaliado.....	42
Figura 34- Gráfico de Resultados da variável Zinco no período avaliado.....	42

## **LISTA DE QUADROS E TABELAS**

Quadro 1- Tipos de poluentes de origem antrópica e suas principais fontes.....	18
Tabela 1- Rede de Amostragem.....	20
Tabela 2- Parâmetros físico-químicos e microbiológicos amostrados no ribeirão TaquaruçuGrande, em 5 de novembro de 2021.....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IQA	Índice de Qualidade da Água
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
OD	Oxigênio Dissolvido
PNQA	Política Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidrelétrica
UFT	Universidade Federal do Tocantins

## LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}$	Graus
%	Por Cento
'	Minutos
''	Segundos
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
<i>km</i>	Quilômetro
$\text{km}^2$	Quilômetro Quadrado
<i>L/s</i>	Litros por Segundo
<i>S</i>	Sul
<i>O</i>	Oeste
$\text{O}_2$	Oxigênio
$\text{Ca}^{2+}$	Cálcio
$\text{Mg}^{2+}$	Magnésio
$\text{SO}_4^{2-}$	Sulfato
<i>Cl</i>	Cloreto
<i>F</i>	Fluoreto
<i>N</i>	Nitrogênio
<i>Cr</i>	Cromo
<i>Fe</i>	Ferro
<i>Cu</i>	Cobre
<i>Zn</i>	Zinco
<i>mL</i>	Mililitros
$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Miligrama Litro a Menos Um
$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Micrograma Litro a Menos Um
$\text{mg Pt}\cdot\text{L}^{-1}$	Miligramas de Platina Litro a Menos Um
<i>pH</i>	Potencial Hidrogeniônico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>14</b>
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
3.1	Ribeirão Taquaruçu Grande.....	15
3.2	Legislação.....	15
3.3	Qualidade Da Água.....	16
3.4	Contaminação De Águas Superficiais.....	17
3.5	Metais.....	19
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
4.1	Área de Estudo.....	20
4.2	Coleta Das Amostras.....	22
4.3	Métodos Analíticos.....	23
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
5.1	Cor, Sólidos e Turbidez.....	26
5.2	Temperatura, pH e Condutividade Elétrica.....	28
5.3	Alcalinidade, Dureza Total e Cloretos.....	30
5.4	DBO e Oxigênio Dissolvido.....	33
5.5	Clorofila-a e Coliformes Termotolerante ( <i>Escherichia Coli</i> ).....	35
5.6	Nutrientes.....	36
5.7	Metais.....	40
5.8	Análise Dos Resultados.....	43
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso de grande importância e que pode influenciar no desenvolvimento de uma região, país ou sociedade, sendo considerada como um recurso finito e dotado de valor econômico, essencial à manutenção da vida e presente em quase todas as atividades humanas deve ser preservada (CIPRIANO CARMO et al., 2015). O uso inadequado dos recursos hídricos disponíveis, porém, reflete no atual quadro de escassez e deterioração da qualidade da água, e a ocupação do solo, na bacia hidrográfica de um manancial, pode introduzir nas águas poluentes inorgânicos, que comprometem seus usos (REZENDE PINTO et al, 2010).

O Brasil é privilegiado por possuir água em abundância. Porém enfrenta problemas típicos de uma sociedade em desenvolvimento: altos índices de captação para irrigação e custos de tratamento, má distribuição, poluição das fontes e, principalmente, baixos índices de saneamento básico. A poluição de rios, lagos e oceanos e os altos índices de lixo orgânico e industrial que foram acumulando no decorrer das últimas décadas no fundo dos rios, à beira das matas e estradas, é reflexo do crescimento desordenado das cidades e da falta de educação ambiental (FIOCRUZ, 2016 apud CRISÓSTOMO DO CARMO, 2018).

Palmas, no Tocantins, é um desses municípios que sofrem com as consequências da urbanização, a que no seu processo de expansão, extrapolou o Plano Diretor, e vem avançando de forma irregular sobre as áreas rurais, através do parcelamento de Terras e dos investimentos em condomínios residenciais. Isso vem causando a destruição dos mananciais e excesso na exploração dos aquíferos, devido ao grande número de poços artesianos existentes na região. Somam-se a esses fatores as variações pluviométricas regionais no estado do Tocantins onde tem se observado uma má distribuição das chuvas, e o que se percebe é o impacto causado pela baixa vazão dos cursos d'água e pelo grande número de córregos que vem secando nos últimos anos (CRISÓSTOMO DO CARMO, 2018).

O Ribeirão Taquaruçu Grande, pela sua posição geográfica, forma a mais importante Sub-bacia da região, em relação à sede do Município. Ele juntamente com a UHE de Lajeado fornece 80% da água que é tratada na ETA 006 e abastece a Capital, e 95% do que são utilizados nos setores Taquaralto e Aurenys (BRK AMBIENTAL, 2020; DE REZENDE PINTO et al, 2010).

Os principais problemas encontrados na Sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande, são, na zona rural, a destruição e contaminação das nascentes por agrotóxicos e o micro parcelamento do solo somado às ocupações irregulares principalmente nas áreas de

Preservação Permanente (CRISÓSTOMO DO CARMO, 2018). Nesse cenário torna-se importante investigar a presença de metais potencialmente tóxicos, que são utilizados na formulação de agrotóxicos, estão presentes na composição química de fertilizantes e são indicativos de contaminação ambiental (SILVA, 2018).

Além disso, somam-se a esses fatores, os impactos urbanos como poluição das águas por resíduos líquidos e sólidos lançados no leito e na margem dos rios, destruindo as matas ciliares e alterando a qualidade das águas de todos os mananciais componentes da referida Sub-bacia (CRISÓSTOMO DO CARMO, 2018). Tais circunstâncias vêm contribuindo para a redução da vazão e à extinção total de alguns cursos de água, na região, o que torna ainda mais importante à produção de dados que gerem conhecimento sobre o estado atual do ribeirão Taquaruçu Grande.

Dito isto, este trabalho buscará avaliar a qualidade da água do ribeirão Taquaruçu Grande através de parâmetros físico-químicos, e microbiológicos bem como quantificar os metais Ferro, Cromo, Cobre e Zinco presentes neste corpo hídrico.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a qualidade da água por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e analisar as concentrações dos metais Ferro, Cromo, Cobre e Zinco nas águas superficiais do ribeirão Taquaruçu Grande, com o intuito de adquirir dados sobre a presença destes elementos no corpo hídrico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água;
- Quantificar os metais Ferro, Cromo, Cobre e Zinco mencionados na legislação;
- Estabelecer uma relação entre as atividades realizadas no entorno do ribeirão Taquaruçu Grande com os resultados obtidos.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Ribeirão Taquaruçu Grande**

O Ribeirão Taquaruçu Grande é um afluente direto do rio Tocantins na sua margem direita. Sua microbacia possui uma área de 458,16 km<sup>2</sup> e alonga-se por aproximadamente 36,9 km no sentido Leste-Oeste (ALVES, 2016).

O Ribeirão Taquaruçu Grande nasce dentro da Área de Proteção Ambiental Serra do Lajeado, tendo seu percurso natural dentro de chácaras e fazendas, na região sul de Palmas. A APA foi criada visando à conservação dos recursos naturais ali existentes, principalmente os recursos hídricos, visto que ali se encontram as nascentes dos mananciais que abastecem a população do Plano Diretor do Município de Palmas, os Distritos de Taquaruçu e Taquaralto, assim como os setores das Aurenys's (SILVA NETO, 2011).

A ação antrópica é percebida pelo assoreamento que ocorre anualmente no período chuvoso, principalmente na época de plantio, pois o preparo do solo da maioria das propriedades é feito sem considerar práticas de conservação do solo. No último terço do Ribeirão Taquaruçu Grande, onde a urbanização se torna mais intensa, os impactos como a poluição das águas por meio do lançamento de efluentes sólidos e líquidos se tornam mais evidentes. Nesta área localiza-se uma parcela da cidade de Palmas e os bairros Taquaralto, Bertaville e Aurenny I, II e III (ALVES, 2016).

A captação de água pela BRK AMBIENTAL é feita a jusante da união dos Ribeirões Taquaruçuzinho e Taquaruçu Grande, tendo como capacidade de produção 750 L/s de água tratada. Esta captação abastece todo o plano diretor de Palmas e os bairros de Taquaralto e de Aurenny I, II e III (BRK AMBIENTAL, 2020). Também neste mesmo corpo hídrico é realizada a diluição dos efluentes tratados da Estação de Tratamento de Esgoto da Região Sul – Aurenny com vazão de lançamento média de 30 L/s (ALVES, 2016).

#### **3.2 Legislação**

Instituída pela lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que ficou conhecida como Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (ANA, s.d.).



A PNRH aponta a qualidade da água como um aspecto muito importante, a qual define dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997).

A resolução 357 de 17 de março de 2005 da CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Ainda de acordo com a resolução entende-se por monitoramento a medição ou verificação de variáveis de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água (BRASIL, 2005). O monitoramento da qualidade da água, assim como da quantidade, é essencial ao planejamento da oferta hídrica, de forma a atender as necessidades dos diferentes usuários de uma bacia hidrográfica.

Há também o anexo XX da portaria de consolidação 5/2017 do Ministério da Saúde que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade de corpos hídricos e sua potabilidade. Em relação aos valores máximos permitidos por esta portaria, eles estão anexados em tabelas na referida legislação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

### **3.3 Qualidade da Água**

A qualidade da água é uma exigência de caráter principal para a proteção da saúde pública. Para assegurar essa qualidade se faz necessário uma série de ações que, se implementadas junto à população garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou redução de constituintes na água conhecidos por serem perigosos (D’AGUILA et al., 2000 apud CONDO 2016).

No Brasil, há vários problemas relacionados à falta de padronização e de informações sobre a realização de coletas e análises laboratoriais, o que torna os resultados, muitas vezes, pouco confiáveis e de difícil comparação entre regiões distintas. Essa situação, somada ao fato de a divulgação das informações para a população e os tomadores de decisão ser insuficiente na maioria das Unidades da Federação, gera dificuldades para a análise efetiva da evolução da qualidade das águas e elaboração de um diagnóstico nacional.

No sentido de reverter esse quadro, a Agência Nacional de Águas lançou a Política Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), que em por meta oferece à sociedade conhecimento adequado sobre a qualidade das águas superficiais brasileiras, de

forma a subsidiar os tomadores de decisão (agências governamentais, ministérios, órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente) na definição de políticas públicas para a recuperação da qualidade das águas, contribuindo assim com a gestão sustentável dos recursos hídricos (VINÍCIO CARDOSO, 2018).

Quando falamos em qualidade da água, nos referimos a um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta, de acordo com a sua utilização. Os padrões de classificação mais utilizados pretendem classificar a água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem-estar dos ecossistemas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Os Índices de Qualidade da Água (IQA) são bastante úteis para dar uma ideia da tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo, além de permitir a comparação entre diferentes mananciais. O IQA elaborado pela National Sanitation Foundation, e adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), leva em consideração o estabelecimento da qualidade da água bruta destinada ao abastecimento (CONDO, 2016).

Existem diversas maneiras de se avaliar a qualidade da água nos corpos hídricos, dentre elas as análises físico-químicas se destacam e é largamente utilizada como parâmetros indicadores da qualidade, sendo a resolução CONAMA 357/2005 a normativa utilizada para comparar os resultados obtidos nas análises aos que devem ser seguidos por lei (VINÍCIO CARDOSO, 2018).

Ainda de acordo com Vinício Cardoso (2018), a seleção dos parâmetros a serem analisados está intimamente relacionada ao objetivo do trabalho, bem como aos locais a serem escolhidos para representar o corpo d'água em estudo.

### **3.4 Contaminação de Águas Superficiais**

O conceito de poluição hídrica antrópica é abrangente, e pode ser entendido como a mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica da água, causada diretamente pelo homem ou por suas atividades, e que pode ser prejudicial ao uso presente, futuro ou potencial deste recurso natural (DO NASCIMENTO, 2009).

A poluição das águas por compostos inorgânicos (metais pesados e nitrogênio), compostos orgânicos (agrotóxicos, fertilizantes e fármacos) e patógenos, é considerada uma grande ameaça para todos os ecossistemas, especialmente para os aquáticos (FRIAS, 2020).

Os poluentes podem chegar aos corpos hídricos através de diversas fontes, das quais suas principais são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de poluentes de origem antrópica e suas principais fontes.

TIPO DE POLUENTE	FONTES PONTUAIS		FONTES DIFUSAS	
	Esgoto Doméstico	Esgoto Industrial	Escoamento Agrícola	Escoamento Urbano
Material Orgânico	X	X	X	X
Nutrientes	X	X	X	X
Organismos Patogênicos	X	X	X	X
Sólidos Suspensos	X	X	X	X
Sais		X		X
Metais Tóxicos		X	X	X
Materiais Orgânicos Tóxicos		X	X	
Temperatura		X		

Fonte: Adaptado de Nascimento (2009).

Problemas relacionados ao possível esgoto doméstico mal tratado na estação de tratamento de esgoto (ETE Aurenly) tem se verificado nos últimos anos nas águas do Ribeirão Taquaruçu Grande, como o surgimento de algas que provocam mau cheiro e uma coloração verde. O problema se concentra principalmente no trecho próximo da ponte que liga a região sul ao centro da capital, perto do Estádio Nilton Santos. Nesta região fica os setores União Sul, Irmã Dulce e Bertaville (G1, 2020).

Porém valem ressaltar que os riscos de contaminação não podem ser atribuídos apenas às estações de tratamento de esgoto, sendo identificadas diversas áreas de produção agrícola nas margens de córregos da zona rural do município de Palmas. O impacto do aumento da produção de bens agrícolas no ambiente é notado pela perda da qualidade dos recursos hídricos. O uso intensivo de pesticidas e fertilizantes na agricultura tem causado a contaminação das águas superficiais por agroquímicos (VINÍCIO CARDOSO, 2018).

Também são encontrados diversos rios que cortam a área urbana do município de Palmas, percorrendo áreas de lançamento de esgoto em drenagem pluvial, com a presença de áreas industriais e de áreas com disposição de resíduos sólidos irregular, sendo desconhecida a qualidade da água dos córregos que percorrem esses locais (VINÍCIO CARDOSO, 2018).

### 3.5 Metais

Os metais encontram-se entre as principais constituintes contaminantes de água superficial em rios. A contaminação de águas por elementos metálicos pode ser originária de insumos agrícolas ou subprodutos usados com finalidade corretiva ou nutricional na agricultura, bem como defensivos agrícolas e fungicidas, os rejeitos da exploração mineral e os efluentes domésticos e industriais (REIS, 2019).

As condições locais dos solos também podem levar a perdas por erosão de partículas de solo enriquecidas em metais pesados para outras áreas ou para corpos d'água (CAMPOS et al, 2005).

Os metais podem atingir o ambiente aquático por meio de várias fontes antrópicas. Esses elementos, uma vez no ar ou no solo, se transportam facilmente para os sistemas aquáticos, podendo ficar disponíveis ou retidos nos sedimentos. A afinidade dos elementos metálicos pelas partículas sólidas, as quais tendem a se sedimentar, controla o tempo de residência e a sua concentração na água (STUMM & MORGAN, 1996 apud REIS, 2019).

Devido a essa capacidade persistente e acumulativa, a presença elevada de metais pode ocasionar efeitos adversos aos sistemas aquáticos e, conseqüentemente, representar riscos à saúde humana (REIS, 2019).

Consumir alimentos que estejam contaminados com algum tipo de metal pesado na configuração tóxica pode causar intoxicação crônica uma vez que quando consumidos afetam vários órgãos agindo especificamente nos seus sítios ativos (TAVARES et al., 2020 apud AMBRÓSIO, 2021).

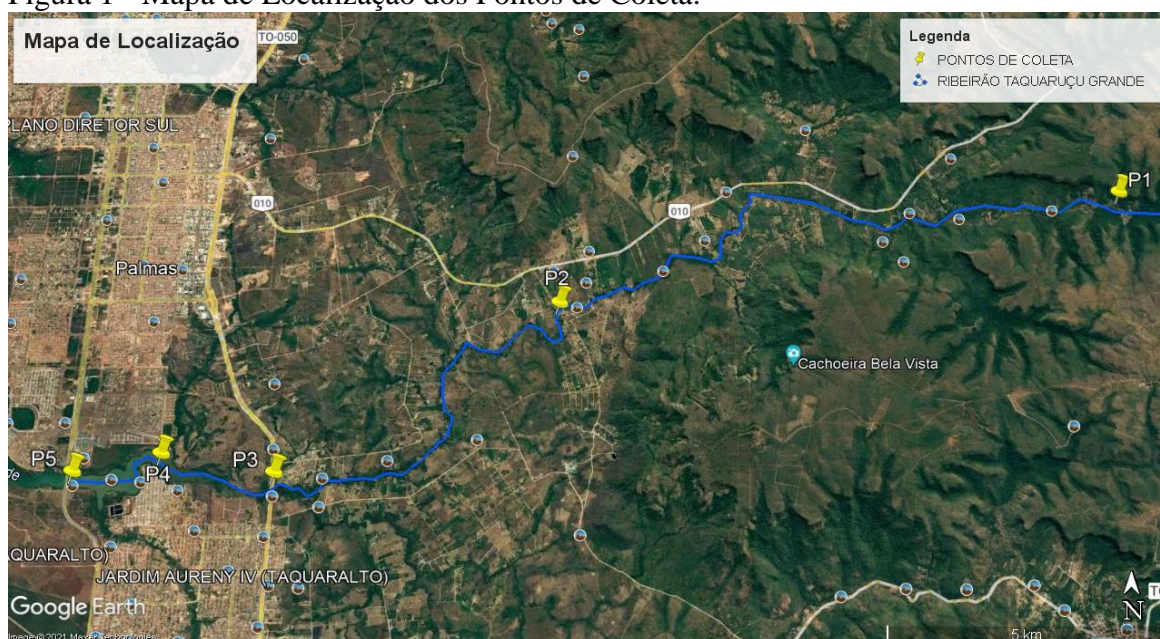
Podem ser associados à degeneração do sistema nervoso central por não serem metabolizados pelo organismo, podem causar câncer, atingindo principalmente rins e pulmões, causando asma, danificam o sistema digestor, neurológico e reprodutor, causam lesões no cérebro e nos rins, entre outros sintomas (AMBRÓSIO, 2021). Portanto resíduos que possuam metais pesados em sua composição não devem ser descartados sem antes receber um tratamento adequado de remoção dos metais da sua composição.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Área de Estudo

Após uma pré-avaliação do local foram escolhidos cinco pontos ao longo do braço do ribeirão Taquaruçu Grande, conforme demonstrado na Figura 1. As coordenadas e localizações dos pontos de coleta são apresentadas na Tabela 1. Esses pontos foram considerados relevantes para se estabelecer o monitoramento da qualidade da água.





Figura 1 - Mapa de Localização dos Pontos de Coleta.



Fonte: Google Earth (2021).

Tabela 1 – Rede de Amostragem (continua).

Pontos Amostrados/ coordenadas	Localização dos pontos de amostragem	Imagens
P1 (10°14'15.99" S, 48°8'48.02" O)	Área próxima a nascente, com menor interferência antrópica.	<p>Figura 2 – Ponto 1</p> <p>Fonte: Próprio Autor.</p>

<p>P2 (10°15'29.81'' S, 48°14'56.7'' O)</p>	<p>Área de grande concentração de chácaras, dentro da Chácara Aldeia da Lua.</p>	<p>Figura 3 – Ponto 2</p>  <p>Fonte: Próprio Autor.</p>
<p>P3 (10°17'21.29'' S, 48°17'52.73'' O)</p>	<p>Próximo ao ponto de captação da estação de tratamento de água – ETA 006</p>	<p>Figura 4 – Ponto 3</p>  <p>Fonte: Próprio Autor.</p>
<p>P4 (10°17'9.19'' S, 48°19'4.16'' O)</p>	<p>Setor Bertaville</p>	<p>Figura 5 – Ponto 4</p>  <p>Fonte: Próprio Autor.</p>
<p>P5 (10°17'20.6'' S, 48°19'58.14'' O)</p>	<p>Ponte sobre o ribeirão Taquaruçu Grande, pós ETE Aurenny.</p>	<p>Figura 6 – Ponto 5</p>  <p>Fonte: Próprio Autor.</p>

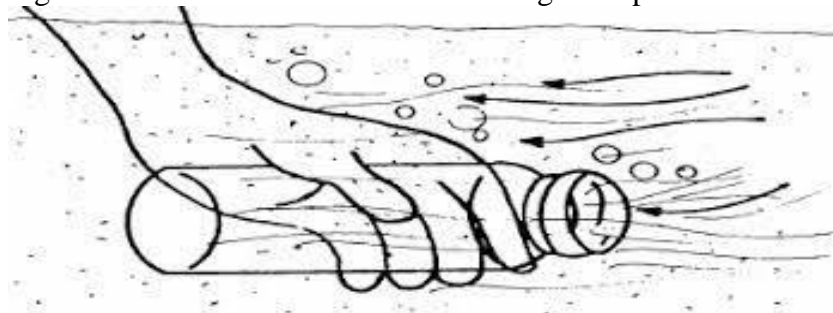
## 4.2 Coleta das Amostras

A coleta foi realizada no mês de novembro no dia 5, época de período chuvoso. Em cada ponto foi coletado uma amostra na margem do rio. As amostras coletadas foram retiradas da parte superficial do ribeirão Taquaruçu Grande, conforme metodologia proposta pela CETESB (2011).

Para a coleta das amostras foram utilizadas garrafas de polietileno de 2L para análise físico-química, e frascos de vidro de 100 mL para análise microbiológica, previamente esterilizados. As técnicas de coleta são demonstradas nas figuras 7 e 8. Para a coleta das amostras, foram seguidos os seguintes passos:

- Etiquetaram-se as garrafas com o ponto da amostragem e a data da coleta;
- Transportaram-se as garrafas PET e os frascos devidamente descontaminados aos pontos de amostragem;
- Lavaram-se as garrafas com três alíquotas da água do rio no ponto da coleta a fim de ambientar o recipiente com a amostra, e então realizou-se a coleta;
- Armazenaram-se as garrafas e os frascos dentro de uma caixa de isopor com gelo, a fim de preservar a amostra.

Figura 7 - Técnica de coleta manual em águas superficiais.



Fonte: NBR 9898 (ABNT, 1987).

Figura 8 – Coleta das amostras para análise.



Fonte: Próprio autor.

### 4.3 Métodos Analíticos

As análises seguiram as metodologias definidas pela APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2005).

No ato da coleta foram determinados os parâmetros Turbidez, Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, Salinidade, Sólidos Totais dissolvidos com o auxílio da sonda multi-parâmetros (YSI 6920), conforme demonstrado na figura 9.

Os parâmetros Dureza ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , total), Alcalinidade (Bicarbonato, Carbonato, Total) e Cloretos foram determinados através de Titulometria. Amônia, Nitrito, Nitrato, Fluoreto, Sulfato, Sulfeto, Cor Verdadeira, Cor Aparente e Clorofila-a foram determinados por Espectrofotometria.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio foi determinada por Diferenciação e o Nitrogênio Orgânico por Kjedal. Os Sólidos Suspensos (fixos, totais, matéria orgânica) foram determinados por Gravimetria e os Sólidos Totais Sedimentáveis por Decantação.

Para análise dos metais Ferro, Cromo, Cobre e Zinco as amostras passaram por processo de digestão ácida em sistema aberto, segundo metodologia proposta por RICE et al. (2017) e foram determinados também por meio de Espectrofotometria. Por último, porém não menos importante os parâmetros Coliformes Totais e Escherichia coli foram determinados por Colilert.

Esses parâmetros foram escolhidos por se tratarem de constituintes das águas superficiais, seja de forma natural, seja por ação antrópica e suas variações nos dizem muito sobre a qualidade do corpo hídrico.



Figura 9 – Manuseio da Sonda Multi-parâmetros (YSI 6920).



Fonte: Próprio autor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi avaliada a conformidade dos resultados físico-químicos e microbiológicos encontrados em relação aos padrões para água doce, classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº, 357/05 (BRASIL, 2005), uma vez que para corpos d'água não enquadrados, caso do Ribeirão Taquaruçu Grande, são adotados os limites estabelecidos para a classe 2.

Os resultados das análises do conjunto de parâmetros monitorados durante a coleta são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos amostrados no ribeirão Taquaruçu Grande, em 5 de novembro de 2021.

TABELA - CLASSE 2 - ÁGUAS DOCES - CONAMA 357/05		AMOSTRAS - RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE				
PADRÕES		P1	P2	P3	P4	P5
PARÂMETROS FÍSICOS	VALOR MÁXIMO					
Temperatura	- (°C)	24,12	24,53	24,94	29,45	29,49
Sólidos Totais Sedimentáveis	- (mL.L.h <sup>-1</sup> )	< 0,1*	< 0,1*	< 0,1*	0,5	< 0,1*
Sólidos dissolvidos totais	500 mg.L <sup>-1</sup>	0,001	0,011	0,015	0,035	0,049
Sólidos Suspensos totais	- (mg.L <sup>-1</sup> )	2,8	14,4	33,6	78,0	14,0
Turbidez	100 NTU	0	7,6	84,5	23,5	19,8
Condutividade Elétrica	- (µS.cm <sup>-1</sup> )	0,064	0,017	0,023	0,053	0,074
Cor Aparente	- (Pt.L <sup>-1</sup> )	24	85	>200**	>200**	57
Cor Verdadeira	75 mg Pt.L <sup>-1</sup>	20	65	198	37	7
PARÂMETROS QUÍMICOS	VALOR MÁXIMO					
Salinidade	0,5 ‰	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oxigênio dissolvido	não inferior a 5 mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	6,94	6,92	5,91	7,66	5,85
pH	6,0 a 9,0	6,55	8,0	7,96	9,48	8,26
Alcalinidade	- (mg.L <sup>-1</sup> )	20,0	10,0	14,0	14,0	30,0
Cálcio	- (mg.L <sup>-1</sup> Ca <sup>2+</sup> )	1,8	3,66	3,66	10,98	14,64
Magnésio	- (mg.L <sup>-1</sup> Mg <sup>2+</sup> )	5,39	3,66	16,47	7,32	10,98
Cloreto total	250 mg.L <sup>-1</sup> Cl <sup>-</sup>	4,16	4,59	3,50	7,88	5,91
Fluoreto total	1,4 mg.L <sup>-1</sup> F <sup>-</sup>	0,971	0,915	0,760	0,879	0,852
Nitrato	10,0 mg.L <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3	0,2	0,1	0,3	0,9
Nitrito	1,0 mg.L <sup>-1</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,062	0,067	0,051	0,010	0,073
Nitrogênio Amoniacal total	< 3,7 mg.L <sup>-1</sup> para pH ≤ 7,5 < 2,0 mg.L <sup>-1</sup> para 7,5 < pH ≤ 8,0 < 1,0 mg.L <sup>-1</sup> para 8,0 < pH ≤ 8,5 < 0,5 mg.L <sup>-1</sup> para pH > 8,5	0,11	0,37	0,81	0,93	0,54
Nitrogênio Orgânico	- (mg.L <sup>-1</sup> N)	0,93	3,73	5,60	8,4	1,87
DBO	5 mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	4,38	3,01	2,74	6,62	4,37
Sulfato total	250 mg.L <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 2*	< 2*	< 2*	< 2*	< 2*
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	VALOR MÁXIMO					
Coliformes totais	- (NMP.100 mL <sup>-1</sup> )	816,4	> 2419,6	> 2419,6	2419,6	> 2419,6
<i>E. coli</i>	1.000 NMP.100 mL <sup>-1</sup>	214,3	980,4	> 2419,6	172,3	160,7
PARÂMETROS HIDROBIOLÓGICOS	VALOR MÁXIMO					
Clorofila-a	30 µg.L <sup>-1</sup>	1,58	1,40	1,80	387,51	98,52
PARÂMETROS METAIS	VALOR MÁXIMO					
Ferro Total	(mg.L <sup>-1</sup> Fe)	0,15	0,55	0,22	0,06	0,08
Cobre Total	(mg.L <sup>-1</sup> Cu)	0,02	0,1	0,02	0,02	0,02
Cromo total	0,05 mg.L <sup>-1</sup> Cr	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04
Zinco total	0,18 mg.L <sup>-1</sup> Zn	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02

\* = analito detectado, mas em concentrações abaixo do limite de quantificação do método.

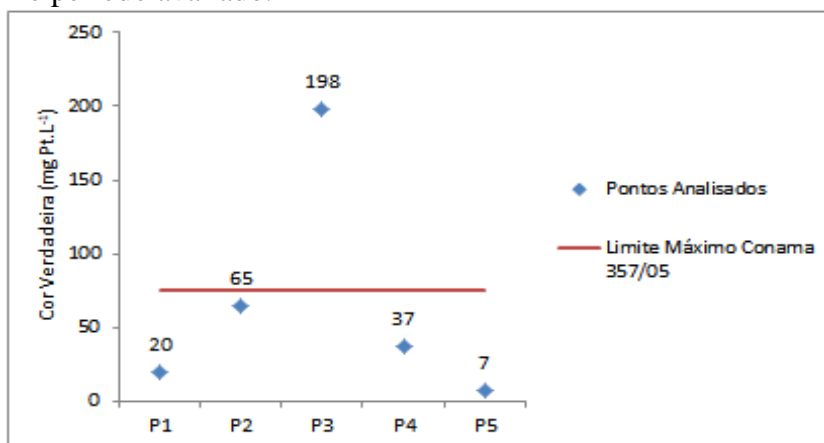
\*\* = analito detectado, mas em concentrações acima do limite de quantificação do método.

## 5.1 Cor, Sólidos e Turbidez

Tanto a Cor como a Turbidez de uma amostra de água estão relacionadas com a capacidade da luz de atravessá-la. Diversos fatores podem contribuir para a redução dessa capacidade, tais como, à presença de sólidos dissolvidos, material em estado coloidal orgânico e inorgânico, sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, como algas e bactérias, plâncton em geral etc. (CETESB, 2016).

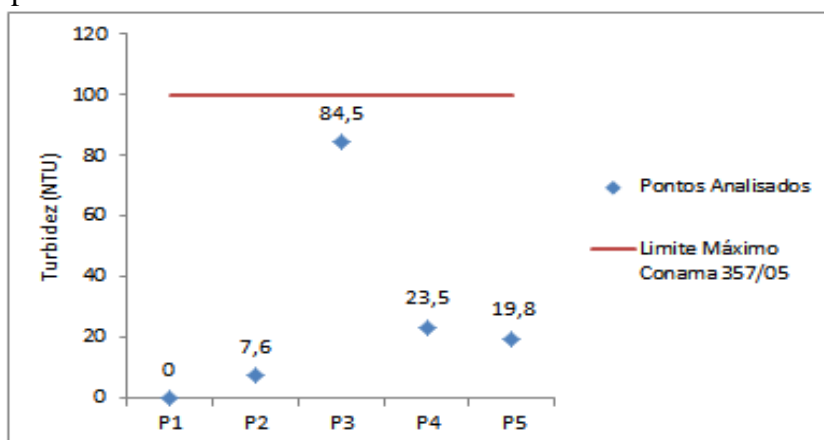
Nos gráficos abaixo podemos observar que o ponto P3 foi o que apresentou maiores valores, tanto em Turbidez como em Cor Verdadeira, tendo neste último, excedido o limite estabelecido pela legislação CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que é de 75 mg Pt.L<sup>-1</sup>.

Figura 10 – Gráfico de resultados da variável Cor Verdadeira no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 – Gráfico de resultados da variável Turbidez no período avaliado.

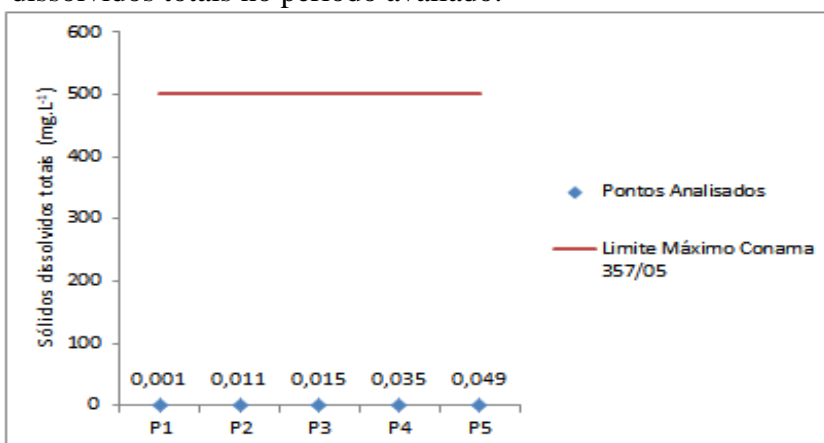


Fonte: Próprio autor.

Segundo Condo (2016), pontos próximos à captação de água da Estação de Tratamento 006 tendem a ser mais suscetíveis a valores altos de Cor e Turbidez nos períodos chuvosos, pois apresentam maior vulnerabilidade do solo da sub-bacia do ribeirão Taquaruçu Grande em relação ao assoreamento nos períodos chuvosos.

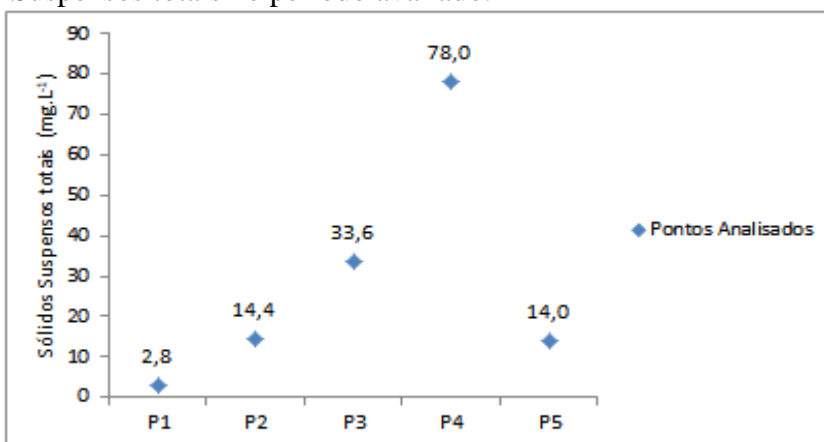
Os Sólidos Dissolvidos representam a fração filtrável dos Sólidos Totais, sendo a medida da quantidade de íons provenientes da dissolução dos sais nas águas. Estes sólidos podem ser originados tanto do intemperismo das rochas (principalmente calcárias), como de contribuições de origem antrópica (lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais) (AZURIT ENGENHARIA LTDA.; VISÃO AMBIENTAL LTDA., 2016).

Figura 12 – Gráfico de resultados da variável Sólidos dissolvidos totais no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 13 – Gráfico de Resultados da variável Sólidos Suspensos totais no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), a fração dissolvida dos sólidos deve ser sempre inferior a  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  em águas de Classe 2, o que foi observado, conforme gráfico acima, em todas as amostras coletadas no período de análise.

Com relação aos Sólidos Totais Sedimentáveis e Sólidos Suspensos Totais estes não possuem limite estabelecido pela CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), porém podemos inferir algumas coisas sobre eles. Os Sólidos Totais Sedimentáveis apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método utilizado, com exceção do ponto P4. Já os Sólidos Suspensos Totais foram possíveis quantificar, e notaram-se valores elevados para os pontos P3 e P4 o que já era esperado, tendo em vista a situação dos pontos, como pode ser observado na figura 14. Essa condição pode ser explicada pelo excesso de nutrientes presentes no corpo hídrico e pelo assoreamento das áreas adjacentes, fato que ocorre nos períodos chuvosos, e que representa uma ameaça à vida aquática e as pessoas que possam fazer uso dessa água (CONDO, 2016).

Figura 14 – Situação dos pontos P3 (esquerda) e P4 (direita).

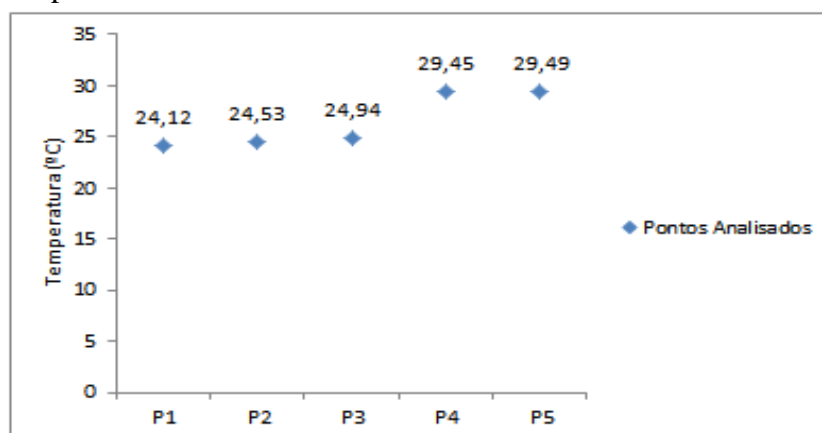


Fonte: Próprio autor.

## 5.2 Temperatura, pH e Condutividade Elétrica

A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas (CETESB, 2016). Para os pontos analisados não houve muita variação na temperatura entre P1, P2 e P3 ficando todos na casa dos  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ , já nos pontos P4 e P5 houve uma elevação para a casa dos  $29 \text{ }^\circ\text{C}$ , como pode ser observado na figura 15. A elevação da temperatura aumenta a taxa de transferência de gases o que pode provocar mau cheiro no caso de liberação de gases com odores desagradáveis e diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás (VON SPERLING, 2007).

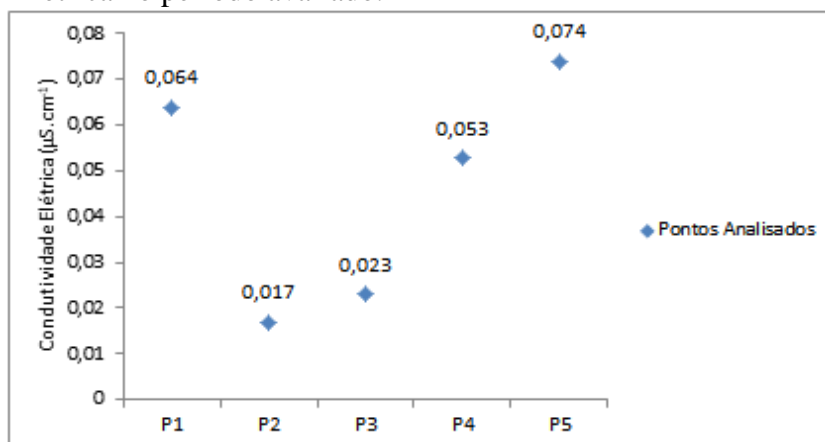
Figura 15 – Gráfico de Resultados da variável Temperatura no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com IGAM (2010), a condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta e altos valores podem indicar características corrosivas da água. Os resultados de Condutividade Elétrica no trabalho aqui monitorado variaram de  $0,017 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $0,074 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , conforme Figura 16. A CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) não estabelece limite para Condutividade, porém segundo a Cetesb (2016) em geral, níveis superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados.

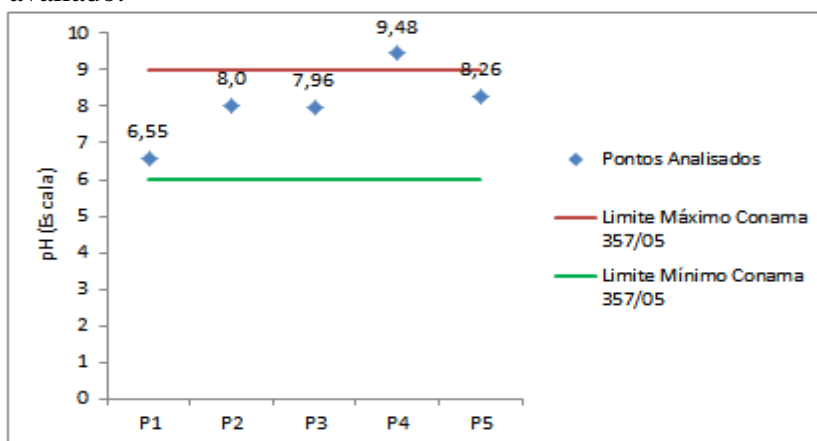
Figura 16 – Gráfico de Resultados da variável Condutividade Elétrica no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

No que diz respeito ao pH sua influência sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2016). Nos pontos analisados, o pH em sua grande maioria esteve na faixa aceita pela legislação, exceto no ponto P4, onde o limite máximo foi excedido, como mostrado no gráfico abaixo. Segundo Condo (2016) o aumento das chuvas provoca o aumento do pH, que é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

Figura 17 – Gráfico de Resultados da variável pH no período avaliado.

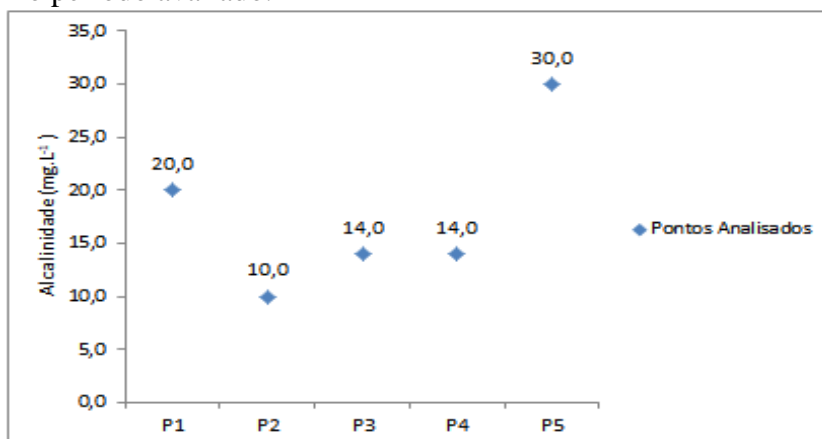


Fonte: Próprio autor.

### 5.3 Alcalinidade, Dureza Total e Cloretos

Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos. Não há limite estabelecido para Alcalinidade na resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), porém sabe-se que carbonatos e hidróxidos podem aparecer em águas onde ocorre floração de algas (eutrofização) (CETESB, 2016), característica esta, observada no ponto P5 que conforme a figura 18 demonstra foi o que apresentou maior valor de Alcalinidade 30 mg/L.

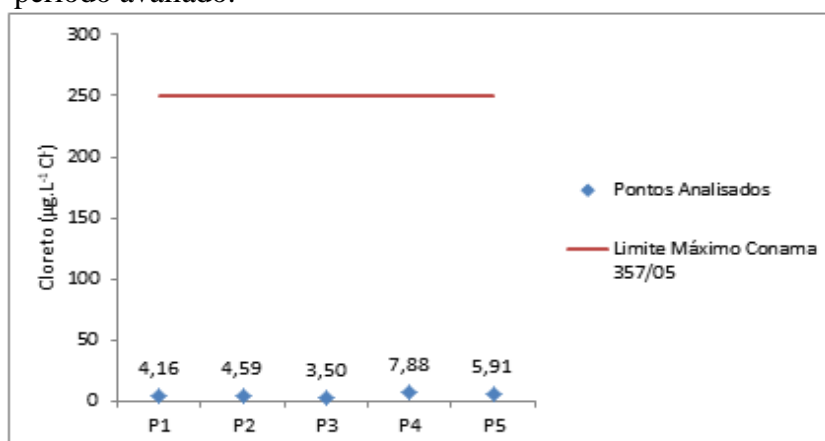
Figura 18 – Gráfico de Resultados da variável Alcalinidade no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Nas águas superficiais, as principais fontes de cloreto são as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos (WHO, 2014). O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. Ele também apresenta influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2016). A figura a seguir apresenta os valores encontrados para cloreto.

Figura 19 – Gráfico de Resultados da variável Cloreto no período avaliado.



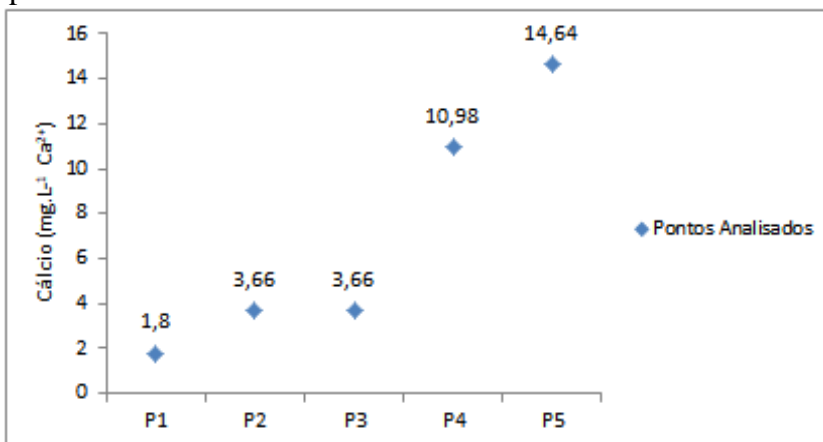
Fonte: Próprio autor.



Os teores de Cloreto foram baixos nas águas monitoradas, típicos de ambientes pouco salinizados. Os valores registrados variaram de  $3,50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cl}^-$  (P3) a  $7,88 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cl}^-$  (P4), estando muito abaixo do limite estabelecido pela legislação, que é de  $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cl}^-$ .

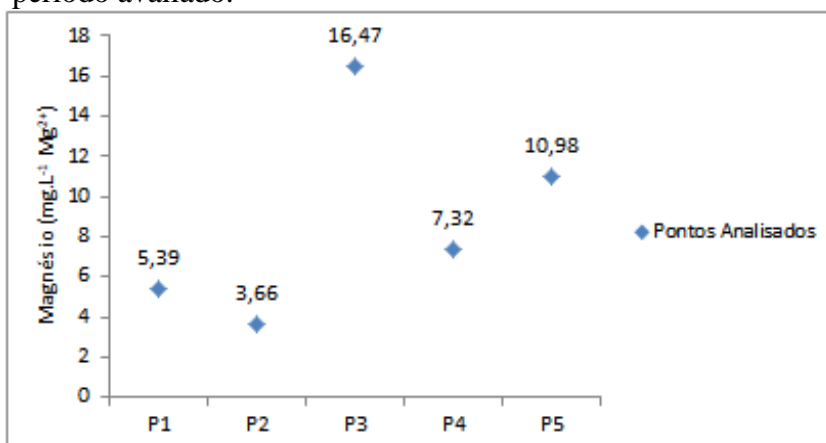
A dureza da água reflete a presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cátions de cálcio e de magnésio, ou cátions de outros metais: bário, ferro, manganês, estrôncio e zinco, sendo que frequentemente estão na forma complexa. Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2011), uma água é designada por água muito dura quando apresenta uma concentração em carbonato de cálcio superior a  $180 \text{ mg.L}^{-1}$ ; dura com concentração entre  $120$  e  $180 \text{ mg.L}^{-1}$ , moderadamente dura entre  $60$ - $120 \text{ mg.L}^{-1}$  e macia quando os teores em carbonato de cálcio são  $< 60 \text{ mg.L}^{-1}$ . Nos pontos monitorados os valores estimados para Dureza (soma dos valores de Cálcio e Magnésio), foram bem abaixo dos  $60 \text{ mg.L}^{-1}$ , como se pode ver nas figuras 20 e 21, podendo assim inferirmos que em todos os pontos analisados a água apresentou natureza macia.

Figura 20 – Gráfico de Resultados da variável Cálcio no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 21 – Gráfico de Resultados da variável Magnésio no período avaliado.



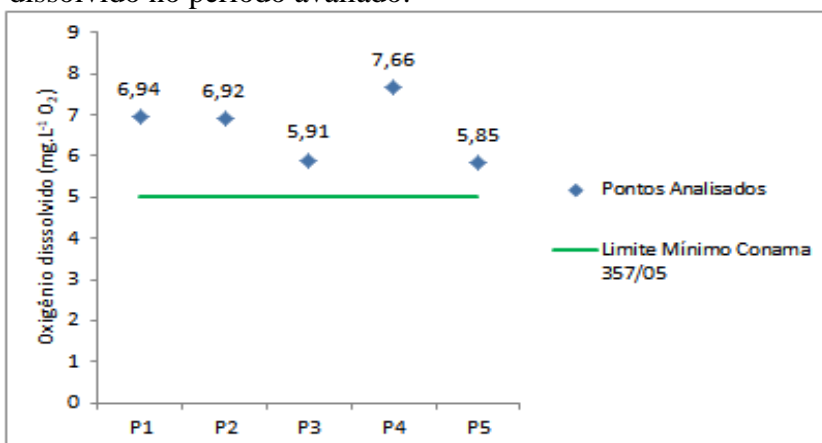
Fonte: Próprio autor.

#### 5.4 DBO e Oxigênio Dissolvido

De acordo com Von Sperling (2007), o Oxigênio Dissolvido (OD) é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. A origem natural deste gás é dada a partir da dissolução do oxigênio atmosférico e por meio da produção por organismos fotossintéticos. Já as origens antropogênicas estão relacionadas à aeração artificial e a produção por organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados.

Ainda de acordo com Von Sperling (2007), o OD é um parâmetro de essencial importância para os organismos anaeróbios, uma vez que durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem o uso deste gás em seus processos respiratórios, o que pode vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, diversos organismos aquáticos podem sofrer consequências indesejáveis, inclusive os peixes. O gráfico abaixo apresenta os resultados encontrados para Oxigênio Dissolvido.

Figura 22 – Gráfico de Resultados da variável Oxigênio dissolvido no período avaliado.



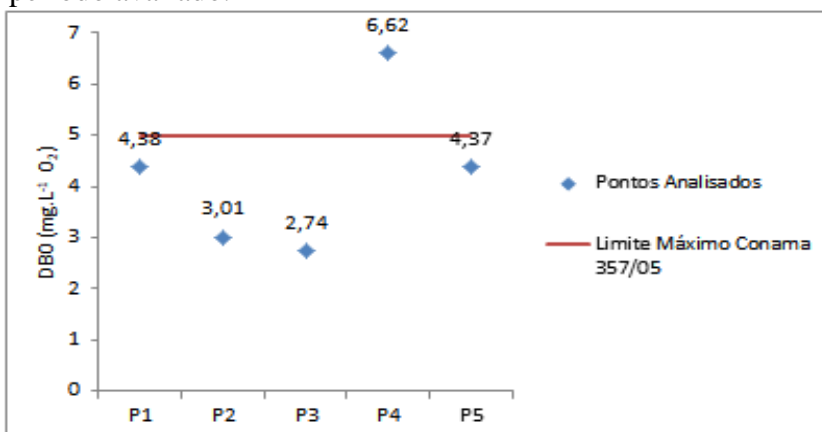
Fonte: Próprio autor.

Para o percurso aqui monitorado, as concentrações de OD atenderam aos limites estabelecidos para águas de Classe 2, nota-se que as águas encontravam-se bem oxigenadas e ideais para a manutenção e o bom desenvolvimento da vida aquática.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), por sua vez, é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg.L<sup>-1</sup>, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica (IGAM, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), a DBO não deve ultrapassar 5,0 mg.L<sup>-1</sup> em águas de Classe 2. Aqui, mais uma vez o ponto P4 apresentou valores em desacordo com a legislação como aponta a figura 23, o que mostra que há um excesso de carga orgânica no local, fato esse realmente observado pela floração de algas no ponto analisado (Figura 14).

Figura 23 – Gráfico de Resultados da variável DBO no período avaliado.



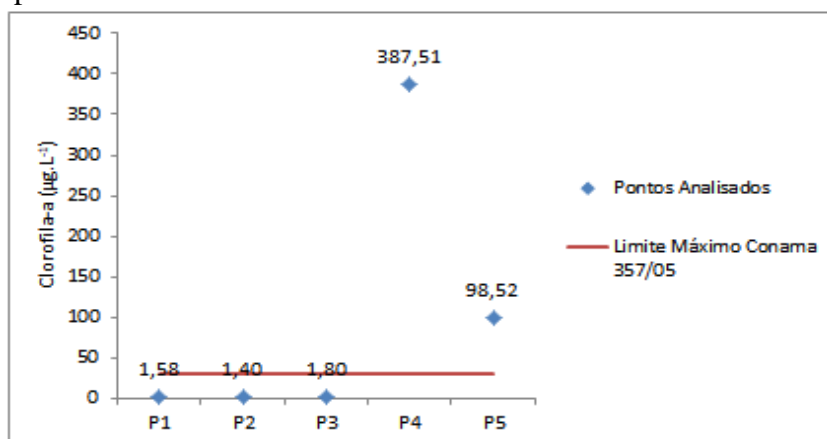
Fonte: Próprio autor.

## 5.5 Clorofila-a e Coliformes Termotolerante (*Escherichia coli*)

A clorofila-a é a mais universal das clorofilas (a, b, c, e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2016).

Como se pode observar na figura 24, os pontos P4 e P5 extrapolaram e muito os valores máximos permitido para este parâmetro, que é de  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Estes valores indicam forte concentração de algas no local, o que caracteriza um ambiente bastante eutrofizado. A figura 26 demonstra de forma bem clara essa condição do corpo hídrico nos pontos coletados. O lançamento de efluente proveniente da ETE Aurenly é um dos fatores a se considerar aqui, porém não o único, pois segundo estudos de Condo (2016) e Marques (2011), a bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande é bastante rica em fosfatos o que contribui para a proliferação dessas algas.

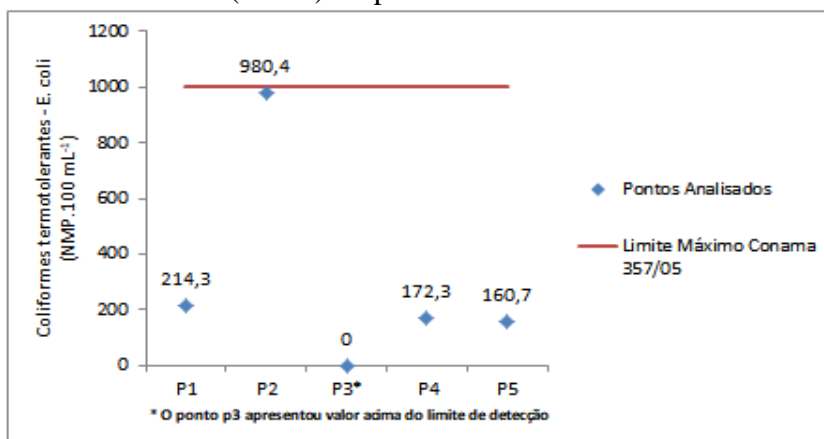
Figura 24 – Gráfico de Resultados da variável Clorofila-a no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal a *E.coli* está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. É considerado o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces (CETESB, 2016). Quanto aos pontos aqui analisados, o gráfico abaixo mostra que apenas P3 apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), acima inclusive do limite de detecção do método, que é de  $2419,6 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$ . Esse resultado aponta possível contaminação fecal no local.

Figura 25 – Gráfico de Resultados da variável Coliformes Termotolerantes (*E.coli*) no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26 - Águas esverdeadas nos pontos P4 (esquerda) e P5 (direita), típico de ambientes eutrofizados.



Fonte: Próprio autor.

## 5.6 Nutrientes

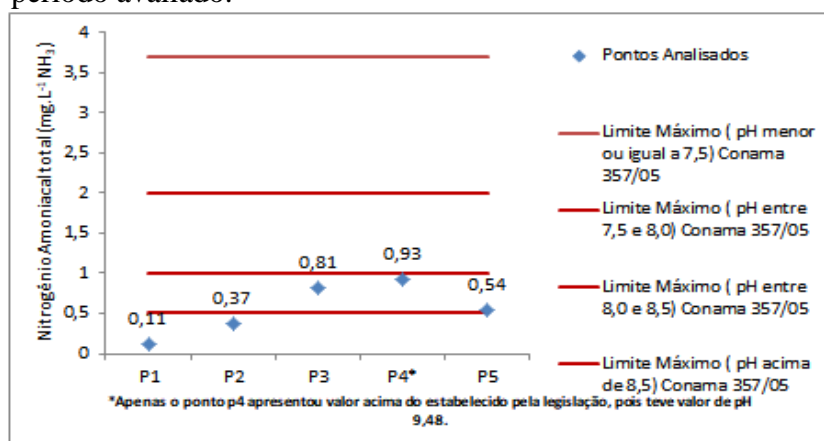
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Podem-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2016).

As fontes de nitrogênio nas águas naturais podem ser diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização (CETESB, 2016).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado (CETESB, 2016).

Neste estudo os resultados de Nitrogênio Amoniacal se mantiveram abaixo do limite da legislação, exceto, mais uma vez, no ponto P4 que ultrapassou o limite para corpo hídrico com pH acima de 8,5 caso deste ponto. Os resultados encontrados estão expostos na figura abaixo

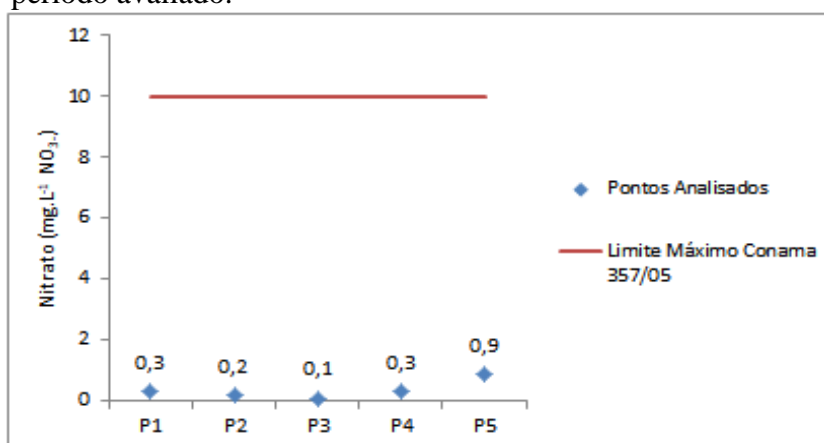
Figura 27 – Gráfico de Resultados da variável Amônia no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

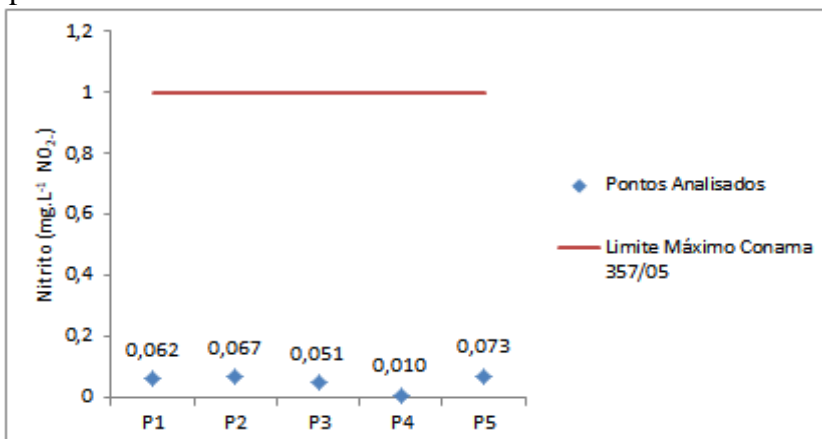
Quanto aos parâmetros nitrito e nitrato, estes apresentaram valores bem abaixo do exigido pela legislação como demonstra as figuras 28 e 29, o nitrogênio orgânico não possui limite estabelecido pela CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), os resultados para o mesmo variaram entre 0,93 mg.L<sup>-1</sup> e 8,4 mg.L<sup>-1</sup>, indicando certa presença desta forma principalmente no ponto P4, que apresentou o maior valor. Ou seja, como abordado anteriormente, a predominância do nitrogênio em sua forma reduzida indica proximidade do foco de poluição, que podem estar associadas às primeiras precipitações que carregam o nutriente para o corpo hídrico através do escoamento superficial.

Figura 28 – Gráfico de Resultados da variável Nitrato no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 29 – Gráfico de Resultados da variável Nitrito no período avaliado.

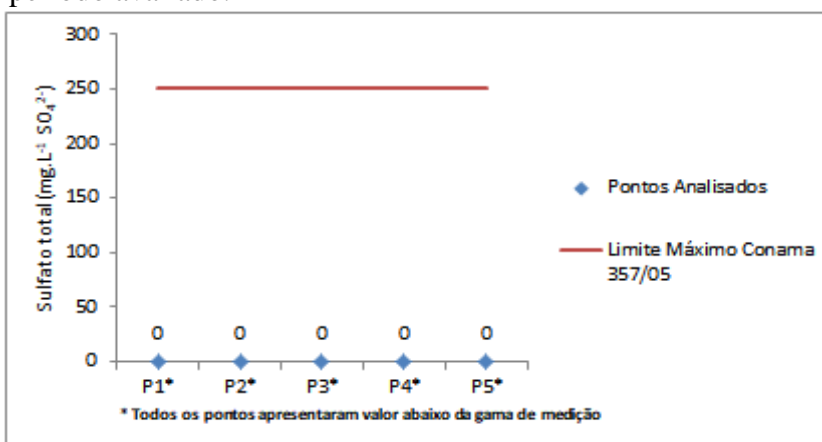


Fonte: Próprio autor.

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas, é proveniente do uso de coagulantes (CETESB, 2016).

Para o sulfato, a legislação ambiental adotada nas análises indica limite de concentração de até 250 mg.L<sup>-1</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Os resultados obtidos atenderam a este limite, como mostra o gráfico abaixo, uma vez que os valores registrados estiveram abaixo da gama de medição do método que é de 2 mg.L<sup>-1</sup>.

Figura 30 – Gráfico de Resultados da variável Sulfato no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

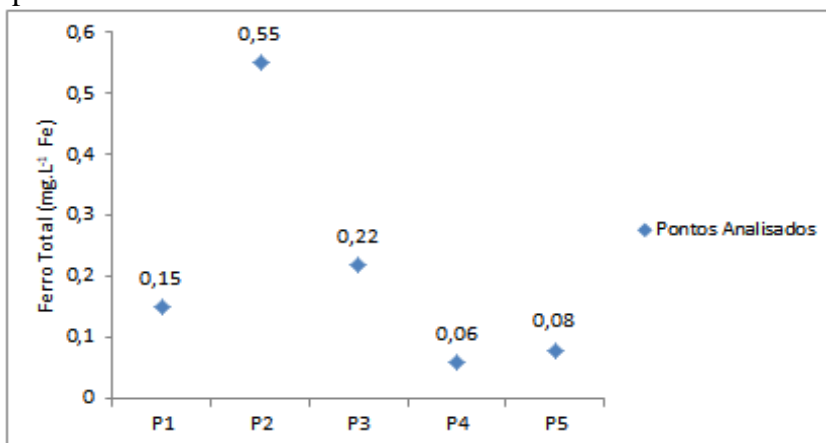


## 5.7 Metais

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.

A CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) não estabelece limite para o Ferro Total, porém como demonstrado na figura 31, o ponto P2 apresentou uma maior elevação para este parâmetro. Segundo a CETESB (2016), nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Esse fato coincide com as características do ponto, que é repleto de chácaras, tornando o solo exposto a esses processos.

Figura 31 – Gráfico de Resultados da variável Ferro no período avaliado.

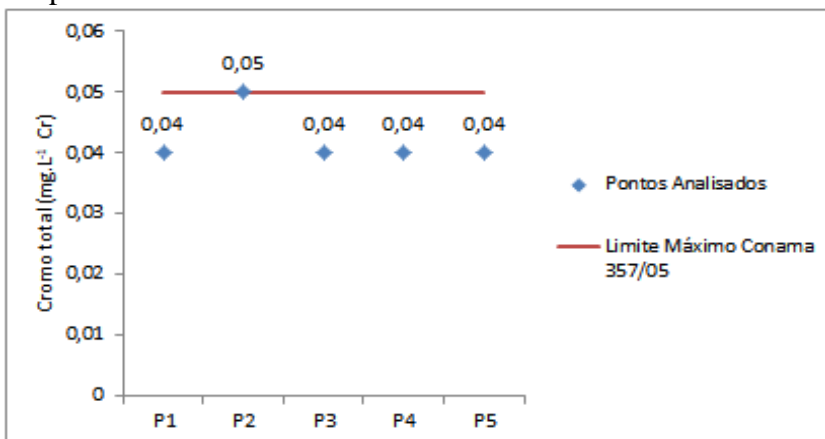


Fonte: Próprio autor.

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de cromo. Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno (CETESB, 2016). Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

Para o Cromo não houve grandes variações conforme podemos ver no gráfico abaixo, os resultados se mantiveram dentro do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que é de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cr}$ .

Figura 32 – Gráfico de Resultados da variável Cromo no período avaliado.

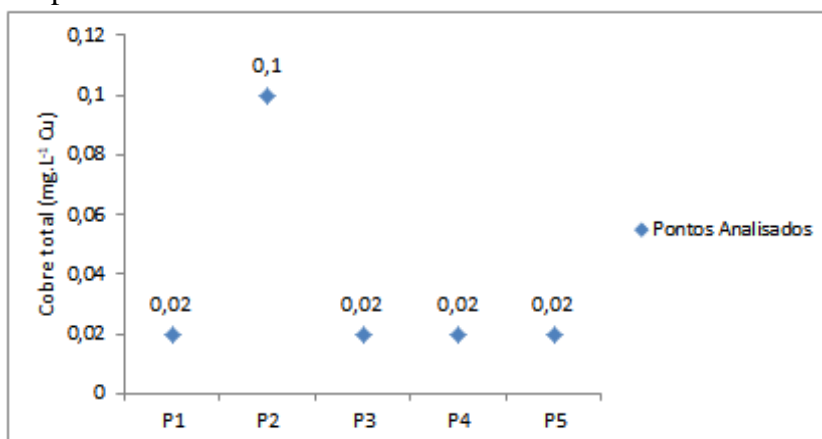


Fonte: Próprio autor.

O cobre tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) é usado como algicida. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses (CETESB, 2016).

Apesar da CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) atribuir limite ao Cobre dissolvido isso não se aplica aos resultados encontrados neste estudo, pois os valores encontrados assim como a variável Ferro são referentes ao Cobre Total. A figura abaixo mostra que o ponto P2 apresentou um pico maior que os outros pontos, porém é importante frisar que o Cobre somente em valores da ordem de  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  por dia, seriam capazes de causar intoxicação em humanos. Para peixes e microrganismos esses valores são bem mais restritos, entre 0,5 e  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Figura 33 – Gráfico de Resultados da variável Cobre no período avaliado.

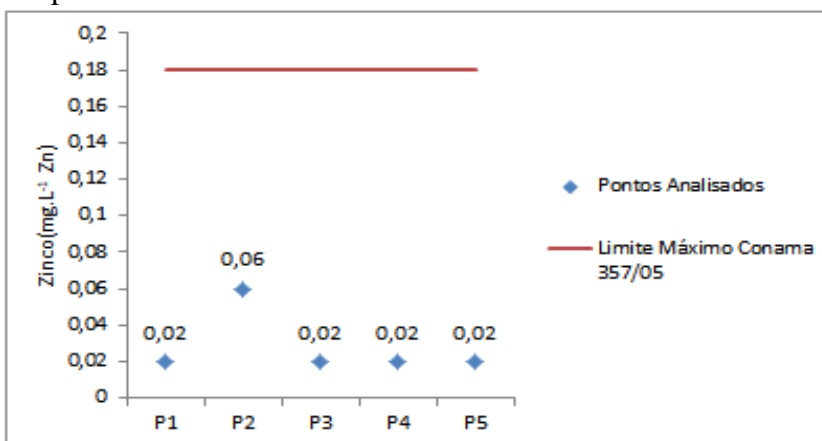


Fonte: Próprio autor.

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Trata-se de um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano (CETESB, 2016). Nos animais, a deficiência em zinco pode conduzir ao atraso no crescimento.

O Zinco apresentou valores bem abaixo do limite estabelecido pela legislação como podemos ver na figura 31, variando entre  $0,02$  e  $0,06 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$ , com o ponto P2 mais uma vez sendo o de resultado mais elevado.

Figura 34 – Gráfico de Resultados da variável Zinco no período avaliado.



Fonte: Próprio autor.

## 5.8 Análise dos Resultados

Analisando os resultados, fica evidente que o ponto P4 foi o mais problemático, este ponto que se encontra no setor Bertaville e fica dentro de uma chácara, ambiente que poderia ser usado para banhos, pescaria, entre outras atividades recreativas, porém o corpo hídrico altamente eutrofizado acaba por se torna um risco para saúde humana e para a fauna da região.

Este problema não é novidade neste setor, as águas esverdeadas e o mau cheiro na região é algo que se estende durante os anos e já foi tema de diversas reportagens. O fator principal é a presença da ETE Aurenny, que apesar da implantação de melhorias pela concessionária não houve mudança aparente e os problemas com o efluente de má qualidade continuam. Porém também existem outros fatores como a elevada presença de fósforo que é característica do ribeirão Taquaruçu Grande, a estrutura sedimentar da bacia que é suscetível à erosão, assim como a interferência antrópica na região.

O ponto P5 também se mostrou eutrofizado, enfatizando os fatores apontados no P4. No ponto P3 foi notada a alta presença de sólidos, causado pela vulnerabilidade do local a assoreamento nos períodos chuvosos. É importante frisar que esses três últimos pontos recebem influência direta do Lago de Palmas, e é onde a captação de água para abastecimento do município ocorre, a má qualidade da água implica em maiores custos para o tratamento da água, o que será refletido nas contas de água dos moradores.

Os dois primeiros pontos não apresentaram grandes alterações, exceto para os metais onde o ponto P2 apresentou uma certa elevação para Ferro, Cromo, Cobre e Zinco. A presença significativa nesses dois primeiros pontos de chácaras e balneários que levam o solo a ficar exposto a carreamento nos períodos chuvosos, assim como a presença de plantações de pequeno porte e acesso irrestrito de gado em alguns locais, podem ser as causas que levaram a este aporte de metais mais elevado no ponto P2.

## 6 CONCLUSÃO

A má qualidade do ribeirão Taquaruçu Grande em especial nos últimos pontos reflete o cenário socioambiental da região, as atividades antrópica torna o corpo hídrico suscetível a receber poluição de diferentes fontes, principalmente nos períodos chuvosos. Medidas como restauração florestal, educação ambiental e o reaproveitamento agrícola do efluente tratado na ETE poderiam atenuar os problemas encontrados nos entornos do ribeirão.

Outro fator importante é que a bacia do ribeirão Taquaruçu apesar de sua grandeza é difícil encontrar estudos relacionados a monitoramento de qualidade da água de um curso de água específico dentro da bacia. Há também carência de informações no que diz respeito aos metais o que representa um perigo para comunidades locais que possam vir a consumir essa água sem o devido conhecimento das condições da mesma. Portanto, estudos como o realizado neste trabalho são de suma importância para a produção de dados sobre um dos principais corpos hídricos da capital do estado e que abastece milhares de pessoas.

Contudo, é importante ressaltar que este trabalho reflete apenas o estudo de uma análise pontual da qualidade da água do ribeirão Taquaruçu Grande, portanto é necessário que haja continuidade para que se possa avaliar melhor as condições deste corpo hídrico.

## 7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Política Nacional de Recursos Hídricos*, s.d. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

AMBRÓSIO, Natália et al. Remoção de metais pesados de efluentes utilizando líquidos iônicos: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50189-50209, 2021.

ALVES, Thalles Delano Cordeiro Vilarins. Análise de desempenho de estações de tratamento de esgoto visando condições de outorga e enquadramento de corpos hídricos: o caso das ETE's Aurenny e Prata, Palmas-TO. 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

AZURIT ENGENHARIA LTDA. (Belo Horizonte - MG); VISÃO AMBIENTAL LTDA. (Belo Horizonte - MG). PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA RELATÓRIO SIMPLIFICADO 03 - 5ª CAMPANHA – JUN/16. *In*: AZURIT ENGENHARIA LTDA. (Belo Horizonte - MG); VISÃO AMBIENTAL LTDA. (Belo Horizonte - MG). **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA RELATÓRIO SIMPLIFICADO 03 - 5ª CAMPANHA – JUN/16**. Belo Horizonte - MG, 2016. Disponível em: <https://ferreiragomesenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/2017.03.20-Relat%C3%B3rio-Trimestral-6%C2%AA-Campanha-de-Monitoramento-de-Qualidade-de-%C3%81gua.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº.8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº. 53, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

BRK AMBIENTAL. **Estação de Tratamento de Água em Palmas terá desligamentos para conclusão de obras de ampliação**. 2020. Disponível em:

<<https://brkambiental.com.br/tocantins/palmas/estacao-de-tratamento-de-agua-em-palmas-tera-desligamentos-para-conclusao-de-obras-de-ampliacao>>. Acesso em: 20 de julho de 2021

CAMPOS, Maria Lucia et al. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.4, p, 361-367, abr. 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem (Apêndice E). São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: Dez. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB et al. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. In: **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. 2011. p. 325-325.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Índices de Qualidade das Águas (Apêndice D). São Paulo, 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: Dez. 2021

CONDO, César Ricardo Palomino. Avaliação da qualidade da água do ribeirão Taquaruçu durante o processo de implantação do Projeto Produtor de Águas. 2016.

CIPRIANO CARMO, Mariana *et al.* ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS USOS DA ÁGUA: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, PALMAS-TO. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília/DF, 2015. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/download-2015-UEFQMDE5NjcxLnBkZg==>. Acesso em: 14 jul. 2021.

CRISÓSTOMO DO CARMO, Mafalda et al. Plano de Proteção das Reservas Hídricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande em Palmas Tocantins. 2018.

D'AGUILA, Paulo Soares; ROQUE, O. C. da Cruz; MIRANDA, Carlos Alberto Silva; FERREIRA, Aldo Pacheco. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. 2000. Artigo publicado. Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro – RJ.

DA SILVA, Geilson Rodrigues et al. Avaliação físico-química e quantificação de metais potencialmente tóxicos em águas superficiais do rio Jauru. **Revista Internacional de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 268-280, 2018.

DE REZENDE PINTO, Fernanda et al. Presença de metais em água de fontes de abastecimento durante época de chuvas presence of metals in supply drinking water sources in the rainy season. 2010.

DO NASCIMENTO, Carlos Augusto; NAIME, Roberto. Panorama do uso, distribuição e contaminação das águas superficiais no Arroio Pampa na bacia do Rio dos Sinos. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 5, n. 1, p. 101-120, 2009.

FRIAS, Danila Fernanda Rodrigues et al. Variação espaço-temporal da concentração de Escherichia coli em águas superficiais e a saúde pública. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 60, p. 77-86, 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2009. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2010. 154 p.

Mancha verde e mau cheiro no Ribeirão Taquaruçu preocupam moradores em Palmas. **G1**, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2020/01/10/mancha-verde-e-mau-cheiro-no-ribeirao-taquarucu-preocupam-moradores-em-palmas.ghtml>>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5. Brasil: Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano – Brasília, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasil: Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano – Brasília, 2006.

REIS, Mateus Vinícius. Determinação de Cd, Cu e Pb em águas superficiais no Médio Rio Uruguai e seus afluentes. 2019.

RICE, EUGENE W.; BAIRD, RODGER B.; EATON, ANDREW D.; CLESCERI, LENORE S. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23ª Edição. ed. [S. l.]: Editora Pharmabooks, 2017. 1496 p. ISBN 10 - 087553287X.

SILVA NETO, Antonio Rodrigues da. Cenários de abastecimento futuro de Palmas-TO com base na simulação da disponibilidade hídrica do Ribeirão Taquarussu Grande. 2011.

VINÍCIO CARDOSO, Marcos et al. Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos Superficiais-Palmas, TO-Brasil. 2018.

VON SPERLING. Estudo e mofelagem da qualidade da água de rios. 2007. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.

WHO (2011) - Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition, Geneva.

WHO. Boron in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2003. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/boron.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/boron.pdf). Acesso em: 22 mar. 2021