



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"  
Programa Interunidades



Mestrado

---

## Engenharia Civil e Ambiental

**ELISEU FIGUEIREDO NETO**

**VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOURADO  
PERTENCENTE À BACIA TIETÊ-BATALHA**

Bauru  
2018

**ELISEU FIGUEIREDO NETO**

**VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOURADO  
PERTENCENTE À BACIA TIETÊ-BATALHA**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Lodi



Bauru  
2018

Figueiredo Neto, Eliseu.

Verificação da qualidade da água do rio Dourado  
pertencente à bacia Tietê-Batalha / Eliseu Figueiredo  
Neto, 2018

82 f. : il.

Orientador: Paulo Cesar Lodi

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2018

1. Rio Dourado. 2. Análise de Águas Superficiais. 3.  
Tietê-Batalha. I. Universidade Estadual Paulista.  
Faculdade de Engenharia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ELISEU FIGUEIREDO NETO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 28 dias do mês de agosto do ano de 2018, às 10:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. PAULO CESAR LODI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. SANDRA REGINA RISSATO do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - UNESP - Bauru, Profa. Dra. LILIANE LAZZARI ALBERTIN do(a) Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ELISEU FIGUEIREDO NETO, intitulada **VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO DOURADO PERTENCENTE À BACIA TIETÊ-BATALHA**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. PAULO CESAR LODI

Profa. Dra. SANDRA REGINA RISSATO

Profa. Dra. LILIANE LAZZARI ALBERTIN

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família por sempre acreditarem em meu potencial e me darem força para continuar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve presente em minha vida e por conduzir-me para o fim de mais uma jornada.

Ao meu orientador Dr. Paulo César Lodi, pelo empenho, aprendizado, paciência e parceria. Minha eterna gratidão.

A Prof. Dra. Sandra Regina Rissato, por todo apoio na parte química do trabalho e pelo uso do laboratório.

A prof. Dra Ilza, por ser minha co-orientadora.

A estagiária de química Karen, pelo apoio e ajuda com o preparo e análise das amostras.

A estagiária de química Richelly, pelo apoio e ajuda com o preparo e análise das amostras.

Aos professores do programa por transmitirem seus conhecimentos. Em especial ao professor Dr. Gustavo Manzato que tive a chance de estagiar em uma de suas matérias, muito obrigado.

Aos funcionários da sessão de pós-graduação pelo eficiente suporte dado durante o programa.

À agência de fomento CAPES pelo financiamento dos meus estudos.

À toda minha família pelo incentivo, e força em todas as etapas desse projeto. Em especial meu pai Eliseu Figueiredo Junior que foi meu parceiro no momento das coletas das amostras, minha mãe pela parceria e incentivo para conseguir superar desafios, e a todos amigos e familiares que me ajudaram de alguma forma.

## RESUMO

O rio Dourado é um afluente do rio Tietê, pertencente a Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha. Está localizado no Centro Oeste Paulista e sua região possui vocação agrícola, além de atividades pecuárias e turísticas. Tais atividades podem vir a comprometer a qualidade do rio ao longo do tempo. Diante disso, este trabalho verificou a qualidade da água superficial do rio Dourado utilizando a Resolução CONAMA e CETESB como referência dos parâmetros avaliados. Os principais elementos avaliados foram os metais alumínio, bário, arsênio e cádmio além de outros fatores físico-químicos como condutividade elétrica, nitrito, nitrato, DBO, DQO, PH, Fósforo, temperatura da água, transparência e turbidez. Para tanto, foram demarcados 6 pontos de amostragem ao longo do rio com coletas a cerca de 30 cm de profundidade. Diante dos resultados obtidos, podem-se elencar as principais conclusões a seguir: dentre todos os metais, o alumínio e o cádmio apresentaram valores acima do permitido pelo CONAMA (357 e 274). O maior problema encontrado foi em relação a condutividade elétrica, pois os pontos 4, 5 e 6 ficaram acima do limite permitido pela CETESB. Os valores foram crescendo sentido a jusante do rio. Isso, devido principalmente à falta do emprego de técnicas conservacionistas nas margens do rio, no qual os sais tendem a acumularem-se a caminho da foz. Porém notou-se que o rio Dourado encontra-se com seu padrão de qualidade conforme a resolução CONAMA para rios de classe 2.

**Palavras-chave:** Rio Dourado, Análise de Águas Superficiais, Tietê-Batalha.

## ABSTRACT

The Dourado River is a tributary of the Tietê river, belonging to the Tietê-Batalha Basin. It is located in the Center West Paulista and its region has an agricultural vocation, besides livestock and tourist activities. Such activities may compromise the quality of the river over time. In this sense, this work verified the quality of the surface water of the Dourado River using the CONAMA Resolution as a reference of the evaluated parameters. The main elements evaluated were metals cadmium, lead, chromium and aluminum, as well as other physico-chemical factors such as electrical conductivity, nitrite, nitrate and others. Six sampling points were demarcated along the river with collections at about 30 cm depth. Considering the results obtained, the following main conclusions can be drawn: among all metals, aluminum and cadmium presented values above that allowed by CONAMA (357 and 274). The main problem was in relation to electrical conductivity, since points 4, 5 and 6 were above the limit allowed by CETESB. The values grew exponentially downstream. This is mainly due to the lack of conservationist techniques on the banks of the river, where salts tend to accumulate on the way to the end of the river. However, it was noted that the Dourado River remains its quality standard according to the CONAMA resolution considering rivers of class 2.

**Keywords:** Dourado River, Surface Water Analysis, Tietê-Batalha.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Visão ampla da área do trabalho.....                                                                | 20 |
| Figura 2 - Visão ampla da UGRHI 16 (Subbacia do rio Dourado).....                                              | 21 |
| Figura 3 - Visão detalhada da subbacia do rio Dourado dentro da UGRHI 16 .....                                 | 23 |
| Figura 4 - Visão ampla da área do trabalho.....                                                                | 26 |
| Figura 5 - Visão dos pontos e distância entre eles.....                                                        | 27 |
| Figura 6 - Frascos de armazenagem.....                                                                         | 28 |
| Figura 7 - Espectrofotômetro De Emissão Óptica Com Plasma - ICP OES .....                                      | 30 |
| Figura 8 - Termômetro. ....                                                                                    | 31 |
| Figura 9 - Disco de secchi. ....                                                                               | 31 |
| Figura 10 - Turbidímetro. ....                                                                                 | 32 |
| Figura 11 - Condutivímetro de bolso.....                                                                       | 32 |
| Figura 12 - PHmetro de bolso. ....                                                                             | 33 |
| Figura 13 - Curva de calibração para análises de Nitrato.....                                                  | 34 |
| Figura 14 - Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de Nitrato. ....           | 35 |
| Figura 15 - Curva de calibração para análises de Nitrito.....                                                  | 40 |
| Figura 16 - Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de nitrito. ....           | 40 |
| Figura 17: Curva de calibração para análises de Fosfato. ....                                                  | 44 |
| Figura 18: Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de fosfato. ....            | 44 |
| Figura 19 - Amostra titulada. ....                                                                             | 46 |
| Figura 20 - Tampa de borracha e espátula de Hidróxido de Lítio. ....                                           | 47 |
| Figura 21 - Vidro âmbar e leitor de DBO com agitador magnético.....                                            | 47 |
| Figura 22 - Temperatura da água. ....                                                                          | 52 |
| Figura 23 - Transparência pelo disco de secchi. ....                                                           | 53 |
| Figura 24 - Valores de Turbidez das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....   | 54 |
| Figura 25 - Potencial Hidrogeniônico. ....                                                                     | 55 |
| Figura 26 - Valores de DBO (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. .... | 56 |

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 27 - Valores de DQO (mg/L) das análises de água e o limite exigido para despejo de curtumes. ....                 | 57 |
| Figura 28 - Valores de Nitrato (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....       | 57 |
| Figura 29 - Valores de Nitrito (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....       | 58 |
| Figura 31 - Valores de Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das análises de água e o valor limite pela CETESB. .... | 59 |
| Figura 32 - Valores de Alumínio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....      | 60 |
| Figura 33 - Valores de Arsênio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....       | 61 |
| Figura 34 - Valores de Bário (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....         | 61 |
| Figura 35 - Valores de Cádmio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2. ....        | 62 |

## Lista de Tabelas

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Abastecimento de água. ....                          | 24 |
| Tabela 2: Coleta e tratamento de esgoto. ....                  | 25 |
| Tabela 3: Coordenadas dos pontos de coleta. ....               | 26 |
| Tabela 4: Curva de calibração. ....                            | 34 |
| Tabela 5: Resultados das amostras em mg/L. ....                | 35 |
| Tabela 6: Curva de calibração. ....                            | 39 |
| Tabela 7: Resultados das amostras em ug/L e mg/L. ....         | 41 |
| Tabela 8: Curva de calibração. ....                            | 43 |
| Tabela 9: Resultados das amostras em mg/L. ....                | 45 |
| Tabela 10: Variáveis físicas da água. ....                     | 48 |
| Tabela 11: Variáveis químicas da água. ....                    | 49 |
| Tabela 12: Variáveis químicas da água. ....                    | 50 |
| Tabela 13: Resultados analíticos de parâmetros de Metais. .... | 51 |

## Sumário

|          |                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>JUSTIFICATIVA .....</b>                                                        | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>                                                            | <b>4</b>  |
| 3.1      | OBJETIVO GERAL .....                                                              | 4         |
| 3.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                       | 4         |
| <b>4</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                                | <b>5</b>  |
| 4.1      | INSUMOS AGRÍCOLAS .....                                                           | 6         |
| 4.2      | METAIS TÓXICOS E POTENCIALMENTE TÓXICOS .....                                     | 7         |
| 4.2.1    | Alumínio. ....                                                                    | 8         |
| 4.2.2    | Arsênio .....                                                                     | 9         |
| 4.2.3    | Bário.....                                                                        | 10        |
| 4.2.4    | Cádmio .....                                                                      | 11        |
| 4.3      | VARIÁVEIS FÍSICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....                                       | 11        |
| 4.3.1    | Temperatura da água .....                                                         | 11        |
| 4.3.2    | Transparência .....                                                               | 12        |
| 4.3.3    | Turbidez.....                                                                     | 12        |
| 4.4      | VARIÁVEIS QUÍMICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....                                      | 13        |
| 4.4.1    | Série de Nitrogênio (Nitrito e Nitrato) .....                                     | 13        |
| 4.4.2    | Fosfato.....                                                                      | 15        |
| 4.4.3    | Demanda Química de Oxigênio – DQO.....                                            | 15        |
| 4.4.4    | Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.....                                         | 16        |
| 4.4.5    | Condutividade .....                                                               | 17        |
| 4.4.6    | Potencial Hidrogeniônico – pH.....                                                | 17        |
| <b>5</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                  | <b>19</b> |
| 5.1      | MATERIAIS EMPREGADOS NA COLETA.....                                               | 19        |
| 5.2      | CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....                                         | 19        |
| 5.2.1    | Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídricos 16. ....                             | 19        |
| 5.2.2    | Bacia Hidrográfica do Rio Dourado.....                                            | 22        |
| 5.2.3    | Abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto.....                         | 24        |
| 5.3      | MÉTODO DE PESQUISA .....                                                          | 25        |
| 5.3.1    | Coleta de amostras.....                                                           | 25        |
| 5.3.2    | Parâmetros analíticos .....                                                       | 28        |
| 5.3.3    | Método de análise de metais por espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP |           |
| OES      | 29                                                                                |           |
| 5.3.4    | Método para mensurar a temperatura da água e ambiente .....                       | 30        |
| 5.3.5    | Método para mensurar a Transparência pelo disco de secchi.....                    | 31        |

|          |                                                                          |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.6    | <i>Método para análise de turbidez</i> .....                             | 32        |
| 5.3.7    | <i>Método para medir a condutividade</i> .....                           | 32        |
| 5.3.8    | <i>Método para medir o pH</i> .....                                      | 33        |
| 5.3.9    | <i>Método para análise de nitrato</i> .....                              | 33        |
| 5.3.10   | <i>Método para análise de nitrito</i> .....                              | 36        |
| 5.3.11   | <i>Método para análise de fosfato</i> .....                              | 41        |
| 5.3.12   | <i>Método para análise de demanda química de oxigênio (DQO)</i> .....    | 45        |
| 5.3.13   | <i>Método para análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)</i> ..... | 47        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                                      | <b>48</b> |
| 6.1      | DISCUSSÃO DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA.....                  | 51        |
| 6.1.1    | <i>Temperatura da água</i> .....                                         | 51        |
| 6.1.2    | <i>Transparência pelo disco de secchi</i> .....                          | 52        |
| 6.1.3    | <i>Turbidez</i> .....                                                    | 53        |
| 6.1.4    | <i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i> .....                               | 54        |
| 6.1.5    | <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO</i> .....                        | 55        |
| 6.1.6    | <i>Demanda Química de Oxigênio – DQO</i> .....                           | 56        |
| 6.1.7    | <i>Série de Nitrogênio – Nitrato, Nitrito</i> .....                      | 57        |
| 6.1.8    | <i>Fosfato</i> .....                                                     | 58        |
| 6.1.9    | <i>Condutividade</i> .....                                               | 59        |
| 6.2      | DISCUSSÕES DAS VARIÁVEIS DE METAIS .....                                 | 60        |
| 6.2.1    | <i>Alumínio</i> .....                                                    | 60        |
| 6.2.2    | <i>Arsênio</i> .....                                                     | 60        |
| 6.2.3    | <i>Bário</i> .....                                                       | 61        |
| 6.2.4    | <i>Cádmio</i> .....                                                      | 62        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÕES</b> .....                                                  | <b>63</b> |
| <b>8</b> | <b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....                            | <b>65</b> |
| <b>9</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                  | <b>66</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da população, ocorreu uma expansão na procura de recursos naturais, sendo um deles a água. Assim gerando cada vez mais a preocupação da qualidade desse recurso que pode ser utilizado de diversas maneiras, sendo a de maior necessidade o consumo natural, portanto, sem a presença de agentes patogênicos. Esperando preservar os recursos naturais e as espécies que o habitam, o homem busca conhecer os impactos ambientais que suas atividades rotineiras possam causar para assim poder descobrir formas de mitigar os impactos negativos (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

A poluição da água tem sido objeto de preocupação constante por diversos pesquisadores e caracteriza-se pela degradação devido a fatores naturais ou antrópicos. Porém é preciso diferenciar a poluição da contaminação, já que podem ser confundidas facilmente. Poluição é quando a água possui modificação de suas características físicas e químicas, porém não afetando a saúde do homem. Já a contaminação refere-se à transmissão pela água de substâncias ou microrganismos nocivos à saúde humana, portanto pode não implicar em desequilíbrio ecológico, pois a água nociva ao ser humano impreterivelmente pode não gerar problemas para os seres aquáticos (BRAGA, 2005).

A poluição da água dos rios é um fato importante a ser considerado, pois como supracitado, seu consumo é essencial para o ser humano. Neste contexto, um problema ambiental recorrente vem chamando a atenção na bacia Tietê-Batalha (SP): a contaminação por metais pesados (CARDOSO, 2014) .

Os rios são escoadouros naturais de suas áreas adjacentes, são sistemas complexos que formam suas Bacias Hidrográficas. A complexidade desses sistemas lóticos deve-se ao tipo de uso da terra, a geologia, o tamanho e formas das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais (TOLEDO & NICOLELLA, 2002). O rio Tietê é dividido em 6 Bacias Hidrográficas, devido ao seu tamanho, ele nasce perto da Capital de São Paulo percorre praticamente todo o estado desaguando no rio Paraná. O conceito de Bacia Hidrográfica (BH) no estudo hidrológico vem a ser o conjunto de terras onde toda a drenagem da água resulte em um corpo principal e seus afluentes (TUCCI, 1997). A Bacia

Hidrográfica geralmente leva o nome de seu rio principal, podendo ser dividida em Microbacias ou subbacias dependendo de sua importância ou estudo.

A subbacia em estudo tem predominância agropecuária existindo várias usinas de etanol e açúcar derivados da cana-de-açúcar (CETESB, 2016). Sendo assim, o uso de fertilizantes, defensivos e outros insumos agrícolas são essenciais para o cultivo desses canaviais, podendo ser carregados até os rios.

O uso indiscriminado de metais pesados através da pulverização de defensivos agrícolas, uso nas indústrias e em diversos tipos de tintas e etc. A questão é que possuem a característica de alta reatividade e bioacumulação, ou seja, podem desencadear diversos tipos de reações químicas e organismos vivos podem não metabolizá-los, permanecendo em caráter cumulativo ao longo da cadeia alimentar. Todos os metais podem ser solubilizados pela água, podendo gerar danos à saúde em função da quantidade ingerida, pela sua toxicidade, ou de seus potenciais carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos. Como exemplo de metais tóxicos pode-se citar: cádmio, arsênio, bário etc (BELLUTA, 2008).

Além disso, um organismo aquático pode apresentar dois tipos básicos de comportamento em relação aos metais: ser sensível à ação tóxica do metal ou não ser sensível, porém o efeito de bioacumular potencializar a ação nociva ao longo da cadeia alimentar, colocando em risco organismos situados no topo dessa cadeia (BRAGA, 2005).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo verificar a qualidade da água do Rio Dourado da sua Foz no Rio Tietê até sua nascente. Para tanto, foram avaliadas as quantidades de metais tóxicos e algumas variáveis químicas como DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), Nitrato, Nitrito, Fosfato, PH e Condutividade.

## 2 JUSTIFICATIVA

A água é vital para o desenvolvimento dos seres vivos, portanto sua quantidade além de sua qualidade é de suma importância para as espécies. A deterioração desse recurso ao longo dos anos tem aumentado consideravelmente, principalmente pelas atividades humanas, colocando em risco os diversos ecossistemas do globo. O rio Dourado passa por zonas agrícolas, pecuárias, urbanas e industrial até desaguar no rio Tietê ao qual encontra-se em vários pontos com uma deterioração avançada. Muitos contaminantes, entre eles, os metais, são carregados da bacia para o leito dos rios. De acordo com Cardoso (2014), em sua dissertação constatou-se que o ponto pertencente a foz do rio Dourado obteve índices mais elevadas quando comparado com outros pontos de coleta. Os efeitos danosos que estes metais e ou outros contaminantes causam à natureza já foram descritos anteriormente mostrando a gravidade de uma possível contaminação desses compostos. Faz-se então necessário a verificação da qualidade da água para que ações locais e governamentais possam ser tomadas no sentido de minimizar seus efeitos, lembrando que, de acordo com o relatório zero da UGRHI-16 realizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Batalha de 2000 o rio Dourado está classificado como classe 2 de acordo com o CONAMA. Somando a esta pesquisa, outros trabalhos podem surgir no sentido de melhor conhecer-se as fontes de contaminação desta bacia hidrográfica.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Verificar a qualidade da água do rio Dourado da nascente navegável até sua foz no rio Tietê.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Comparar e quantificar os metais como Alumínio, Bário, Arsênio e Cadmio;
- Comparar e correlacionar com a literatura as quantidades de algumas variáveis físico como temperatura da água transparência e turbidez;
- Comparar e correlacionar com a literatura as quantidades de algumas variáveis químicas como DBO, DQO, Nitrato, Nitrito, Fosfato, PH e Condutividade.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A existência da água limpa é crucial para a manutenção dos ecossistemas e para a maioria das atividades antrópicas. Conhecer a qualidade das águas existentes em cada bacia é fundamental para que os órgãos possam gerir adequadamente seus projetos. É importante também para conhecer toda a dinâmica do sistema e para poder propor medidas de manejo e recuperação das áreas (MARQUES, et al., 2007)

Os impactos ambientais sociais e econômicos negativos de quando se fala em qualidade das água são muitos, como a redução da pesca e turismo, aumento de doenças veiculadas pela água, aumento do custo de tratamento do abastecimento doméstico e industrial, perda de produtividade agrícola entre outros.

Em todo o planeta Terra praticamente não existe um ecossistema que não foi impactado diretamente ou indiretamente pelo homem, como por exemplo a contaminação dos ambientes aquáticos, os desmatamentos, poluição atmosférica e introdução de espécies exóticas resultando em perda da biodiversidade (GOULART & CALLISTO, 2003).

A importância da verificação e do monitoramento da qualidade ambiental das águas é consolidada diante dos vários trabalhos técnicos e científicos encontrados no Brasil e no exterior. Podem ser citados muitos trabalhos sobre o tema, como Trindade *et al.* (2017), onde analisaram-se as tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais, constatando-se a degradação da qualidade da água devido a lançamentos de esgotos domésticos.

O trabalho de Oliveira et al. (2017) analisa a qualidade das águas superficiais do Médio São Francisco após a implantação dos perímetros irrigados de Gorutuba/Lagoa Grande e Jaíba. Este trabalho teve uma grande importância, mostrando que a região de estudo tem um grande potencial de contaminar os recursos hídricos através da urbanização, do desmatamento, da utilização de fertilizantes e defensivos nas atividades agrícolas.

Tendo em vista que, os trabalhos anteriormente citados tiveram como base a avaliação ambiental de um determinado recurso hídrico, evidenciou-se que esta

pode ser realizada com diversos enfoques, embora seja mais comum a utilização de parâmetros físicos e químicos, como os trabalhos desenvolvidos por: (CORDEIRO NETO *et al.*, 2017), (SOUZA; BERTOSSI; LASTORIA, 2015), (ARAUJO; FREITAS; BAGGIO FILHO, 2016) e (SILVA, 2014).

De acordo com Faria (2012) é equivocado o conceito de que o Brasil possui alta disponibilidade dos recursos hídricos, pois atualmente há cenários de escassez em determinadas regiões e que no futuro próximo, este quadro pode agravar-se ainda mais.

Cardoso (2014), verificou a qualidade da água no rio Tietê entre as barragens de Promissão e Ibitinga vindo a compor a bacia Hidrográfica Tietê-Batalha. Este trabalho avaliou a contaminação principalmente por metais tóxicos e potencialmente tóxicos. Como esta bacia recebe afluentes de diversas áreas, está sujeita à contaminação por diversas fontes.

O trabalho de Zambon (2013), avaliou a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Dourado. Onde foi constatado desconformidades nos parâmetros de Condutividade Elétrica, DBO entre outros. Percebeu-se que isso ocorre pelo diversos usos antrópicos, tanto rural como urbano da bacia.

Esses trabalhos mostraram que um dos grandes fatores da poluição de toda a bacia é derivado de insumos agrícolas, provenientes da grande capacidade agropecuária dessa região.

#### **4.1 Insumos Agrícolas**

A agricultura é um dos principais componentes da economia brasileira. Porém, mesmo que de forma indireta, os lançamentos provenientes da agricultura, como defensivos agrícolas, fertilizantes e outros, é um dos principais elementos causadores da degradação da qualidade da água (MERTEN & MINELLA, 2002).

Sendo assim, entende-se como insumo agrícola o produto que os variados tipos de culturas, criações e produções necessitam para se desenvolver e alcançar bons índices de aproveitamento para o agricultor, sendo também utilizados para aumentar os nutrientes e corrigir o pH do solo e para proteger as culturas de pragas e doenças.

Os insumos podem ser de três tipos: biológicos, químicos ou mecânicos. Os que causam maiores impactos para o meio ambiente e refletem na contaminação de sedimentos são os insumos químicos, que compreendem os fertilizantes, micronutrientes, defensivos, calcários, pesticidas, fertilizantes de baixa solubilidade entre outros (CARDOSO, 2014).

A poluição pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se à contaminação causada pela criação de animais em sistema de confinamento, onde são produzidos grandes quantidades de dejetos e esses lançados diretamente no ambiente ou aplicados na lavoura. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo escoamento superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos, que por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo de infiltração e porosidade (Pote et al., 2001).

As principais vias de contaminação ambiental por defensivos agrícolas são aplicação direta na água, lixiviação do solo de áreas contaminadas, contaminação de águas subterrâneas por percolação do solo, liberação de efluentes industriais, usos domésticos e despejos de materiais de descarte. Na circunstância natural da qualidade da água, as principais implicações de sua degradação são descontrole do ecossistema, perda na biodiversidade, contaminação de ecossistemas marinhos, e das fontes de águas subterrâneas e também mortes provocadas por doenças transmitidas pela água (HAYES & LAWS, 1997).

#### **4.2 Metais tóxicos e potencialmente tóxicos**

Resíduos tóxicos são aqueles que podem causar prejuízos a saúde do homem e de outros seres vivos. Os resíduos tóxicos de maior interesse são os metais, que podem derivar-se dos insumos agrícolas, indústrias etc. Muitas vezes os metais pesados são entendidos como aqueles metais que existem na natureza. Porém na verdade são aqueles que possuem alta massa específica, ou seja, superior ou igual a  $5 \text{ g/cm}^3$ . (BAIRD, 2002).

Alguns metais pesados possuem efeito deletério, ocasionando sérios problemas à saúde do ser humano quando ingeridos em uma dosagem alta. Portanto, a contaminação está inteiramente ligada a sua biodisponibilidade, podendo ser potencializada por fontes alimentadoras da poluição, assim como

uma indústria localizada nas imediações dos recursos hídricos (MANAHAN, 1994).

Os metais possuem as propriedades de bioacumulação e biomagnificação, que se encarregam de transformar concentrações conhecidas como normais em concentrações tóxicas ao homem e a biota, onde seus efeitos permanecem ao longo do tempo, mesmo após cessar as emissões (TAVARES et al., 1992).

Segundo BELLUTA et al. (2008) os metais potencialmente tóxicos tem como fontes principais os pesticidas, representados pelo cobre (Cu), zinco (Zn) e chumbo (Pb), os fertilizantes pelo cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn); e a queima de combustíveis fósseis representados pelo chumbo (Pb), cádmio (Cd), zinco (Zn), cobre (Cu) dispersos na atmosfera. Todos são lixiviados para os corpos de águas e se depositam nos sedimentos, fato que ocorre também com os resíduos de tintas, de baterias e lubrificantes.

#### **4.2.1 Alumínio.**

O alumínio é amplamente utilizado juntamente com seus sais no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc. Pode atingir a atmosfera como material particulado por meio da suspensão de poeiras dos solos e também da combustão do carvão.

Na água o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5 a 1,0 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica.

Em águas que sofrem com extrema acidez afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L. Na água potável, níveis do metal variam de acordo com a fonte de água e com os coagulantes à base de alumínio que são usados no tratamento da água.

O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidades onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação e

consequentemente a anaerobiose não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo d'água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas.

O aumento das chuvas e consequentemente a turbidez causa o aumento da concentração de alumínio. Outro aspecto interessante é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos devido as chuvas ácidas. Nesta forma ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água.

A principal forma de exposição não ocupacional do alumínio é pela ingestão de alimentos e água. Não há indicações de que apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos. Não há indicação de carcinogenicidade e a portaria 518/04 estabelece um valor máximo permitido de alumínio de 0,2 mg/L como padrão de aceitação para água e consumo humano (CETESB, 2013).

#### **4.2.2 Arsênio**

Fontes antropogênicas de Arsênio (As) podem vir da mineração, preservantes de madeira, uso de defensivos agrícolas e outros. O arsênio ocorre naturalmente em ambientes terrestres e aquáticos como contribuição do intemperismo e erosão de solos e rochas, erupções vulcânicas e queima de florestas, podendo se apresentar em grandes concentrações em áreas de depósito de metais preciosos (ATSDR, 2000).

A contaminação de arsênio no meio ambiente afeta diretamente os seres humanos. Quando exposto na cadeia alimentar irá desencadear vários problemas potencialmente perigosos à saúde humana, podendo levar ao óbito (PEREIRA et al., 2009).

O Arsênio quando exposto cronicamente em uma pessoa pode causar graves problemas metabólicos como hiperqueratose, câncer de pele, câncer de fígado, câncer pulmonar, câncer de bexiga, câncer de rins, distúrbios do sistema nervoso, aumento da frequência de abortos espontâneos e outras doenças graves (FIGUEIREDO, 2006).

Os problemas de saúde produzidos pelo metal dependem da forma de As ingerido, da dose, frequência e tempo de absorção. Os sinais e sintomas diferem entre indivíduos, grupos populacionais e áreas geográficas, podendo variar desde

lesões de pele, problemas respiratórios, doenças cardiovasculares e distúrbios neurológicos e outros (FERRECCIO, 1998).

Alguns casos graves de intoxicação de arsênio ocorreram em países como México, Chile e Argentina, pois pessoas consumiram água subterrânea extraída de aquíferos provenientes de formações geológicas arseníferas. Assim, a principal contaminação por seres humanos desse elemento fica sendo pelo consumo de água com altos teores de arsênio (FIGUEIREDO, 2006).

#### **4.2.3 Bário**

O bário é um elemento que pode ser encontrado espontaneamente em águas naturais com concentrações que variam entre 0,0007 a 0,9 mg/L, sendo que suas principais fontes são intemperismo e erosão de fontes naturais onde ocorre na forma de barita ou feldspatos ricos em bário. Pode ser introduzido antropicamente devido à disposição de resíduos provenientes da fabricação de fogos de artifício, pigmentos, vidros, uso de defensivos agrícolas e emprego deste elemento em lamas de perfuração (CETESB, 2017).

Uma das grandes importâncias do Bário hoje é na forma de hexaferitas de bário usadas em dispositivos eletrônicos usados em meios de gravação magnética, comunicação, geração e distribuição de energia elétrica, aplicação automotiva e equipamentos médicos, além de serem usados como magnetos em purificadores de água eliminando certas impurezas metálicas, separador de minerais paramagnéticos e outros (CORRÊA, 2013).

Sulfato de bário e carbonato de bário são compostos comumente achados no solo e na água. Os efeitos à saúde causados por diferentes compostos de bário dependem se os compostos são solúveis em água ou no estômago, como exemplo, o sulfato de bário por ser insolúvel em água e não causar efeitos nocivos à saúde. Já os solúveis em água como o acetato de bário, cloreto de bário, nitrato de bário e hidróxido de bário podem causar efeitos nocivos à saúde. O carbonato de bário é insolúvel em água, porém, dissolve-se no estômago (ATSDR, 2007).

#### **4.2.4 Cádmio**

É um metal que se acumula em organismos aquáticos podendo ocorrer o fenômeno de bioacumulação, ou seja, vai se acumulando durante a cadeia alimentar. A principal via de exposição do cádmio é a oral, não contando as pessoas que são expostas através do trabalho ou fumantes (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981).

O cádmio é disperso no ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local.

Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1 µg/L. A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 e 1 µg/L, entretanto pode ocorrer contaminação devido a presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos.

A ingestão de alimentos ou água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, levando ao vômito, diarreia e, às vezes, morte. Na exposição crônica, o cádmio pode danificar os rins. No Japão, na década de 60, a contaminação da água que irrigava as plantações de arroz causou a doença conhecida como “Itai-Itai”, caracterizada por extrema dor generalizada, dano renal e fragilidade óssea. Experimentos com animais demonstraram que o metal produz efeitos tóxicos em vários órgãos, como fígado, rins, pulmão e pâncreas. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 518/04 é de 0,005 mg/L.

### **4.3 Variáveis físicas da qualidade da água**

#### **4.3.1 Temperatura da água**

A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático acomodando os impactos de uma série de fatores físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor

aumentam. Cada organismo vivo aquático possui um limite de temperatura ideal para crescimento, migração, desova e incubação.

Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como a estratificação vertical, que é a formação de camadas horizontais com densidades diferentes provenientes da diferença de temperatura.

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Já a elevação da temperatura do corpo d'água é provocada pela radiação solar, salvo casos onde existam uma grande quantidade de despejos industriais, termoeletricas ou usinas atômicas operando as margens desses corpos.

#### **4.3.2 Transparência**

Essa variável pode ser mensurada a campo facilmente usando um disco de secchi. Que vem a ser uma ferramenta circular branco ou com setores brancos e pretos e um cabo graduado (Figura 1), ao qual este é submergido na água até uma profundidade onde não se pode visualizar mais o disco. Essa profundidade onde o disco desaparece e reaparece é chamada de profundidade de transparência.

A partir dessa mensuração é possível estimar a profundidade da zona eufótica, que nada mais é do que a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, onde indica o nível de atividade fotossintética de lagos e reservatórios.

O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície. A extensão da zona eufótica pode ser calculada multiplicando-se o valor da profundidade do disco de secchi (transparência da água) pelo fator 2,7. No Brasil geralmente os limnólogos utilizam-se o fator 3,0.

#### **4.3.3 Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (essas partículas perdem intensidade

por absorção e espalhamento, uma vez que são maiores que o comprimento da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos, tais como algas, bactérias e plânctons em geral.

A erosão das margens dos rios principalmente nas estações chuvosas, que pode ser intensificada pelo mau uso do solo é um exemplo de aumento de turbidez, exigindo manobras operacionais como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares nas estações de tratamento de águas.

Efluentes e esgotos domésticos podem causar aumento da turbidez. Um exemplo típico ocorre na mineração, onde os aumentos excessivos tem provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e de algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes, sendo assim, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.

#### **4.4 Variáveis químicas da qualidade da água**

Além dos metais supracitados ocorre outras variáveis importantes para gerir a qualidade da água como:

##### **4.4.1 Série de Nitrogênio (Nítrito e Nitrato)**

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Em geral a principal fonte são os esgotos sanitários que lançam nas águas nitrogênio orgânico devido a presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia da 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 do mesmo modo é uma 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, que é a reação que depende da presença da luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos na água, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos. E também a fixação através dos relâmpagos, onde este capta nitrogênio da atmosfera e transforma em nitratos disponíveis no solo (FIGUEIREDO NETO, 2016).

Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Assim como nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização.

O nitrogênio é importante para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, pois depois do carbono é o elemento mais exigido pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais, juntamente com o fósforo e outros nutrientes tornam o ambiente eutrofizado. Quando eutrofizado pode acarretar o desenvolvimento excessivo de seres que utilizam nutrientes como as algas.

O demasiado crescimento dessas algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessa água, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição derivada da morte e decomposição desses seres. O controle da eutrofização, através da redução da entrada de nitrogênio no sistema pode ser comprometido pelo excesso de fontes de entrada, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação de nitrogênio pela atmosfera.

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

#### **4.4.2 Fosfato**

O fósforo aparece em águas naturais principalmente devido às descargas de esgotos sanitários. Assim, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, incluindo a matéria fecal que é rica em proteínas. As águas drenadas de áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Mesmo sendo nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2016).

O fósforo ocorre em águas naturais e em efluentes geralmente na forma de fosfatos de vários tipos (ortofosfatos, piro e metafosfatos e polifosfatos), bem como fosfatos orgânicos. As formas podem estar solúveis, em partículas ou em corpos de organismos aquáticos (PADILHA, 2010).

#### **4.4.3 Demanda Química de Oxigênio – DQO**

Demanda Química de Oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. Esta técnica apenas estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido, já que nos corpos d'água as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas como hidrocarbonetos aromáticos, compostos alifáticos de cadeia aberta e piridinas não são oxidadas (VALENTE, 1997).

O Dicromato é reduzido em íon Cromo trivalente mediante reação com a matéria oxidável presente na amostra, em presença de ácido sulfúrico. O parâmetro DQO é largamente empregado na medida de poluentes presentes em águas e esgotos; seu valor pode ser correlacionado com outros parâmetros como a DBO.

#### 4.4.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A DBO é quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Normalmente é considerado como a quantidade de oxigênio consumido durante um tempo específico e uma temperatura de incubação específica. Por exemplo, em um período de 5 dias e a uma temperatura de 20°C é frequentemente usado o símbolo DBO<sub>5,20</sub>.

Nesse processo os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos e etc. Nesse caso há o consumo de oxigênio da água e liberação de energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas.

Essa decomposição ocorre pois os microrganismos que desempenham esse papel importante necessitam da energia liberada para que possam exercer suas funções celulares como locomoção e reprodução, esse processo é chamado de quimiossíntese. No momento que ocorre a escassez de nutrientes nesse meio, esses microrganismos que sobreviveram passam a se alimentar do material das células que têm a membrana celular rompida. Esse processo é chamado de respiração endógena.

Por fim, há neste circuito, compostos aos quais os microrganismos são incapazes de romper suas ligações químicas, permanecendo assim inalterados. Ao conjunto desses compostos dá-se o nome de resíduo não biodegradável ou recalcitrante. Pelo fato da DBO<sub>5,20</sub> medir somente a quantidade de oxigênio consumido em um teste padronizado, acaba não indicando a presença de matéria não biodegradável, nem levando em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

Os maiores aumentos no fator DBO em um corpo d'água são provocados por despejos predominantemente orgânicos. Desta forma, se o teor de matéria orgânica for muito elevado poderá ocasionar o esgotamento do O<sub>2</sub> na água e assim concomitantemente o desaparecimento de peixes e outros seres vivos aquáticos.

No tratamento de esgotos a DBO é um parâmetro importante no controle da eficiência das estações. Na legislação do estado de São Paulo, no Decreto

Estadual nº8468, a DBO de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente em corpos d'água, sendo exigidos uma DBO máxima de  $60 \text{ mg.L}^{-1}$  ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento igual a 80%. Este último favorece os efluentes industriais concentrados que podem ser lançados com valores de DBO ainda altos, mesmo com remoção acima de 80%.

#### **4.4.5 Condutividade**

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de um corpo d'água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e portanto representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral níveis superiores a  $100 \mu\text{S/cm}$  indicam ambientes impactados.

Na legislação brasileira não há um limite máximo tido como aceitável deste parâmetro. Todavia, deve-se notar que alterações na condutividade da água, ainda que não causem dano imediato ao ser humano, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (LÔNDERO e GARCIA, 2010).

Esse indicador pode apontar modificações na composição da água, principalmente na concentração de minerais, porém não fornece indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Nesse aspecto altos índices podem indicar características corrosivas da água.

Para amostras muito contaminadas por esgotos, a condutividade pode variar de 100 a  $10.000 \mu\text{S/cm}$ . (GASPAROTTO, 2011). Seguindo essa premissa, o valor de condutividade considerado como limite para o corpo d'água ser considerado alterado será de  $100 \mu\text{S/cm}$ .

#### **4.4.6 Potencial Hidrogeniônico – pH**

Por participar de diversos processos químicos no meio aquático o valor do pH é muito importante para o campo de saneamento ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente sobre seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os efeitos indiretos são muito

importantes, como por exemplo determinados níveis de pH contribuírem para precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados ou ainda exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (SOARES, 1999).

Diante disto, são estabelecidas faixas de restrições de pH para diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal quanto estadual. Os critérios de proteção a vida aquática fixam um limite de 6 a 9.

Nos sistemas biológicos existentes nos tratamentos de esgoto esse fator influi decisivamente nos processos. Geralmente a neutralidade corresponde a formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios (OLIVEIRA & CUNHA, 2014).

No tratamento físico-químico de efluentes industriais muitos são os exemplos de reações dependentes do pH. Em pH elevado ocorre precipitação química de metais pesados, a oxidação química do cianeto, o arraste de amônia convertida em forma gasosa, entre outros. Já em pH mais baixos ocorre a redução do cromo hexavalente à forma trivalente, a oxidação química de fenóis, a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação e etc.

Constitui-se também em padrão de emissão de esgotos e efluentes industriais, na legislação do estado de São Paulo, estabelece-se faixa de pH entre 5 e 9 para o lançamento direto nos corpos receptores e entre 6 e 10 para o lançamento na rede pública seguida de estação de tratamento de esgotos.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Materiais Empregados Na Coleta

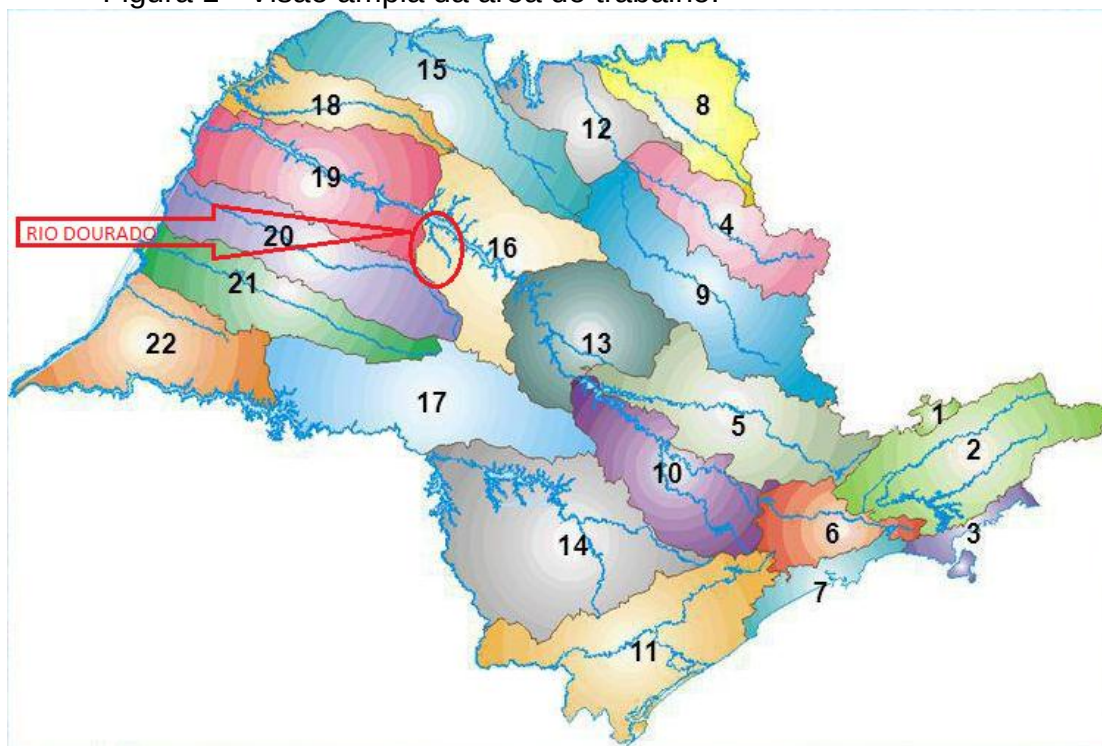
- Barco de alumínio de 6 metros (Com todo material de segurança para navegação);
- Motor de popa de 15 HP (Mariner);
- Caixa térmica com gelo para acomodação das amostras;
- Garrafas de plástico para coleta da água (1,5 lt sem ácido e 0,5 lt com 0,75 ml de  $\text{HNO}_3$  por ponto);
- Termômetro para verificação da temperatura do ambiente e da água;
- Phmetro de bolso digital;
- Condutivímetro de bolso digital;
- Medidor de sólidos solúveis de bolso digital;
- Disco de secchi;
- Prancheta, papel e caneta para anotações dos dados coletados *in loco*;
- Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$  concentrado) para preservar as amostras para análise de metais.

### 5.2 Caracterização da Bacia Hidrográfica.

#### 5.2.1 Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídricos 16.

O estado de São Paulo possui 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) e o rio analisado pertence à UGRHI-16 (Figura 1), que é a Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha ao qual agrega o total de 33 municípios e possui área de outros 14 municípios que pertencem a UGRHI's vizinhas.

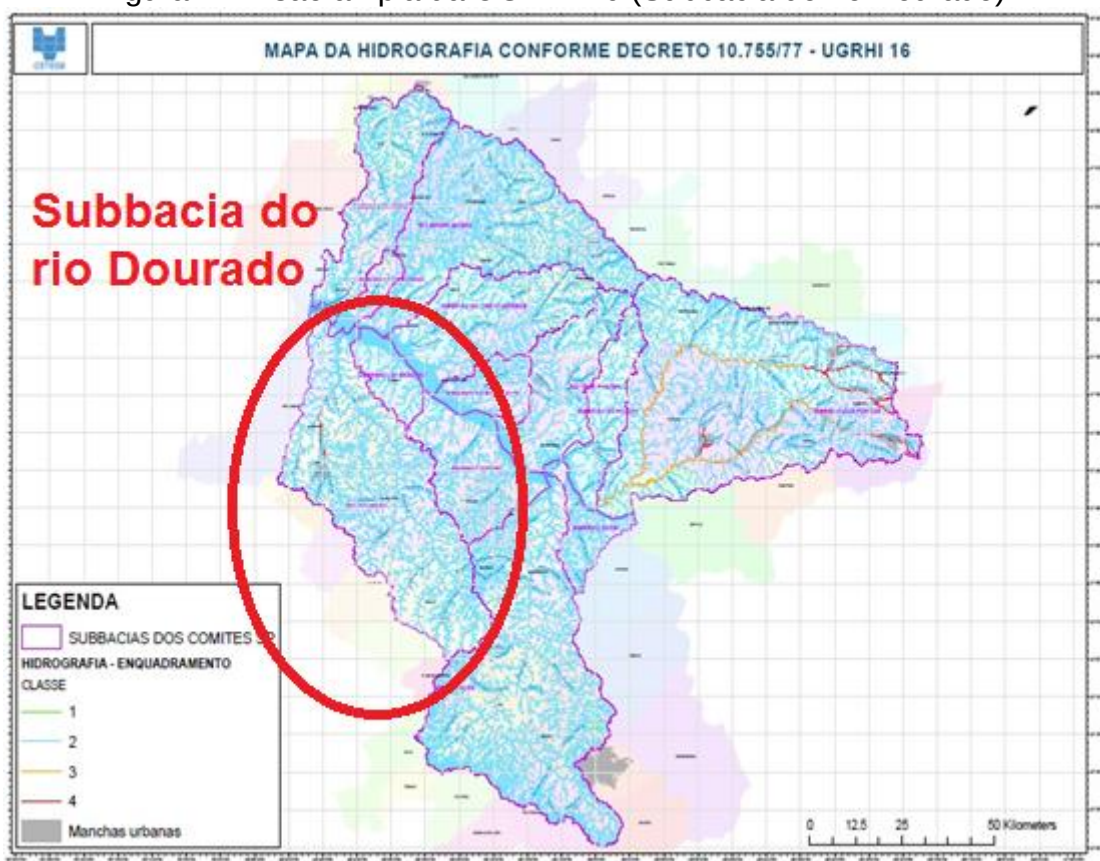
Figura 1 - Visão ampla da área do trabalho.



Fonte: Departamentos de Águas e Energia Elétrica, 2018.

A subbacia em estudo pertence a Bacia Hidrográfica (BH) do Tietê-Batalha. A BH Tietê-Batalha encontra-se inserida no centro oeste do estado de São Paulo e é constituída por 33 municípios (Figura 2). Seus principais rios e reservatórios são: o rio Tietê, rio Dourado, rio São Lourenço, rio Batalha, ribeirão dos Porcos e reservatório de promissão (SÃO PAULO, 2012).

Figura 2 - Visão ampla da UGRHI 16 (Subbacia do rio Dourado).



Fonte: CETESB,2018

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha (CBH-TB) foi instalado em 13 de Setembro de 1996, possui um colegiado composto por 45 membros que representam os segmentos do estado, dos municípios e da sociedade civil. A bacia Tietê-batalha ocupa uma área de 13.149 km<sup>2</sup> com uma população de 520.000 habitantes, é constituída por 36 municípios, e a sede da Secretaria Executiva do Comitê fica na cidade de Novo Horizonte. (SIGRH, 2018)

Por causa da localização e por possuir água em quantidade e qualidade, a bacia é um potencial atrativo para os investimentos no estado de São Paulo. Alguns pontos fortes de desenvolvimento podemos citar um sistema rodoviário bem amplo interligando os municípios, boa malha ferroviária que é utilizada para o transporte de minério, combustíveis e cargas em geral, a hidrovía Tietê-Paraná como outra opção de transporte, servindo como entrada do Mercosul no estado, o Gasoduto Brasil-Bolívia que corta longitudinalmente a bacia oferecendo uma fonte alternativa de energia limpa, além de contar com opções de lazer e turismo.

Dentro da bacia está instalada a Usina Hidrelétrica (UHE) Mário Lopes Leão em Promissão, nesta podem ser gerados 256 megawatts por hora (MWh) de

energia elétrica, sendo que em maio de 2018 gerou cerca de 64.000 MW. (SECRETARIA, 2018).

### 5.2.2 Bacia Hidrográfica do Rio Dourado.

A subbacia do Rio Dourado (Figura 3) é predominantemente agropecuária, sendo que existem várias usinas de cana-de-açúcar que fabricam etanol e/ou açúcar. As cidades constituintes dessa região são: Pirajuí, Guarantã, Cafelândia, Lins, Guaiçara e Promissão. A população total dessas cidades é um pouco mais de 160 mil pessoas, sendo que a mais populosa é Lins com cerca 75 mil habitantes (CETESB, 2016).

O rio Dourado tem sua nascente principal na cidade de Pirajuí nas coordenadas latitude 22°02'11" S e longitude 49°21'01" W, cerca de 3 km de distância da rodovia SP-300. Este rio percorre cerca de 92 km até sua foz no reservatório da usina hidrelétrica Mario Lopes Leão, no município de Promissão e possui uma área de 1806,18 km<sup>2</sup> (CETEC, 2018).

O Dourado tem grande importância na geração de energia, pois é um dos principais rios contribuintes do reservatório de Promissão. Em decorrência do adensamento populacional, das atividades econômicas e sociais as margens do rio, a cobertura vegetal (remanescentes florestais) encontra-se em sua totalidade fragmentada e isolada. Esta situação traz sérios prejuízos ao ecossistema.

A área de estudo é a subbacia do rio Dourado pertencente a Bacia Hidrográfica do rio Tietê-Batalha. Como essa região é predominantemente agrícola, as águas pluviais podem levar resíduos da agricultura fazendo com que seus rios e afluentes fiquem poluídos por ações antrópicas.

O trabalho analisou o trecho navegável do rio Dourado. Porém, os trechos onde haviam camalotes bloqueando o tráfego, não foram levados em consideração.

O trecho inicial foi o ponto 1 chamado nascente com latitude 7609195.00m Sul e longitude 647637.00m Leste indo até o ponto 7 chamado Tietê, distante 40 km, com latitude 7636797.00m Sul e longitude 633661.00m, Leste (Figura 5). Lembrando que essas coordenadas estão em UTM – Projeção Universal Transversa na zona sf e fuso 22.

O regime pluviométrico da bacia estudada é tropical, com tipo climático classificado por Koppen como Cwa, com inverno seco e verão quente e chuvoso, sendo o início do período chuvoso por volta de outubro e o término por volta de abril (VENTURA, 1964).

16 Figura 3 - Visão detalhada da subbacia do rio Dourado dentro da UGRHI



Fonte: CETESB, 2018.

Na região da subbacia do rio Dourado predomina-se o relevo colinoso, apresentado declividade predominante inferiores entre 0% a 15% e amplitudes locais de até 100 metros (SILVA JUNIOR, 2006). Possui colinas médias na região de Cafelândia e Lins e colinas amplas na região de Pirajuí, Guarantã, Guaíçara e promissão.

### 5.2.3 Abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto.

De acordo com o SEADE, dentre as cidades da subbacia do rio dourado a que possui menor eficiência no quesito abastecimento é Cafelândia, já as outras possuem eficiência acima de 99%, sendo Guarantã o município que possuem a maior porcentagem de residências abastecidas (Tabela 1).

Falando em coleta e tratamento de esgoto, as cidades de Pirajuí e Lins são as únicas cidades que não possuem 100% de esgoto coletado, sendo Pirajuí 97% e Lins com 99% de esgoto coletado. Já as cidades de Guarantã, Cafelândia, Guaíçara e Promissão possuem 100% de esgoto coletado.

Tabela 1: Abastecimento de água.

| <b>Municípios</b> | <b>Nível de abastecimento (%)</b> | <b>Órgão ou empresa operadora do sistema de abastecimento de água</b> |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Pirajuí           | 99,12                             | Serviço Autônomo de Água de Esgoto                                    |
| Guarantã          | 99,94                             | Administração direta da prefeitura                                    |
| Cafelândia        | 95,11                             | Administração direta da prefeitura                                    |
| Lins              | 99,03                             | SABESP                                                                |
| Guaíçara          | 99,42                             | Administração direta da prefeitura                                    |
| Promissão         | 99,65                             | Serviço Autônomo de Água de Esgoto                                    |

Fonte SEADE, 2018.

Em relação a tratamento de esgoto exceto Pirajuí e Cafelândia não possuem 100% do esgoto tratado. Sendo que, dos 97% do esgoto coletado de Pirajuí 40% dele é tratado, já Cafelândia possui 100% de esgoto coletado porém apenas 4% é tratado. Os outros municípios de todo esgoto coletado o tratamento é feito em 100% do volume (Tabela 2).

Tabela 2: Coleta e tratamento de esgoto.

| CIDADE     | CONCESSÃO | POP<br>URBANA | ATENDIMENTO % |            | CORPO<br>RECEPTOR     |
|------------|-----------|---------------|---------------|------------|-----------------------|
|            |           |               | COLETA        | TRATAMENTO |                       |
| PIRAJUÍ    | SAAE      | 20343         | 97            | 40         | Córrego Dourado Leste |
| GUARANTÃ   | PM        | 5691          | 100           | 100        | Córrego Guarany       |
| CAFELÂNDIA | SAAE      | 15320         | 100           | 4          | Córrego do Saltinho   |
| LINS       | SABESP    | 76121         | 99            | 100        | Córrego Campestre     |
| GUAÍÇARA   | PM        | 10787         | 100           | 100        | Córrego Do Fim        |
| PROMISSÃO  | SAAEP     | 32993         | 100           | 100        | Ribeirão dos Patos    |

Fonte: CETESB, 2016.

### 5.3 Método de Pesquisa

#### 5.3.1 Coleta de amostras

As amostras de água foram coletadas por todo o trecho navegável do rio Dourado, ao ponto mais próximo da nascente até sua foz no rio Tietê, próximo a Usina Hidrelétrica de Promissão. Os pontos de coleta foram demarcados próximos dos afluentes do rio Dourado, em um total de 6 pontos, sendo na sequência o número 1 denominado nascente e o ponto 6 denominado Tietê distante cerca de 40 km entre eles (Tabela 3 e Figuras 4 e 5 seguintes).

Primeiramente foi realizado uma coleta no dia 20/09/2017 e foi constatado que uma coleta seria insuficiente para analisar os parâmetros requeridos. Portanto foi realizado mais 2 coletas nos dias 21/03/2018 e 25/06/2018. Passando por períodos chuvosos a secos.

Por causa da distância entre os pontos, percebeu-se que para percorrer o trajeto e realizar a coleta de todos os pontos levaria praticamente o dia todo. Devido ao parâmetro DBO ter que chegar no laboratório com no máximo 6 horas de coleta, decidiu-se realizar as coletas em 2 manhãs. Ou seja, em cada dia de coleta na verdade foi feito em 2 manhãs, por exemplo, os pontos 1, 2, 3 e 4 em

uma manhã e os pontos 5, 6, e 7 no outro dia, assim, o material coletado chegaria a tempo de ser analisado no laboratório.

Lembrando que o ponto 4 chamado de Início do loteamento Recanto Dourado, foi realizado a coleta apenas nos dias 21/03/18 e 25/06/18 devido a banca de qualificação do trabalho ter sugerido realizar mais 2 dias de coletas e mais um ponto de coleta em um trecho considerado muito grande.

Tabela 3: Coordenadas dos pontos de coleta.

| PONTO | LOCAL - NOME                         | COORDENADAS UTM |           |
|-------|--------------------------------------|-----------------|-----------|
|       |                                      | LATITUDE        | LONGITUDE |
| 1     | Nascente                             | 647637          | 7609195   |
| 2     | Foz córrego da onça                  | 641792          | 7615085   |
| 3     | Saída ranchos dourados               | 638622          | 7616724   |
| 4*    | Início do loteamento Recanto Dourado | 635772          | 7621199   |
| 5     | Foz campestre                        | 632410          | 7624150   |
| 6     | Perto do Tietê                       | 631974          | 7630679   |
| 7     | Tietê                                | 633661          | 7636797   |

Legenda: UTM = Projeção Universal Transversa de Mercator.

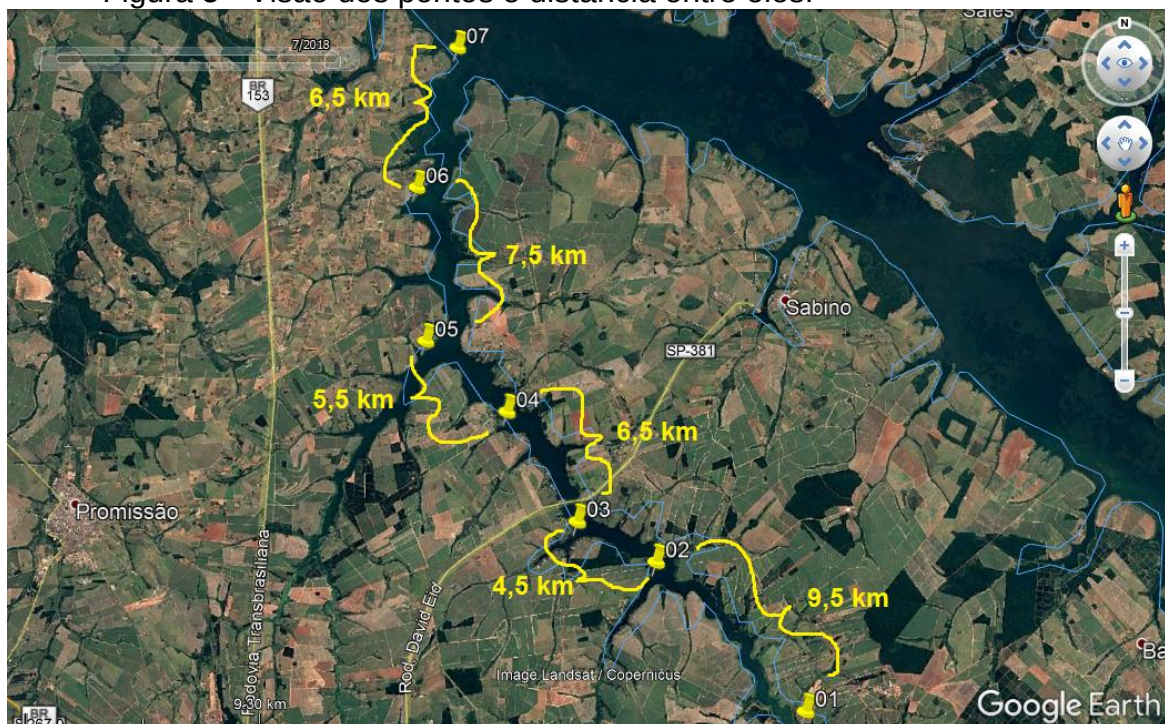
4\*: Foi realizado coleta apenas nos dias 21/03/18 e 25/06/18.

Figura 4 - Visão ampla da área do trabalho.



Fonte: Google Earth

Figura 5 - Visão dos pontos e distância entre eles.



Fonte: Google Earth

Na Figura 4 nota-se o Rio Dourado (círculo vermelho) e o rio Tietê, mais largo a jusante. Nesta imagem tem-se uma ideia da dimensão dos dois rios e as cidades mais próximas pertencentes a Bacia do Tietê.

Já na Figura 5 verificam-se os pontos demarcados ao longo do Rio Dourado, juntamente com a distância entre eles. O ponto 1 denominado nascente é o ponto mais a montante, possível de navegação; o ponto 7, mais a jusante do rio, já na foz, onde desagua no Tietê.

As amostras foram coletadas e transportadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra, da CETESB e ANA. As análises foram realizadas pelo laboratório de hidráulica e saneamento da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP. As amostras de água foram retiradas e armazenadas em frascos apropriados de polietileno (Figura 6), a 30 cm de profundidade; as destinadas para metais foram acidificadas com  $\text{HNO}_3$  para pH inferior a 2, identificadas e preservadas em recipiente térmico com gelo e, as destinadas para as outras análises foram simplesmente coletadas, identificadas e preservadas em recipiente térmico com gelo.

Figura 6 - Frascos de armazenagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os resultados foram comparados aos indicadores estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº357/2005 e nº 274/2000 que tratam da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento e critérios de balneabilidade em águas brasileiras, respectivamente.

Os resultados foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela CETESB. Essas legislações funcionam de instrumento para prevenir e controlar a poluição do solo e da água no estado de São Paulo com o intuito de subsidiar a CETESB em suas atribuições legais para que se façam intervenções corretivas ou preventivas, caso necessário.

### 5.3.2 Parâmetros analíticos

Para a realização das análises dos parâmetros selecionados foram utilizados os procedimentos descritos no APHA (*American Public Health Association*) - *19 Standard Methods Examination of Water and Wastewater. 21th* (APHA, 2005).

Os parâmetros analíticos de temperatura do ambiente, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, transparência, foram mensurados *In loco*. Para as amostras realizadas em campo foram utilizadas os equipamentos citados no item 5.1 deste trabalho.

Os resultados das análises de qualidade da água foram avaliados principalmente com base nos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA

357/05, para classe de água doces, tendo como referência os valores máximos permitidos (VMP) para água de classe 2. Pelo fato de não haver dados referentes a condutividade elétrica na Resolução CONAMA, este parâmetro foi avaliado conforme CETESB (2013).

### **5.3.3 Método de análise de metais por espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES**

Esta técnica analítica quantifica elementos como metais e semimetais em diversos tipos de amostras. Baseia-se na detecção da radiação eletromagnética emitida por átomos neutros ou íons excitados nas regiões do espectro eletromagnético visível e ultravioleta.

Esta técnica consiste na especificidade dos átomos emitirem radiação eletromagnética quando submetidos a determinadas condições. Assim, a ionização dos elementos a serem analisados será feita pelo plasma indutivo de argônio. Esse plasma pode chegar a temperaturas de quase 10000°C e possui energia suficiente para promover a excitação da maioria dos elementos químicos existentes, possibilitando a quantificação de uma ampla faixa de analitos.

Primeiramente as amostras foram filtradas à vácuo com filtro de papel. Em seguida as amostras passaram pelo processo de digestão ácida para remover os compostos orgânicos presentes. Depois os padrões foram preparados e as amostras diluídas para passar no espectrofotômetro.

A digestão da amostra = Amostra + Ácido Nítrico + Aquecimento

A preparação dos brancos:

Branco de Calibração ou de Método = Água deionizada + Ácido Nítrico

Branco de Amostra = Água deionizada + Ácido Nítrico + Digestão

Os padrões foram preparados em um balão de 40 ml com os seguintes  $\mu\text{L}$ :

Al = 2,5 – 5,0 – 10 – 15

Ba = 17,5 – 35 – 70 – 105

As = 2 – 4 – 8 – 12

Ca = 25 – 50 – 100 – 150

Para realizar as análises foi necessário primeiramente passar os brancos de calibração e de amostra no espectrofotômetro (Figura 7). Assim, o aparelho foi

calibrado e na sequência foi possível ir passando os padrões de amostra. Lembrando que nesse trabalho a leitura foi feita em triplicata. Nos resultados se aparecem dados negativos significa que o resultado é zero.

O limite de detecção foi (mg/L):

As = 0,0164

Al = 0,0008

Ba = 0,0006

Cd = 0,0005

No presente trabalho os metais tóxicos e potencialmente tóxicos que foram analisados são: Alumínio, Bário, Arsênio e Cádmio.

Figura 7 - Espectrofotômetro De Emissão Óptica Com Plasma - ICP OES



#### 5.3.4 Método para mensurar a temperatura da água e ambiente

A temperatura da água e do ambiente foi medida *in loco* com o aparelho como demonstra a figura 8. O sensor do termômetro foi colocado na água em uma profundidade de 30 cm e feito a leitura depois de estabilizada.

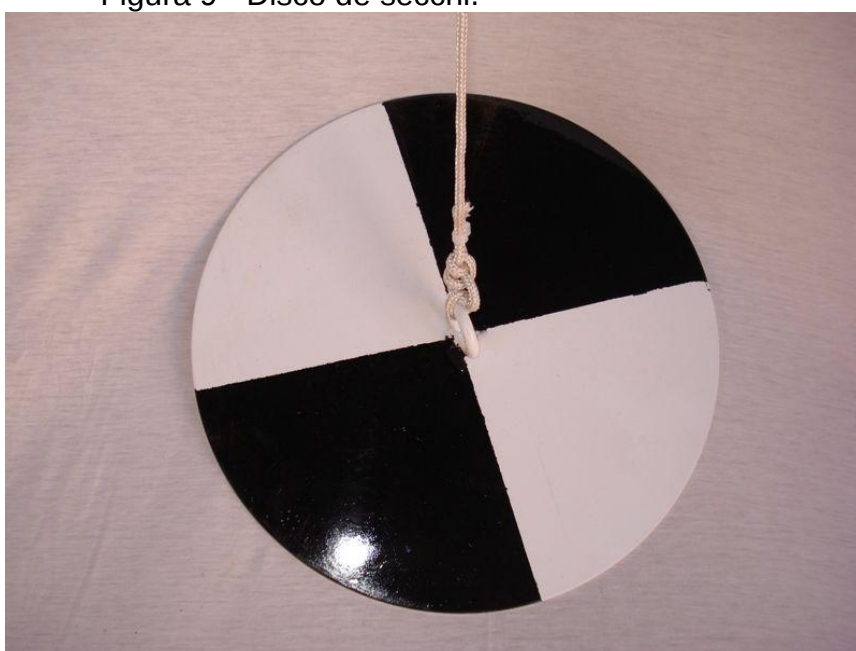
Figura 8 - Termômetro.



#### 5.3.5 Método para mensurar a Transparência pelo disco de secchi.

Esse parâmetro foi medido *in loco* pelo disco de secchi (Figura 9). Mergulhou-se o disco até ele não ser mais visto, marcou-se a profundidade no cabo e mediu-se o cabo em seguida. Nesse trabalho utilizou-se o valor real da profundidade.

Figura 9 - Disco de secchi.



### 5.3.6 Método para análise de turbidez

Calibrou-se o turbidímetro (Figura 10) com duas soluções de 100 e 1000 NTU (Unidade Nefelométrica de turbidez). Em seguida colocou-se a amostra no aparelho e tomou-se a leitura diretamente.

Figura 10 - Turbidímetro.



### 5.3.7 Método para medir a condutividade

Este parâmetro foi medido *In Loco* com um condutímetro de bolso conforme figura 11. Pegou-se em um recipiente de vidro uma quantidade de água no local da amostra, colocou-se o aparelho na profundidade adequada e anotou-se o valor do aparelho.

Figura 11 - Condutímetro de bolso.



### 5.3.8 Método para medir o pH.

Este parâmetro foi medido *In Loco* com um phmetro de bolso conforme figura 12. No local coletou-se uma quantidade de água e em seguida colocou-se o aparelho e anotou-se o valor.

Figura 12 - PHmetro de bolso.



### 5.3.9 Método para análise de nitrato

- Preparo de soluções

Ácido clorídrico 1M: Mediu-se 85 ml de ácido clorídrico e transferiu-se para um balão volumétrico de 1L e completou-se com água destilada até o menisco.

Solução estoque de nitrato (100 mg/L): Pesou-se aproximadamente 0,16g de nitrato de potássio – ou 0,14g de nitrato de sódio – seco a 105°C por 1h em estufa. Acrescentou-se água destilada e adicionou-se em balão de 1L completando até o menisco.

- Preparo das amostras

#### Curva de calibração

As soluções da curva de calibração foram construídas através da solução estoque de nitrato. Diluiu-se em balão volumétrico de 100ml 1, 2, 3, 4, 5 e 7 ml da solução estoque, como descrito na tabela 4.

Tabela 4: Curva de calibração.

| Concentração (mg/L) | Volume (ml) da solução estoque a ser diluído em balão de 100 ml |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0                   | 0                                                               |
| 1                   | 1                                                               |
| 2                   | 2                                                               |
| 3                   | 3                                                               |
| 4                   | 4                                                               |
| 5                   | 5                                                               |
| 7                   | 7                                                               |

Transferiu-se a solução do balão para um béquer de 150 ml;  
 Adicionou-se 1 ml de ácido clorídrico 1M e homogeneizou-se;  
 Leu cada padrão no espectrofotômetro a 205 nm;  
 Foi plotado o gráfico no Origin 6.0 e assim obteve a equação da reta e o coeficiente de correlação.

- Analise das amostras

Transferiu-se 100 ml de amostra para um béquer de 150 ml;  
 Adicionou-se 1 ml de ácido clorídrico 1M e homogeneizou-se;  
 Leu no espectrofotômetro a 205 nm.

#### Curva de calibração

A curva de calibração foi construída a partir da solução estoque de nitrato e é demonstrada pela figura 17 e figura 18.

Figura 13 - Curva de calibração para análises de Nitrato.

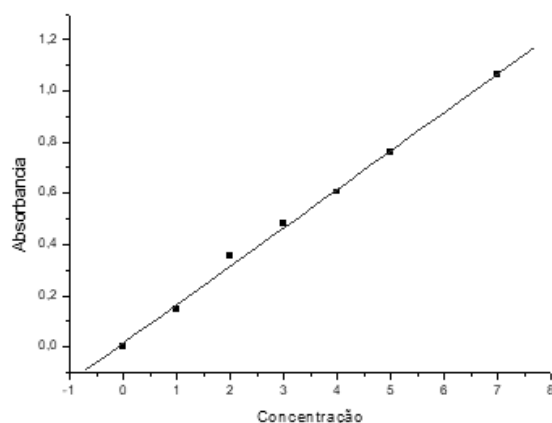


Figura 14 - Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de Nitrato.

[08/07/2018 15:07 "/Graph1" (2458307)]

Linear Regression for Data1\_B:

$Y = A + B * X$

| Parameter | Value   | Error   |         |
|-----------|---------|---------|---------|
| A         | 0,01441 | 0,01487 |         |
| B         | 0,15028 | 0,00386 |         |
| R         | SD      | N       | P       |
| 0,99836   | 0,02278 | 7       | <0.0001 |

- Resultados amostras

Os resultados foram tratados a partir da equação da reta encontrada pela curva de calibração ( $Y = A + Bx$ ). Sendo Y a absorbância de cada amostra, obteve-se a concentração de cada amostra como mostra a tabela 05.

Tabela 5: Resultados das amostras em mg/L.

| NITRATO (Abs = 0,01441 + 0,15028 (C <sub>Nitrato</sub> ) / $Y = A + Bx$ ) |         |                  |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|
| AMOSTRA                                                                   | ABS.    | RESULTADO (mg/L) |
| 01-20/09/17                                                               | 0,56519 | 3,665025286      |
| 02-20/09/17                                                               | 0,19467 | 1,199494277      |
| 03-20/09/17                                                               | 0,24519 | 1,535666755      |
| 04-20/09/17                                                               | 0,48649 | 3,141336172      |
| 05-20/09/17                                                               | 0,79868 | 5,218725047      |
| 06-20/09/17                                                               | 1,0615  | 6,967593825      |
| 07-20/09/17                                                               | 0,21442 | 1,330915624      |
| 01-21/03/18                                                               | 0,27224 | 1,715664094      |
| 02-21/03/18                                                               | 0,16259 | 0,986026085      |
| 03-21/03/18                                                               | 0,17499 | 1,068538728      |
| 04-21/03/18                                                               | 0,204   | 1,261578387      |
| 05-21/03/18                                                               | 0,28277 | 1,785733298      |
| 06-21/03/18                                                               | 0,6359  | 4,135546979      |
| 07-21/03/18                                                               | 0,8156  | 5,331314879      |
| 01-25/06/18                                                               | 0,65273 | 4,247537929      |
| 02-25/06/18                                                               | 0,18    | 1,101876497      |
| 03-25/06/18                                                               | 0,21161 | 1,312217195      |
| 04-25/06/18                                                               | 0,30148 | 1,910234229      |
| 05-25/06/18                                                               | 0,39006 | 2,499667288      |
| 06-25/06/18                                                               | 0,58831 | 3,81887144       |
| 07-25/06/18                                                               | 0,6614  | 4,305230237      |

### 5.3.10 Método para análise de nitrito

- Preparo de soluções

Solução n-(1-naftil)-etilenodiamino dihidroclorídrico: Dissolveu-se aproximadamente 0,5g de n-1-naftil em 300ml de água destilada. Em seguida, transferiu o volume para um balão de 500 ml, completando com água destilada até o menisco.

Solução de sulfanilamida: Dissolveu-se aproximadamente 5g de sulfanilamida em 300 ml de água destilada. Adicionou-se 50 ml de ácido clorídrico concentrado, transferiu a mistura para um balão de 500 ml e completou-se com água destilada até o menisco.

Solução de sulfato ferroso amoniacal 0,05N: Dissolveu-se aproximadamente 19g de sulfato ferroso amoniacal em 800 ml de água destilada, adicionou-se 20 ml de ácido sulfúrico concentrado e transferiu para um balão volumétrico de 1L e completou-se com água destilada até o menisco.

- Padronização da solução de sulfato ferroso amoniacal

Adicionou-se 10 ml de Dicromato de Potássio 0,25N em um erlen;  
 Adicionou-se 100 ml de água destilada no erlen;  
 Adicionou-se 30 ml de ácido sulfúrico concentrado/sulfato de prata;  
 Adicionou-se 6 gotas do indicador Ferroin;  
 Titulou a solução até a viragem do indicador, do verde para o marrom.

Calculo padronização

$$N (SFA) = \frac{vol. dicromato (ml)}{vol. gasto de SFA (ml)} \times N (dicromato)$$

$$N (SFA) = \frac{10 ml}{25 ml} \times 0,25N = 0,1N$$

Solução padrão de permanganato de potássio 0,01M: Dissolveu-se aproximadamente 1,6g de Permanganato de Potássio em aproximadamente 800 ml de água destilada, transferiu o volume para um balão de 1L e completou-se com água destilada até o menisco.

- Padronização da solução de permanganato de potássio

Aqueceu o Oxalato de Sódio em estufa a 100°C por 2 horas;

Preparou-se 500ml de Ácido Sulfúrico 1:5;

Pesou-se 0,1g de oxalato de sódio e transferiu para um Erlenmeyer de 250 ml;

Adicionou-se ao Erlenmeyer 50ml de água destilada e 10,0 de ácido sulfúrico 1:5 (v/v);

Agitou-se e acrescentou 90% do volume teórico esperado de permanganato de potássio

Aqueceu-se a solução em banho maria em 100°C até o desaparecimento total da cor da solução;

Titulou-se com permanganato de potássio até o aparecimento de uma leve coloração rosa que persista por cerca de 30 segundos.

Calculo padronização

$$N (\text{permanganato}) = \frac{\text{massa (g) oxalato de sódio}}{\text{vol. permanganato gasto} \times 0,33505} =$$

$$N (\text{permanganato}) = \frac{0,051 \text{ g}}{15,45 \times 0,33505} = 0,0098 \text{ g/L}$$

Solução estoque de nitrito: Dissolveu-se aproximadamente 1,2g de Nitrito de Sódio em aproximadamente 800 ml de água destilada, transferiu para um balão volumétrico de 1L de completou o volume com água destilada até o menisco.

- Padronização da solução

Adicionou-se 50 ml da solução padrão de Permanganato em um Erlenmeyer de 250 ml;

Adicionou-se 5 ml de ácido sulfúrico concentrado;

Adicionou-se (com a ponta de pipeta submersa) 50 ml de solução estoque de nitrito;

Aqueceu-se o Erlenmeyer até um temperatura entre 70° e 80°C;

Titulou-se com a solução de SFA 0,5N em constante agitação até o incolor persistente por 5 minutos.

Calculo padronização

$$N (\text{permanganato}) = \frac{\text{massa (g) oxalato de sódio}}{\text{vol. permanganato gasto} \times 0,33505} =$$

$$N (\text{permanganato}) = \frac{0,051 \text{ g}}{15,45 \times 0,33505} = 0,0098 \text{ g/L}$$

- Preparo de amostras
- Preparação da curva de calibração

Os padrões usados na curva de calibração foram preparados a partir da solução estoque de nitrito. Diluiu-se 1 ml da solução estoque em um balão de 250 ml e completou-se com água destilada até o menisco – essa solução intermediária corresponde a 1 mg/L de Nitrito. Em seguida, diluiu-se 10 ml da solução intermediária em um balão volumétrico de 100 ml, obtendo-se uma solução padrão com concentração de 10 µg/L. Através dessa solução, preparou-se os padrões para a curva de calibração seguindo a ordem da Tabela 6.

Tabela 6: Curva de calibração

| <b>Concentração<br/>NO<sub>2</sub></b> | <b>N- Volume (ml) da solução<br/>padrão a ser diluída em<br/>balão volumétrico de 50<br/>ml</b> |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>00</b>                              | 0,0                                                                                             |
| <b>01</b>                              | 0,5                                                                                             |
| <b>05</b>                              | 2,5                                                                                             |
| <b>10</b>                              | 5,0                                                                                             |
| <b>30</b>                              | 15,0                                                                                            |
| <b>50</b>                              | 25,0                                                                                            |

Transferiu-se o volume total do balão volumétrico com o padrão para um béquer de 100 ml;

Adicionou-se 2 ml do reagente sulfanilamida em cada padrão e deixou reagir por 5 minutos;

Em seguida, adicionou-se 2 ml do reagente n-naftilenodiamina em cada padrão e deixou reagir por 10 minutos;

Leu-se os padrões no espectrofotômetro no comprimento de onda de 543 nm;

Plotou-se o gráfico da curva de calibração, obtendo a equação da reta e o coeficiente de correlação.

Análise das amostras

Pipetou-se 50 ml da amostra em um béquer de 100 ml;

Adicionou-se 2 ml do reagente sulfanilamida em cada padrão e deixou reagir por 5 minutos;

Em seguida, adicionou-se 2 ml do reagente n-naftilenodiamina em cada padrão e deixou reagir por 10 minutos;

Os padrões foram lidos no espectrofotômetro no comprimento de onda de 543 nm.

- Curva de calibração

A curva de calibração foi construída a partir da solução estoque e solução intermediária de nitrito. Os padrões analisados no espectrofotômetro para construção da curva apresentam concentração de 0, 1, 5, 10, 30 e 40 µg/L. Os padrões foram analisados no comprimento de onda de 530 nm. Segue nas Figuras 15 a curva de calibração plotada no programa Origin 6.0 e em sequência, na tabela 16, a equação da reta.

Figura 15 - Curva de calibração para análises de Nitrito.

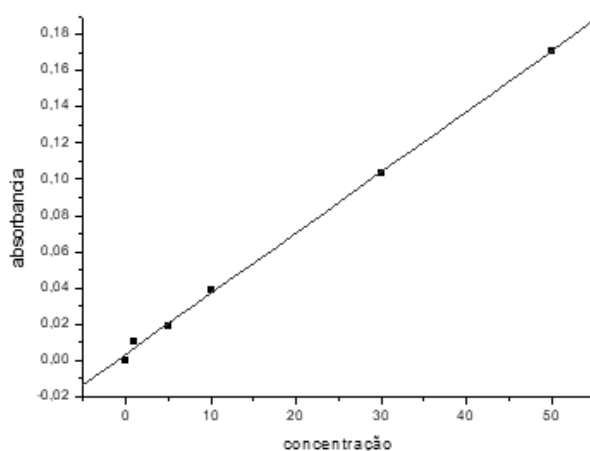


Figura 16 - Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de nitrito.

[03/07/2018 14:06 "/Graph1" (2458302)]

Linear Regression for Data1\_B:

$Y = A + B * X$

| Parameter | Value   | Error      |         |
|-----------|---------|------------|---------|
| A         | 0,00343 | 0,00145    |         |
| B         | 0,00335 | 6,00134E-5 |         |
|           |         |            |         |
| R         | SD      | N          | P       |
| 0,99936   | 0,00268 | 6          | <0.0001 |

- Resultados amostras

Os resultados foram tratados a partir da equação da reta encontrada pela curva de calibração ( $Y = A + Bx$ ). Sendo Y a absorbância de cada amostra, obteve-se a concentração de cada amostra como mostra a tabela 07.

Tabela 7: Resultados das amostras em ug/L e mg/L.

| <b>NITRITO (Abs = 0,00343 + 0,00335 (CNitrito) / <math>Y = A + Bx</math>)</b> |             |                         |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>AMOSTRA</b>                                                                | <b>ABS.</b> | <b>RESULTADO (µg/L)</b> | <b>RESULTADO (mg/L)</b> |
| 01-20/09/17                                                                   | 0,007       | 1,065671642             | 0,001065672             |
| 02-20/09/17                                                                   | 0,007       | 1,065671642             | 0,001065672             |
| 03-20/09/17                                                                   | 0,008       | 1,364179104             | 0,001364179             |
| 04-20/09/17                                                                   | 0,006       | 0,767164179             | 0,000767164             |
| 05-20/09/17                                                                   | 0,005       | 0,468656716             | 0,000468657             |
| 06-20/09/17                                                                   | 0,006       | 0,767164179             | 0,000767164             |
| 07-20/09/17                                                                   | 0,01        | 1,96119403              | 0,001961194             |
| 01-21/03/18                                                                   | 0,0025      | 0,27761194              | 0,000277612             |
| 02-21/03/18                                                                   | 0,0065      | 0,91641791              | 0,000916418             |
| 03-21/03/18                                                                   | 0,0025      | 0,27761194              | 0,000277612             |
| 04-21/03/18                                                                   | 0,0115      | 2,408955224             | 0,002408955             |
| 05-21/03/18                                                                   | 0,027       | 7,035820896             | 0,007035821             |
| 06-21/03/18                                                                   | 0,04        | 10,91641791             | 0,010916418             |
| 07-21/03/18                                                                   | 0,046       | 12,70746269             | 0,012707463             |
| 01-25/06/18                                                                   | 0,0475      | 13,15522388             | 0,013155224             |
| 02-25/06/18                                                                   | 0,0095      | 1,811940299             | 0,00181194              |
| 03-25/06/18                                                                   | 0,012       | 2,558208955             | 0,002558209             |
| 04-25/06/18                                                                   | 0,042       | 11,51343284             | 0,011513433             |
| 05-25/06/18                                                                   | 0,041       | 11,21492537             | 0,011214925             |
| 06-25/06/18                                                                   | 0,052       | 14,49850746             | 0,014498507             |
| 07-25/06/18                                                                   | 0,113       | 32,70746269             | 0,032707463             |

### 5.3.11 Método para análise de fosfato

- Preparo de soluções

Solução ácido sulfúrico 5N: Diluiu-se, cuidadosamente, 140 ml de ácido sulfúrico concentrado em um balão volumétrico de 1L contendo aproximadamente

600 ml de água destilada. Aguardou até a solução atingir temperatura ambiente e, em seguida, completou-se com água destilada até o menisco.

Solução antimonio-tartarato de potássio: Dissolveu-se aproximadamente 1,3g de antimônio-tartarato de potássio em aproximadamente 300 ml de água destilada. Transferiu para balão volumétrico de 500 ml e completou-se com água destilada até o menisco.

Solução molibdato de amônia: Dissolveu-se 20g de molibdato de amônia em aproximadamente 300 ml de água destilada, transferiu para um balão de 500 ml e completou-se com água destilada até o menisco.

Solução estoque (50 mg/L fostato): Dissolveu-se aproximadamente 0,22g de Fosfato monoácido de potássio anidro em aproximadamente 800 ml de água destilada. Transferiu a solução para um balão volumétrico de 1L e completou com água destilada até o menisco.

Reagente combinado - adicionou-se, respeitando a ordem disposta (a solução deve ser preparada diariamente):

- 60 ml de ácido Sulfúrico 5N;
- 20 ml de antimônio-tartarato de potássio;
- 20 ml de molibdato de amônia;
- 0,7g de ácido ascórbico

- Preparo das amostras
- Curva de calibração

Diluiu-se 5 ml da solução estoque de Fósforo em um balão volumétrico de 50 ml, obtendo-se uma solução intermediária de 5mg/L. Em seguida, preparou-se os padrões da curva de calibração a partir da solução intermediária (os padrões devem ser preparados com, no máximo, 2 horas de antecedência) como consta na tabela 08.

Tabela 8: Curva de calibração

| <b>Concentração<br/>(mg/L)</b> | <b>Volume (ml) da solução<br/>estoque a ser diluído em balão<br/>de 50 ml</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0</b>                       | 0                                                                             |
| <b>0,2</b>                     | 2                                                                             |
| <b>0,4</b>                     | 4                                                                             |
| <b>0,6</b>                     | 6                                                                             |
| <b>0,8</b>                     | 8                                                                             |
| <b>1,0</b>                     | 10                                                                            |

Transferiu-se a solução do balão para um béquer de 100 ml;  
 Adicionou-se 8 ml do reagente combinado em cada padrão;  
 Deixou reagir por 10 minutos;  
 Leu cada padrão no espectrofotômetro no comprimento de onda de 880nm;  
 Plotou-se o gráfico no Origin 6.0 e obteve-se a equação da reta e o coeficiente de correlação.

- Análise das amostras

Pipetou-se 50 ml da amostra em um béquer de 150 ml;  
 Adicionou-se 4 gotas de fenolftaleína;  
 Adicionou-se NaOH 6N até a coloração rosa;  
 Neutralizou-se a solução com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N (sem excesso);  
 Adicionou-se 8 ml do reagente combinado;  
 Deixou reagir por 10 minutos;  
 Leu-se no espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm.

- Resultados
- Curva de calibração

A curva de calibração foi construída a partir da solução intermediária de fosfato. Os padrões analisados no espectrofotômetro para construção da curva apresentam concentração de 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 e 1 mg/L. Os padrões foram

analisados no comprimento de onda de 880 nm. Segue na Figura 17 a curva de calibração plotada no programa Origin 6.0 e em sequência, na Figura 18, a equação da reta.

Figura 17: Curva de calibração para análises de Fosfato.

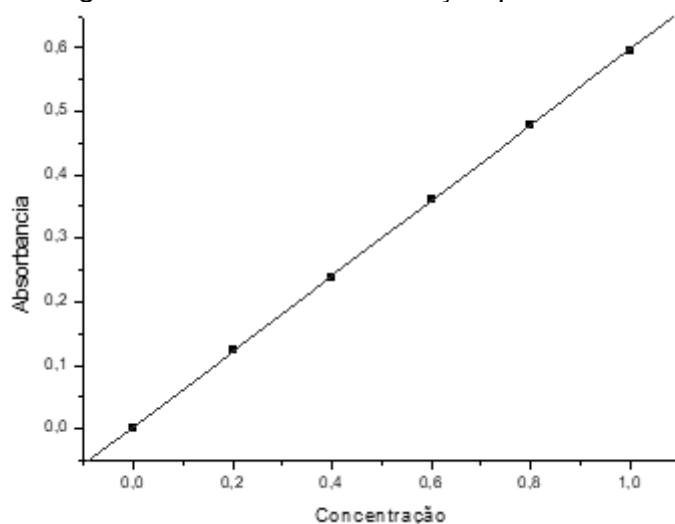


Figura 18: Equação da Reta e coeficiente de correlação para metodologia de análise de fosfato.

[08/07/2018 15:26 "/Graph1" (2458307)]

Linear Regression for Data1\_B:

$Y = A + B * X$

| Parameter | Value   | Error   |         |  |
|-----------|---------|---------|---------|--|
| A         | 0,00186 | 0,00205 |         |  |
| B         | 0,59529 | 0,00338 |         |  |
| R         | SD      | N       | P       |  |
| 0,99994   | 0,00283 | 6       | <0.0001 |  |

- Resultados amostras

Os resultados foram tratados a partir da equação da reta encontrada pela curva de calibração ( $Y = A + Bx$ ). Sendo Y a absorbância de cada amostra, obteve-se a concentração de cada amostra como mostra a tabela 09.

Tabela 9: Resultados das amostras em mg/L.

| FOSFATO (Abs = 0,00186 + 0,59529 (C <sub>Fosfato</sub> ) / Y = A + Bx) |        |                  |
|------------------------------------------------------------------------|--------|------------------|
| AMOSTRA                                                                | ABS.   | RESULTADO (mg/L) |
| 01-20/09/17                                                            | 0,013  | 0,018713568      |
| 02-20/09/17                                                            | 0      | 0                |
| 03-20/09/17                                                            | 0      | 0                |
| 04-20/09/17                                                            | 0,006  | 0,006954594      |
| 05-20/09/17                                                            | 0,006  | 0,006954594      |
| 06-20/09/17                                                            | 0,009  | 0,011994154      |
| 07-20/09/17                                                            | 0,01   | 0,013674008      |
| 01-21/03/18                                                            | 0,006  | 0,006954594      |
| 02-21/03/18                                                            | 0,0125 | 0,017873641      |
| 03-21/03/18                                                            | 0,0175 | 0,026272909      |
| 04-21/03/18                                                            | 0,0155 | 0,022913202      |
| 05-21/03/18                                                            | 0,0165 | 0,024593055      |
| 06-21/03/18                                                            | 0,027  | 0,042231517      |
| 07-21/03/18                                                            | 0,0285 | 0,044751298      |
| 01-25/06/18                                                            | 0,0225 | 0,034672177      |
| 02-25/06/18                                                            | 0,0265 | 0,041391591      |
| 03-25/06/18                                                            | 0,028  | 0,043911371      |
| 04-25/06/18                                                            | 0,0205 | 0,03131247       |
| 05-25/06/18                                                            | 0,0285 | 0,044751298      |
| 06-25/06/18                                                            | 0,033  | 0,052310639      |
| 07-25/06/18                                                            | 0,0245 | 0,038031884      |

### 5.3.12 Método para análise de demanda química de oxigênio (DQO)

- Preparo de soluções

Ácido sulfúrico/sulfato de prata: Adicionou-se aproximadamente 10g de sulfato de prata em 1L de ácido sulfúrico concentrado. Aguardou 24 horas para dissolução completa.

Dicromato de potássio 0,25N: Dissolveu-se aproximadamente 12g de Dicromato de potássio, previamente seco a 150°C em estufa por 2 horas, em aproximadamente 800 ml de água destilada, transferiu a solução para um balão e 1L e completou até o menisco.

Sulfato ferroso amoniacal (SFA) 0,25N: Dissolveu-se aproximadamente 98g de SFA em 800 ml de água destilada. Transferiu-se a solução para um balão de 1L e completou-se até o menisco.

- Análise das amostras

Em um balão de fundo chato, introduziu-se 1g de Sulfato de Mercúrio e uma porção de pérolas de vidro;

Em seguida, adicionou 25 ml de ácido sulfúrico/sulfato de prata e 25 ml da solução de dicromato de potássio;

Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, adicionou-se 50 ml de amostra no balão e mais 50 ml da solução de ácido sulfúrico/sulfato de prata;

Conectou o balão no condensador de refluxo e deixou-o em refluxo por 2 horas;

Finda as 2 horas, adicionou-se 150 ml de água destilada e 6 gotas do indicador Ferroin;

Titulou-se com SFA e auxílio da agitador magnético até a mudança de coloração do verde-azulado para o marrom como mostra a figura 19.

Figura 19 - Amostra titulada.



### 5.3.13 Método para análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Primeiramente foi pego em uma proveta 420 ml da amostra com no máximo 6 horas de coletada, em seguida despeja em um vidro âmbar específico como mostra a Figura 15 foi colocado um “peixinho” no fundo da garrafa para agitar magneticamente a solução, depois colocou uma tampa (Figura 20) própria de borracha e colocar 2 espátulas (Figura 20) de Hidróxido de Lítio dentro dessa tampa de borracha e deixou no aparelho com agitador magnético e controle de temperatura durante 5 dias fazendo a leitura (Figura 21).

Figura 20 - Tampa de borracha e espátula de Hidróxido de Lítio.



Figura 21 - Vidro âmbar e leitor de DBO com agitador magnético.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 10 apresenta os parâmetros físicos analisados, já as tabelas 11 e 12 apresentam os parâmetros químicos e a tabela 13 apresenta os parâmetros analíticos para metais amostrados no corpo do rio Dourado dentre os 7 pontos escolhidos nas datas demarcadas, que passa pelo período chuvoso ao seco. Lembrando que o ponto 4 não existe no dia 20/09/18 pois foi coletado apenas depois por sugestão da banca de qualificação.

Tabela 10: Variáveis físicas da água.

| PONTO | DATA       | TEMP. AMBIENTE (°C) | TEMP. ÁGUA (°C) | TRANSPAR. DISCO DE SECCHI (m) | Turbidez (NTU) |
|-------|------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|
| 1     | 20/09/2017 | 34,4                | 24,2            | 1,00                          | 11.0           |
|       | 21/03/2018 | 36,2                | 29,1            | 1,10                          | 4.14           |
|       | 25/06/2018 | 30,2                | 19,9            | 1,00                          | 13.2           |
| 2     | 20/09/2017 | 32,3                | 25,6            | 0,85                          | 11.6           |
|       | 21/03/2018 | 36,6                | 30,4            | 1,30                          | 11.3           |
|       | 25/06/2018 | 29,8                | 22,5            | 1,30                          | 13.2           |
| 3     | 20/09/2017 | 32,3                | 25,8            | 0,90                          | 12.1           |
|       | 21/03/2018 | 33,6                | 30,5            | 1,20                          | 12.8           |
|       | 25/06/2018 | 27,1                | 22,3            | 1,10                          | 13.1           |
| 4     | 20/09/2017 | -                   | -               | -                             | -              |
|       | 21/03/2018 | 30,1                | 29,8            | 0,90                          | 10.9           |
|       | 25/06/2018 | 25,3                | 22,2            | 1,20                          | 13.5           |
| 5     | 20/09/2017 | 33,6                | 25,7            | 0,90                          | 13.4           |
|       | 21/03/2018 | 34,4                | 30,2            | 0,90                          | 11.00          |
|       | 25/06/2018 | 30,7                | 22,9            | 1,40                          | 11.7           |
| 6     | 20/09/2017 | 36,5                | 25,9            | 0,80                          | 14.7           |
|       | 21/03/2018 | 31,3                | 29,9            | 1,20                          | 3.7            |
|       | 25/06/2018 | 30,5                | 23,1            | 2,60                          | 12.1           |
| 7     | 20/09/2017 | 35,4                | 25,4            | 1,50                          | 11.0           |
|       | 21/03/2018 | 27,8                | 29,4            | 1,40                          | 12.9           |
|       | 25/06/2018 | 28,4                | 23,2            | 2,60                          | 14.3           |

Tabela 11: Variáveis químicas da água.

| PONTO | DATA       | PH   | DBO<br>mg/L | DQO<br>mg/L | Condutiv.<br>(uS/cm2) |
|-------|------------|------|-------------|-------------|-----------------------|
| 1     | 20/09/2017 | 6,20 | 2,60        | 62,18       | 46,00                 |
|       | 21/03/2018 | 5,80 | 7,20        | 52,53       | 51,00                 |
|       | 25/06/2018 | 4,70 | 2,00        | 0,00        | 52,00                 |
| 2     | 20/09/2017 | 7,10 | 1,80        | 26,38       | 57,00                 |
|       | 21/03/2018 | 7,80 | 5,10        | 49,39       | 86,00                 |
|       | 25/06/2018 | 7,40 | 0,00        | 40,20       | 90,00                 |
| 3     | 20/09/2017 | 7,30 | 1,40        | 60,92       | 66,00                 |
|       | 21/03/2018 | 7,10 | 5,20        | 44,58       | 89,00                 |
|       | 25/06/2018 | 7,10 | 2,00        | 38,94       | 88,00                 |
| 4     | 20/09/2017 | -    | -           | -           | -                     |
|       | 21/03/2018 | 8,20 | 4,70        | 0,00        | 110,00                |
|       | 25/06/2018 | 7,70 | 0,00        | 56,53       | 95,00                 |
| 5     | 20/09/2017 | 7,20 | 2,40        | 60,30       | 120,00                |
|       | 21/03/2018 | 9,00 | 4,00        | 0,00        | 130,00                |
|       | 25/06/2018 | 7,50 | 0,00        | 38,31       | 140,00                |
| 6     | 20/09/2017 | 7,40 | 2,80        | 55,27       | 127,00                |
|       | 21/03/2018 | 8,60 | 3,30        | 44,58       | 160,00                |
|       | 25/06/2018 | 6,90 | 2,00        | 22,61       | 156,00                |
| 7     | 20/09/2017 | 7,60 | 1,60        | 60,92       | 143,00                |
|       | 21/03/2018 | 8,80 | 2,30        | 33,07       | 172,00                |
|       | 25/06/2018 | 7,40 | 0,00        | 40,83       | 166,00                |

Tabela 12: Variáveis químicas da água.

| <b>PONTO</b> | <b>DATA</b> | <b>Fosfato<br/>mg/L</b> | <b>Nitrato<br/>mg/L</b> | <b>Nitrito<br/>mg/L</b> |
|--------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1            | 20/09/2017  | 0,019                   | 3,665                   | 0,001                   |
|              | 21/03/2018  | 0,007                   | 1,716                   | 0,000                   |
|              | 25/06/2018  | 0,035                   | 4,248                   | 0,013                   |
| 2            | 20/09/2017  | 0,000                   | 1,199                   | 0,001                   |
|              | 21/03/2018  | 0,018                   | 0,986                   | 0,001                   |
|              | 25/06/2018  | 0,041                   | 1,102                   | 0,002                   |
| 3            | 20/09/2017  | 0,000                   | 1,536                   | 0,001                   |
|              | 21/03/2018  | 0,026                   | 1,069                   | 0,000                   |
|              | 25/06/2018  | 0,044                   | 1,312                   | 0,003                   |
| 4            | 20/09/2017  | -                       | -                       | -                       |
|              | 21/03/2018  | 0,023                   | 1,262                   | 0,002                   |
|              | 25/06/2018  | 0,031                   | 1,910                   | 0,012                   |
| 5            | 20/09/2017  | 0,007                   | 3,141                   | 0,001                   |
|              | 21/03/2018  | 0,025                   | 1,786                   | 0,007                   |
|              | 25/06/2018  | 0,045                   | 2,500                   | 0,011                   |
| 6            | 20/09/2017  | 0,007                   | 5,219                   | 0,000                   |
|              | 21/03/2018  | 0,042                   | 4,136                   | 0,011                   |
|              | 25/06/2018  | 0,052                   | 3,819                   | 0,014                   |
| 7            | 20/09/2017  | 0,012                   | 6,968                   | 0,001                   |
|              | 21/03/2018  | 0,045                   | 5,331                   | 0,013                   |
|              | 25/06/2018  | 0,038                   | 4,305                   | 0,033                   |

Tabela 13: Resultados analíticos de parâmetros de Metais.

| PONTO | DATA       | Al<br>396,153<br>mg/L | Ba<br>233,527<br>mg/L | As<br>193,696<br>mg/L | Cd<br>228,802<br>mg/L |
|-------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1     | 20/09/2017 | 0,031                 | -                     | -                     | 0                     |
|       | 21/03/2018 | 0,429                 | 0,108                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,187                 | 0,129                 | 0,002                 | 0                     |
| 2     | 20/09/2017 | 0,017                 | -                     | -                     | 0,006                 |
|       | 21/03/2018 | 0,258                 | 0,079                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,036                 | 0,087                 | 0,002                 | 0                     |
| 3     | 20/09/2017 | 0,012                 | -                     | -                     | 0,006                 |
|       | 21/03/2018 | 0,249                 | 0,073                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,032                 | 0,084                 | 0                     | 0                     |
| 4     | 20/09/2017 | -                     | -                     | -                     | -                     |
|       | 21/03/2018 | 0,28                  | 0,068                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,027                 | 0,078                 | 0,002                 | 0                     |
| 5     | 20/09/2017 | 0,01                  | -                     | -                     | 0,006                 |
|       | 21/03/2018 | 0,298                 | 0,056                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,029                 | 0,071                 | 0,002                 | 0                     |
| 6     | 20/09/2017 | 0,008                 | -                     | -                     | 0,006                 |
|       | 21/03/2018 | 0,28                  | 0,049                 | 0                     | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,033                 | 0,061                 | 0,004                 | 0                     |
| 7     | 20/09/2017 | 0,001                 | -                     | -                     | 0,006                 |
|       | 21/03/2018 | 0,284                 | 0,045                 | 0,003                 | 0                     |
|       | 25/06/2018 | 0,034                 | 0,055                 | 0,001                 | 0                     |

## 6.1 Discussão das variáveis físicas e químicas da água

### 6.1.1 Temperatura da água

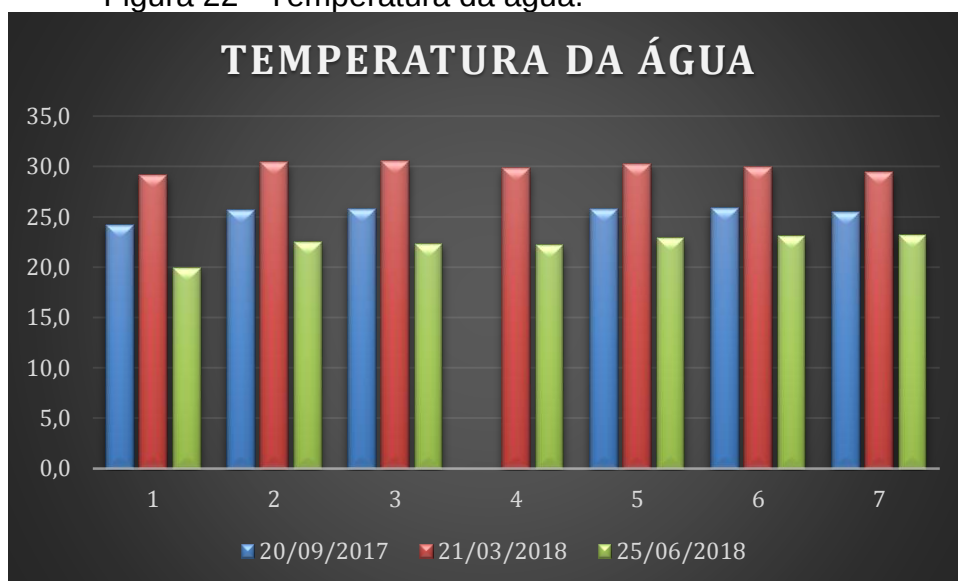
A temperatura manteve-se estável ao longo dos pontos de amostragem, porém variando conforme o dia coletado, sendo o dia 25/06/18 o que a temperatura da água ficou mais baixo ficando entre 20°C e 23°C, e o dia 21/03/18 o dia que a água obteve a temperatura mais alta, sustentando entre 29°C e 30,5°C, de acordo com a figura 22. Nota-se que no ponto 1 ocorreu a temperatura

mais baixa, pelo fato deste localizar-se em um trecho onde há muitos camalotes e mais próximo de nascentes.

Ao analisar-se o critério “temperatura” deve-se considerar a Estratificação Térmica do reservatório, já que as coletas são realizadas na faixa do epilínio, camada superficial dos lagos e represas, onde a temperatura tende a ser mais elevada, visto que o aumento da profundidade é inversamente proporcional a temperatura.

As variáveis físico-químicas, em geral são influenciadas pela temperatura, sendo que à medida que esta aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização geralmente diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2016).

Figura 22 - Temperatura da água.



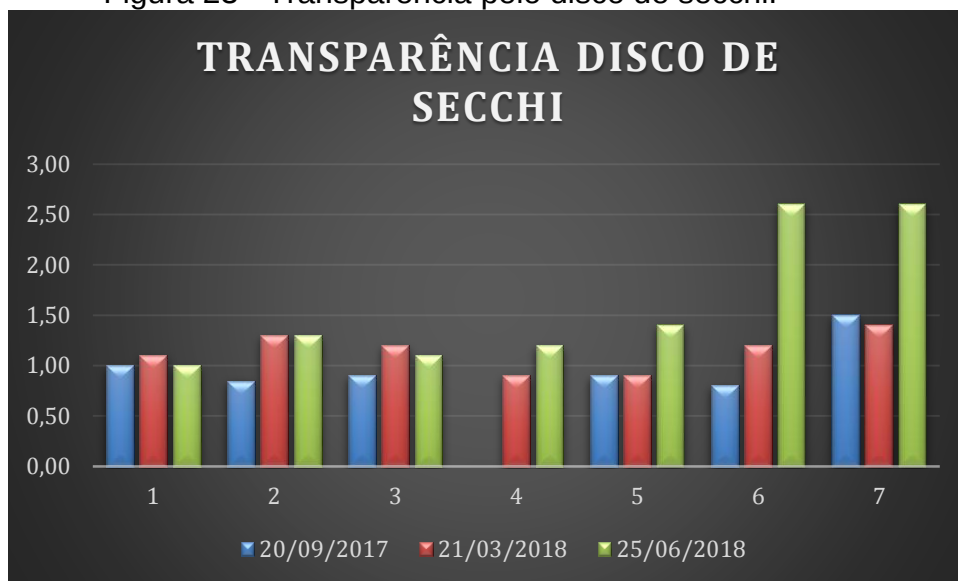
\*A coluna em cima do ponto é referente ao dia 20/09/17, a de sua direita do dia 21/03/18 e a outra é referente ao dia 25/06/18.

### 6.1.2 Transparência pelo disco de secchi

Não existe limite de valores para esse parâmetro nem pela Resolução CONAMA nem pela CETESB. Porém, esse método é muito utilizado para conhecer-se a profundidade da zona eufótica indicando a atividade biológica fotossintética do rio.

De acordo com a figura 23, pode-se notar que no dia 25/06/18 nos pontos 6 e 7 obtiveram a maior transparência chegando a mais de 2,5 metros. Lembrando que esses pontos estão localizados na foz do Dourado perto do Tietê. Portanto há um volume bem maior de água nesses pontos e localizam-se entre duas usinas hidrelétricas, a de Barra Bonita e a de Promissão.

Figura 23 - Transparência pelo disco de secchi.

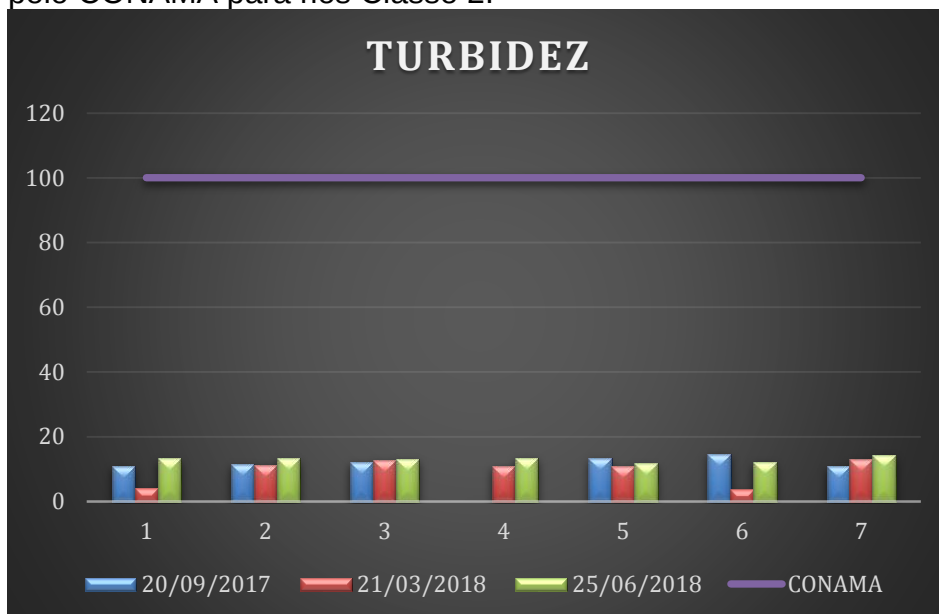


### 6.1.3 Turbidez

De acordo com a figura 24 todas as amostras apresentaram valores baixos de turbidez. Isso é sinal que pode estar ocorrendo grande atividade fotossintética de vegetação enraizada submersa e algas, aumentando o desenvolvimento de peixes e comunidades aquáticas.

No dia 21/03/18 nos pontos 1 e 6 obtiveram respectivamente os valores de 4,1 NTU e 3,7 NTU, ficando abaixo do limite inclusive para potabilidade.

Figura 24 - Valores de Turbidez das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.



#### 6.1.4 Potencial Hidrogeniônico – pH

A Resolução CONAMA 357/2005 limita o pH de 6 a 9 para rios de classe 2. Dentre todas as amostras a que se encontrou com o pH menor foi a amostra 1, talvez pelo gás carbônico ser habitualmente um componente causador de acidez e o volume de água do local ser baixo. Porém a acidez mineral é provocada pela oxidação de sulfetos.

Os pontos 5, 6 e 7 foram os que obtiveram maior variância entre os dias, conforme verificado na figura 25. Provavelmente devido ser os pontos mais próximos do Rio Tietê e possuir efluentes em seu entorno.

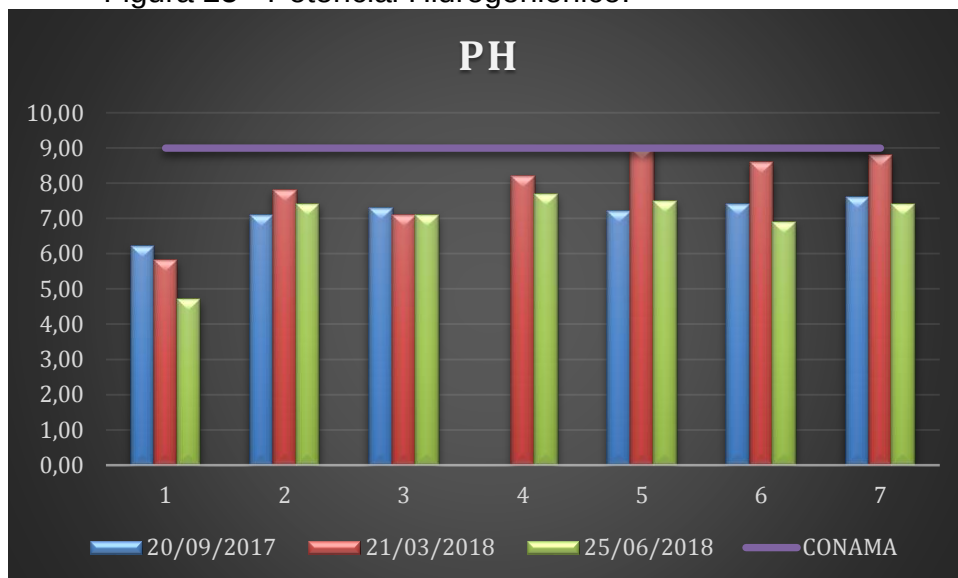
Porém os sais do ácido carbônico (carbonatos) e os hidróxidos podem provocar esse efeito também. Pois eles tendem a aparecer em águas onde ocorrem floração de algas, e esses pontos foram identificados com a maior concentração visível dentre eles.

Como podemos averiguar a data com os maiores pH foi o dia 21/03/18. E os pontos que chegaram próximo ao do limite do CONAMA foram os 5, 6 e 7.

A variação de algumas propriedades físico-químicas como o pH, podem provocar a dissorção dos cátions metálicos tóxicos dos sedimentos, se transformando em uma nova fonte de poluição que pode ser transferida para as plantas e peixes do reservatório, entrando na cadeia alimentar e

consequentemente causando o efeito de bioacumulação. Quanto mais ácido o meio, maior é a disponibilidade do Cádmio, por exemplo. Portanto, este é um metal onde sua disponibilidade está ligada ao valor do pH (SOARES, 1999).

Figura 25 - Potencial Hidrogeniônico.

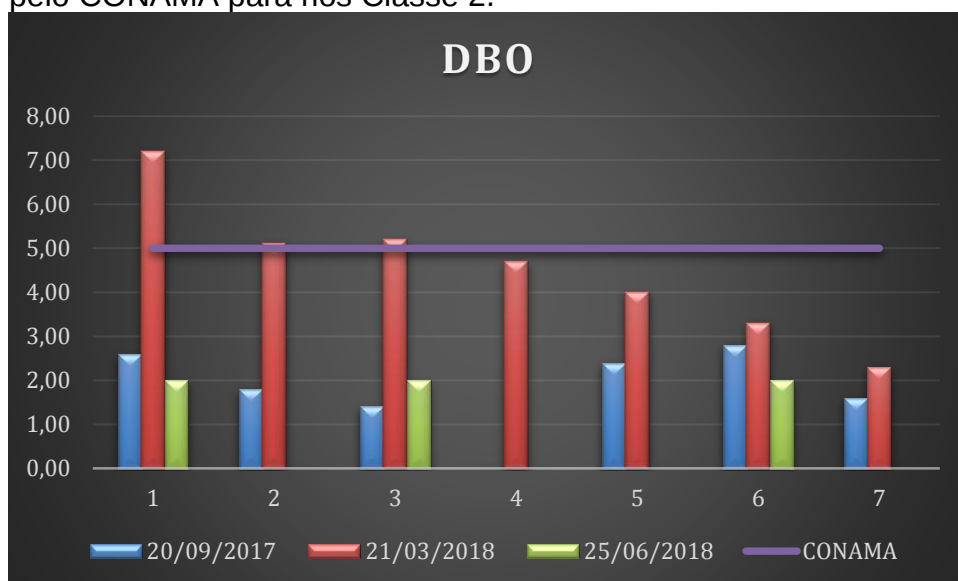


#### 6.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A figura 26 ilustra que os valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) estão dentro da faixa estabelecida pela legislação em quase todos os pontos analisados. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Na data 21/03/2018 o ponto 1 ficou com o valor bem acima do permitido, e nos pontos 2 e 3 ficaram praticamente no limite da legislação, o que indica despejos de quantidades significativas de matéria orgânica, interferindo no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabor e odor desagradáveis na água.

Figura 26 - Valores de DBO (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.

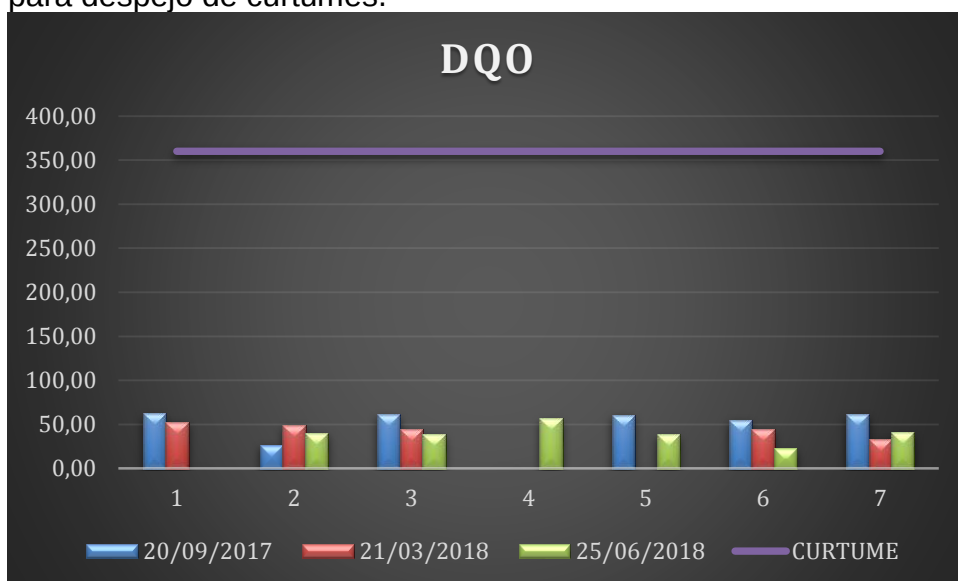


#### 6.1.6 Demanda Química de Oxigênio – DQO

A figura 27 representa os valores de DQO encontrados no rio. O parâmetro DQO é bastante utilizado para efluentes e não afluentes. Porém, esse parâmetro não consta nas resoluções CONAMA nem CETESB, assim, como a região em estudo possui alguns curtumes, foi pego como referência o limite exigido para efluentes de curtumes.

Como pode notar no gráfico, em todos os pontos os valores ficaram bem abaixo do limite. Portanto, o parâmetro DQO não foi um problema para a área analisada.

Figura 27 - Valores de DQO (mg/L) das análises de água e o limite exigido para despejo de curtumes.



#### 6.1.7 Série de Nitrogênio – Nitrato, Nitrito.

Como pode-se notar nas figuras 28 E 29, o nitrato e o nitrito encontram-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. O parâmetro Nitrito não foi detectado porém em concentrações muito baixas.

Figura 28 - Valores de Nitrato (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.

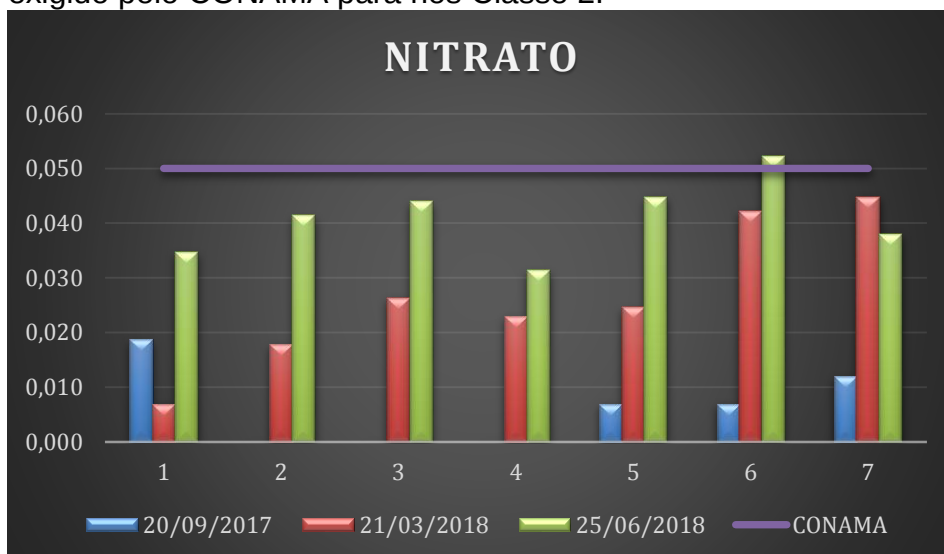
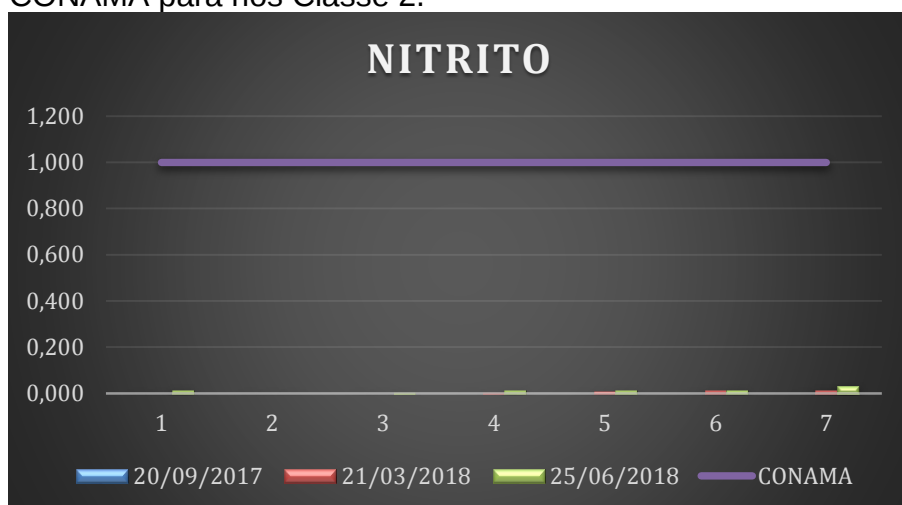


Figura 29 - Valores de Nitrito (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.

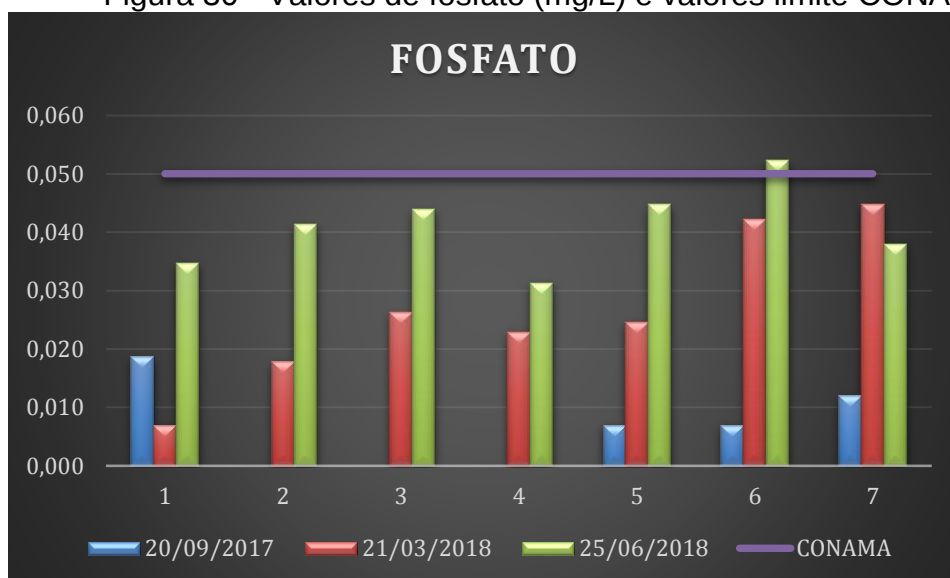


### 6.1.8 Fosfato

De acordo com a figura 30, apenas o ponto 6 no dia 25/06/18 ficou um pouco acima do limite estabelecido pelo CONAMA. O dia 20/09/17 foi o dia com menor concentração de fosfato na água, isso provavelmente a escassez de chuva nesse período.

Em relação aos pontos não houve variação significativa entre eles, apenas no dia 21/03/18 o ponto 1 ficou bem abaixo que os outros.

Figura 30 - Valores de fosfato (mg/L) e valores limite CONAMA.



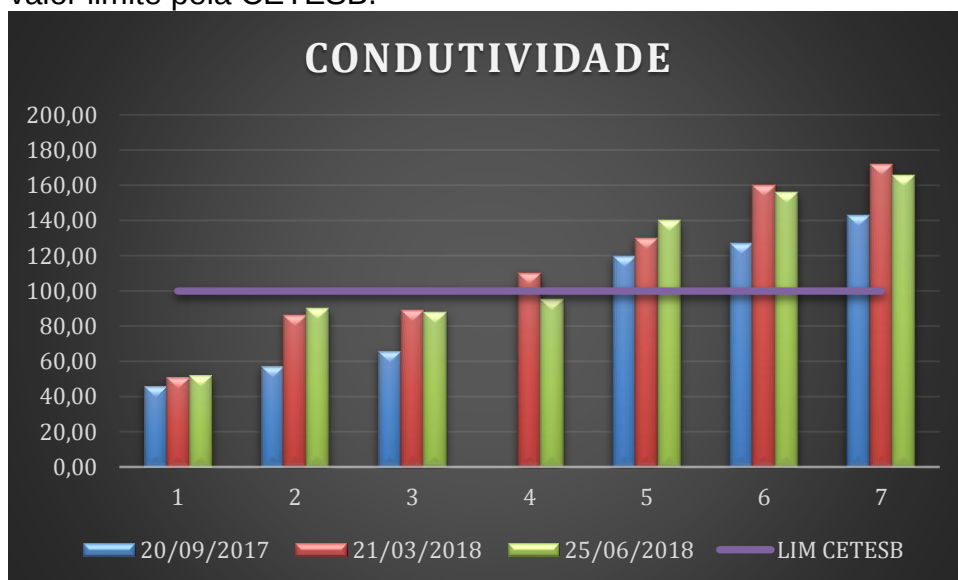
### 6.1.9 Condutividade

Na figura 31, percebe-se que há um crescimento entre os pontos no sentido nascente-foz e que os pontos 1, 2 e 3 mantiveram-se abaixo do limite permitido pela CETESB; já o ponto 4, encontra-se levemente acima do permitido, e os pontos 5, 6, e 7 possuem os maiores índices de condutividade, demonstrando assim que quanto mais próximo do rio Tietê maior a quantidade de íons dissolvidos na água.

Um fator para se levar em consideração é que dos seis municípios que são banhados pelo rio dourado (Lins, Promissão, Pirajuí, Guarantã, Cafelândia e Guaiçara), somente quatro possuem tratamento de esgoto, porém, nenhum possui tratamento terciário, responsável pela remoção dos nutrientes do efluente.

De acordo com Cardoso (2014), os valores da condutividade do rio Tietê são elevados, principalmente perto da foz do rio Dourado. Esse foi um dos fatores que justificaram a execução deste trabalho, para poder-se deduzir a partir de onde o rio Dourado tem seus parâmetros aumentados.]

Figura 301 - Valores de Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das análises de água e o valor limite pela CETESB.



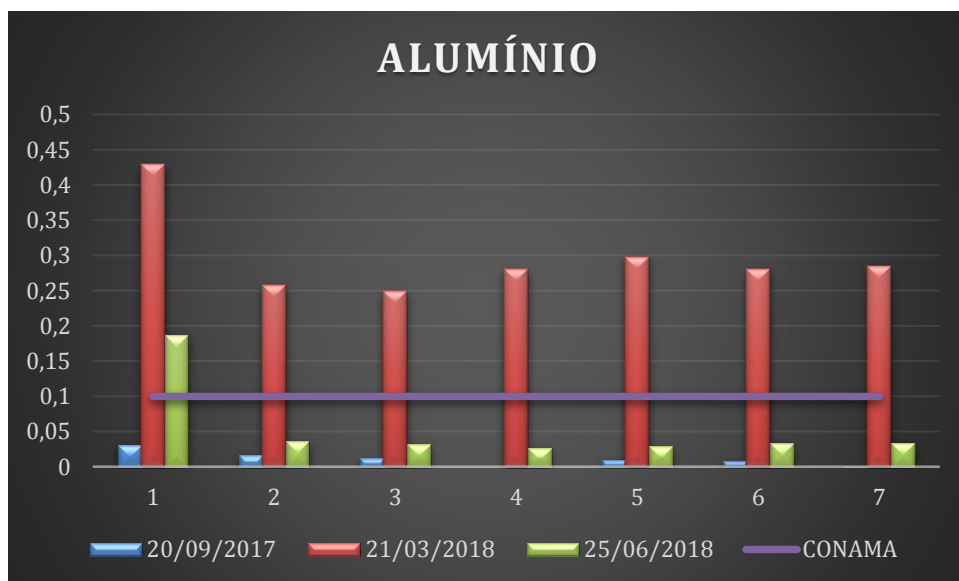
## 6.2 Discussões das variáveis de metais

### 6.2.1 Alumínio

Observando-se a figura 32, percebe-se que na coleta do dia 21/03/18 todos os pontos apresentaram altas concentrações de Alumínio, as concentrações de alumínio encontram-se abaixo do limite exigido pela Resolução CONAMA e em ascendência no sentido foz. Isso quer dizer que quanto mais a jusante, menor a concentração de alumínio.

O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidades onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação e consequentemente a anaerobiose não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo d'água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas.

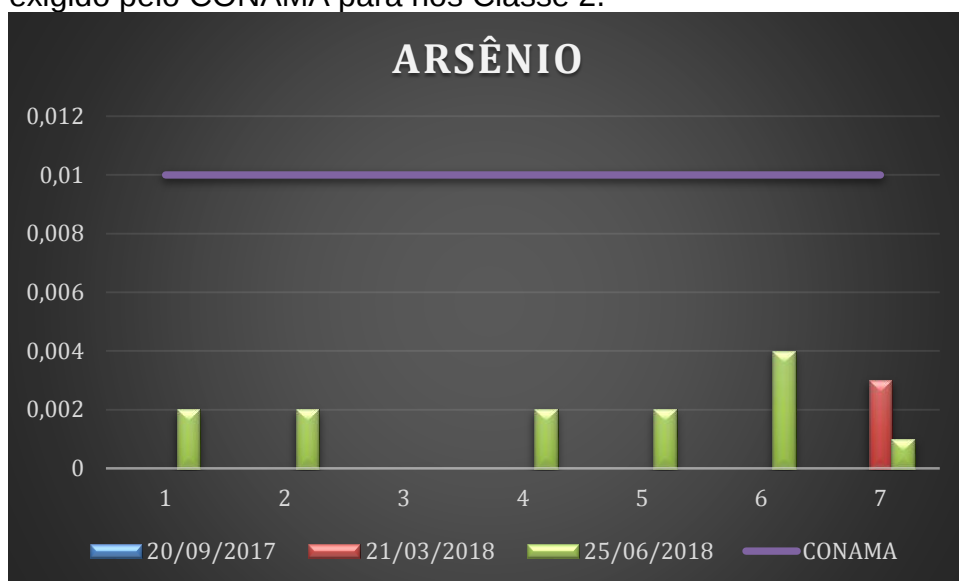
Figura 312 - Valores de Alumínio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.



### 6.2.2 Arsênio

De acordo com a figura 33 todos os pontos obtiveram concentrações de arsênio abaixo do exigido pelo CONAMA. Portanto não aparenta alto índice de contaminação de arsênio.

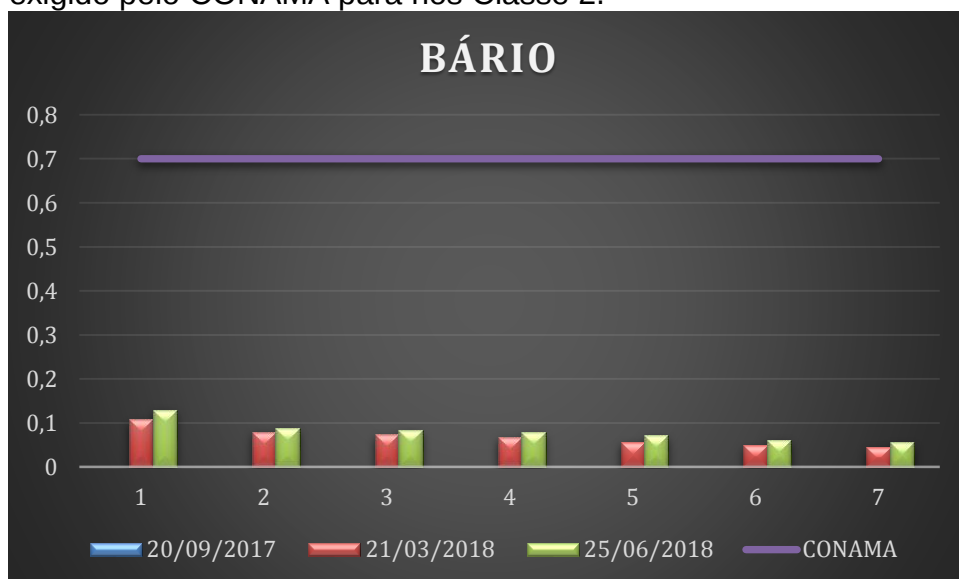
Figura 323 - Valores de Arsênio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.



### 6.2.3 Bário

Conforme figura 34, todos os pontos apresentaram concentrações abaixo do exigidos pela resolução CONAMA que é 0,7 mg/L. Todos os pontos apresentarão uma média de concentração de 0,1 mg/L.

Figura 334 - Valores de Bário (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.

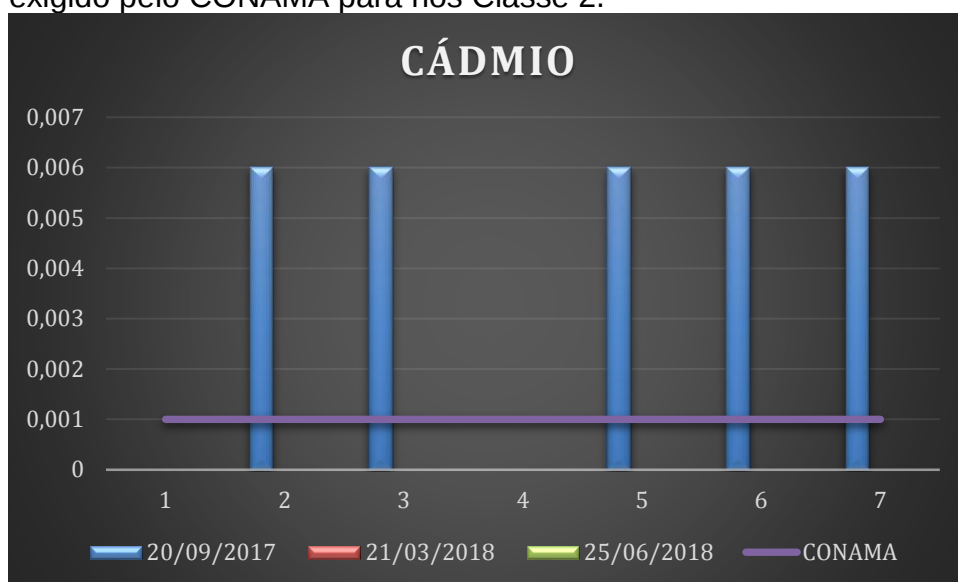


#### 6.2.4 Cádmio

Verificando-se a figura 35, nota-se que a única data que apresentou concentrações detectáveis de cádmio foi 20/09/18. No ponto de amostragem 1 não apresentou cádmio; já os pontos 2 ao 6 mostraram índices maiores que os permitidos pela Resolução CONAMA. Percebe-se que os valores não diferem do ponto 2 ao ponto 6, ficando estes em 0,006 mg/L.

Altas concentrações de Cádmio podem causar sérias doenças, como a irritação gastrointestinal, anemia, retardo de crescimento ou até mesmo a morte. No Japão, um aumento de 0,005 mg/L a 0,18 mg/L resultou em sérios problemas como a patologia chamada de “Doença de Itai-Itai”.

Figura 345 - Valores de Cádmio (mg/L) das análises de água e o limite exigido pelo CONAMA para rios Classe 2.



## 7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, podem-se elencar as principais conclusões a seguir:

- Dentre todos os metais, o alumínio e o cádmio apresentaram valores acima do permitido pelo CONAMA.
- O alumínio no dia 21/03/2018 obteve todos os pontos acima da legislação e no dia 25/06/18 o ponto 1 apresentava acima do limite. Pode-se dizer que o excesso de alumínio possa ser originado a partir das rochas que contem esse elemento assim como, da influência da poluição provocada pelo homem.
- O cádmio não foi detectado nos dias 21/03/18 e 25/06/18. Porém, no dia 20/09/2018 foi constatado uma concentração acima do limite. Que pode ter sido ocasionado por fertilizantes na cana ou queima de combustíveis fósseis.
- Em todo o trecho do Rio Dourado, verificou-se a presença de macrófitas aquáticas formando camalotes e pequenas ilhas e, muitas vezes, fixando-se nas margens, principalmente nas curvas do rio. Constatou-se em quase todo o percurso micro algas fazendo com que a água adquirisse cor esverdeada, com exceção do ponto 1 onde a água apresentou-se bem avermelhada, com menores temperaturas e sem ocorrência de algas verdes;
- Em relação a DBO, Na data 21/03/2018 o ponto 1 ficou com o valor bem acima do permitido, e nos pontos 2 e 3 ficaram praticamente no limite da legislação, o que indica despejos de quantidades significativas de matéria orgânica, interferindo no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabor e odor desagradáveis na água.
- O maior problema encontrado foi em relação a condutividade elétrica, pois os pontos 4, 5 e 6 ficaram acima do limite permitido pela CETESB. Os valores cresceram no sentido a jusante do rio. Isso, devido principalmente à falta do emprego de técnicas conservacionistas nas margens do rio, no qual os sais tendem a acumularem-se a caminho da foz;

- O rio Dourado está adequado aos valores de padrão de qualidade da água para rios de classe II, conforme resolução CONAMA nº357/2005.

## 8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar coletas em mais pontos e mais épocas do ano para verificação dos parâmetros de qualidade da água e dos sedimentos do rio;
- Dar continuidade às análises nos demais afluentes que desaguam no Dourado, para assim, realizar a verificação dos agentes causadores de impactos e esses possam ser mitigados mais facilmente e,
- Considerar a possibilidade de instalação de postos fluviométricos e de monitoramento de qualidade das águas destinados às pesquisas geoambientais, para a formulação de um sistema georreferenciado de informações específicas e atualizadas da região.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Department. Of Health and Human Services, Public Health Service Public Health Statement: Arsenic. Atlanta, 2000, GA: U.S.; 2000.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY [ATSDR]. Toxicological profile for barium and barium compounds. Atlanta, 2007. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp24.pdf> Acesso em 08 mar. 2018.

APHA, AWWA, WEF Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ND Edition, New York, American Public Health Association, 2005.

ARAUJO, A. D.; FREITAS, M. O.; BAGGIO FILHO, H. Qualidade ambiental da água superficial do córrego quatro vinténs no município de Diamantina-MG. Revista Cerrados, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 77-95, out. 2016. ISSN 2448-2692. Disponível em: <<http://www.periodicos.unimontes.br/cerrados/article/view/80>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

AZEVEDO, F.A. Toxicologia do mercurio. Sao Paulo: Editora RIMa/InterTox, 2003. 272p.

BABBITT, H. E.; DOLAND, J. J.; CLEASBY, J. L. Abastecimento de Água. Tradução: Zadir Castelo Branco. São Paulo, Edgar Blucher; Brasília , INL, 1973.

BAIRD. C. Química Ambiental, 2 Ed. Porto Alegre. Bookman, 2002.

BELLUTA, I. et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no Córrego do Cintra – Botucatu-SP. Salusvita, Bauru. 2008.

BRAGA, B., et all. Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARDOSO, A. M. T. Verificação da qualidade da água e dos sedimentos do rio Tietê entre as barragens de Promissão e Ibitinga. 2014. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas Interiores no estado de São Paulo: Série Relatório: 2016. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>. Acesso em 08 de dez. 2017.

CORDEIRO NETO, J. et al. Qualidade da água da Lagoa do Josino, em Formiga (MG). Revista Agrogeoambiental, [S.l.], v. 9, n. 2, jul. 2017. Disponível em:<<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/998>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

CORRÊA, R. R.; PACHOAL, C. W.; ROCHA, W. A. Caracterização da hexaferrita de bário obtida pelo método cerâmico. *Revista Cerâmica*. Ed 59, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v59n351/a15v59n351.pdf> acesso em 15/07/2018.

FARIA, D. A. Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaratinguetá, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Bauru, SP, 2012.

FERRECCIO C. L. cancer and arsenic exposure in drinking water: a case-control study in nortern Chile. *Cad Saúde Pública*, Rio de Janeiro 1998; 14 Suppl 3: 193-8.

FIGUEIREDO, B. R.; BORBA, R. P.; ANGÉLICA, R. S. Em *Geologia Médica no Brasil*; Silva, C. R.; Figueiredo, B. R.; De Capitani, E. M.; Cunha, F. G., eds.; CPRM-Serviço geológico do Brasil: Rio de Janeiro, 2006, cap. 11.

FIGUEIREDO NETO, E. Reaproveitamento de Energia e Massa no Meio Rural. In: SOUZA, V. R. P. (Org.). *Uso Racional do Imóvel Rural*. Birigui: Boreal, 2016. P. 42-62.

FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W., *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlim, 2<sup>nd</sup> ed, 1981.

GASPAROTTO, F. A. Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental, *Revista da FAPAM*, ano 2, nº1, Pará de Minas, MG, 2003.

HAYES, W. J.; LAWS, E. R. *Handbook of Pesticides Toxicology*, 1st ed., Academic Press: San Diego, 1997.

LÔNDERO, E.; GARCIA, C. S. Site Higienistas, 2010. Disponível em: <http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10474.pdf>. Acesso em: 15 de jan. de 2018.

MANAHAN, S.E. *Environmental Chemistry*. 6rd ed., Lewis Publishers, Nova York, 1994, 811p.

MARQUES, M. N. et al. Avaliação do Impacto da Agricultura em Áreas de Proteção Ambiental, Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo, *Química Nova*, vol. 30, nº 5, p. 1171-1178, São Paulo, SP, 2007.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. *Agroecológico e Desenvolvimento Rural Sustentável*, vol. 3, p. 33, 2002.

MOZETO, A. A. & ZAGATTO, P.A. Introdução de agentes químicos no ambiente. In Zagatto, P.A. & Bertoletti, E. (Editores). Ecotoxicologia aquática: Princípios e aplicações. São Carlos, SP. Rima, 2006. P. 295-320.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 261-275, Junho 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2014000200008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2014000200008&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 19 Jul. 2018.

OLIVEIRA, S. C. et al. Qualidade das águas superficiais do Médio São Francisco após a implantação dos perímetros irrigados de Gorutuba/Lagoa Grande e Jaíba. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 711-721, ago. 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522017000400711&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000400711&lng=pt&nrm=iso)>. acesso em 10 jan. 2018.

PADILHA, C. F.; LEITZKE, F. L. S.; SILVA, J. M. L.; SCREMIN, L. B. Determinação de fosfatos em água. UFTP, 2010.

PEREIRA, S. F. P.; OLIVEIRA, G. R. F.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, J. S.; SOUSA JÚNIOR, P. M.; Acta Amaz. 2009, 39, 953.

POTE, D.H.; REED, B.A.; DANIEL, T.C.; NICHOLS, D.J.; MOORE, P.A.; DWARDS, D.R. Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure. Journal Soil and Water Conservation, v. 56, n. 1, p. 32-37, 2001.

SÃO PAULO (Estado), Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, Guia do Sistema Paulista de Recursos Hídricos, 2ª Edição, p. 89, São Paulo, 2012.

SILVA, D. A. Avaliação espaço-temporal da distribuição de fósforo na água e nos sedimentos de fundo das sub-bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço e em algumas baías do Pantanal Matogrossense. 2014. 109 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Química de Araraquara. Inclui bibliografia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/115948>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

SILVA JUNIOR, A. F. Uso do Entorno do Reservatório UHE Promissão: Uma Análise Atualizada, Face à Perspectiva de Zoneamento, Universidade Católica de Brasília, Dissertação de mestrado, Brasília, DF, 2006.

SOARES, H. M. V. M.; Boaventura, R. A.; Machado, A. A. S. C.; Esteves da Silva, J. C. G.; Environ. Pollut. 105, 311, 1999.

SOUZA, A.; BERTOSSI, A. P. A.; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 227-234, oct. 2015. ISSN 1982-8470. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/2312>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

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

TRINDADE, A. L. C. et al., Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de MINAS GERAIS. *Eng. Sanit. Ambient.* Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 13-24, fev. 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522017000100013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000100013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 10 jan. 2018

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M.. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclet. Quím.**, São Paulo, v. 22, p. 49-66, 1997. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 10 jul. 2018.

VENTURA, A. Problemas técnicos da silvicultura paulista. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, v.3, n.3, p.61-80, 1964.

ZAMBON, C. C. Avaliação da qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica com vocação agropecuária. 2013. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru.