

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO  
SOBRADINHO E SUA CORRESPONDÊNCIA COM O  
ENQUADRAMENTO VIGENTE**

**MELISSA DIAS GASQUE**

**ORIENTADORA: LENORA NUNES LUDOLF GOMES**

**CO-ORIENTADOR: RICARDO TEZINI MINOTI**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**BRASÍLIA - DEZEMBRO/ 2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO  
SOBRADINHO E SUA CORRESPONDÊNCIA COM O ENQUADRAMENTO  
VIGENTE**

**MELISSA DIAS GASQUE**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO  
GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.**

**APROVADA POR:**

---

**LENORA NUNES LUDOLF GOMES, DOUTORA – UnB  
(ORIENTADORA)**

---

**RICARDO TEZINI MINOTI, PhD – UnB  
(CO-ORIENTADOR)**

---

**ARIUSKA KARLA BARBOSA AMORIM, DOUTORA - UnB  
(EXAMINADORA INTERNA)**

---

**YOVANKA PÉREZ GINORIS, DOUTORA –UnB  
(EXAMINADORA INTERNA)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 10 DE DEZEMBRO DE 2019.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

GASQUE, MELISSA

Monitoramento da qualidade da água do ribeirão Sobradinho e sua correspondência com o enquadramento vigente. [Distrito Federal] 2019.

ix, 62 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2019)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Ribeirão Sobradinho

2. Qualidade da água

3. Enquadramento

4. Índice de Conformidade ao enquadramento

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GASQUE, M. D. (2019). *Monitoramento da qualidade da água do ribeirão Sobradinho e sua correspondência com o enquadramento*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 62p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Melissa Dias Gasque

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Monitoramento da qualidade da água do ribeirão Sobradinho e sua correspondência com o enquadramento.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Melissa Dias Gasque

[melissagasque@hotmail.com](mailto:melissagasque@hotmail.com)

## RESUMO

A utilização da água pelo ser humano ocorre não apenas pelo consumo humano, mas também na indústria, agropecuária, lazer, dessedentação de animais entre outros. Tentando evitar conflitos causados pelos diferentes usos, gerou-se a necessidade de criar medidas capazes de assegurar a sustentabilidade dos corpos hídricos. Foi criada assim, a Política Nacional de Recursos Hídricos, em janeiro de 1997, que possui como um de seus instrumentos o enquadramento das águas, que por meio da Resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. O ribeirão Sobradinho é um corpo aquático de água doce classe 3, cercado principalmente por área urbana e agropecuária e é o corpo receptor de efluentes da estação de tratamento de esgoto de Sobradinho. A importância deste trabalho se dá no estudo sobre a qualidade da água do ribeirão Sobradinho já que este corpo d'água é utilizado pela comunidade local para irrigação, contato primário e secundário. Sendo assim, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar os parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho (coliformes, condutividade elétrica, fósforo total e ortofosfato, nitrato, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura), observando a qualidade da água a partir dos dados obtidos neste trabalho, nos dados fornecidos pela Adasa e avaliando se os valores estão ou não dentro dos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005. Com estes parâmetros quantificados em amostras de água no ribeirão foi calculado o índice de conformidade ao Enquadramento (ICE) e com auxílio do software ArcGIS, realizou-se análises do uso e cobertura do solo por meio do mapeamento do satélite Landsat 8. Os resultados encontrados sugerem que o ribeirão Sobradinho encontra-se envolto principalmente de área urbana e área agropecuária e suas águas estão poluídas, com um ICE regular em relação ao enquadramento de classe 3.

**Palavras-chaves:** Ribeirão Sobradinho, enquadramento, índice de conformidade ao enquadramento, qualidade da água

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>03</b>
<b>2.1. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>03</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>03</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>04</b>
<b>3.1. POLUIÇÃO DA ÁGUA.....</b>	<b>05</b>
<b>3.2. PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA.....</b>	<b>07</b>
<b>3.3. PARAMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>09</b>
<b>3.3.1. Cor.....</b>	<b>09</b>
<b>3.3.2. Condutividade elétrica.....</b>	<b>09</b>
<b>3.3.3. Temperatura.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.4. Turbidez.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO).....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.7. Fósforo.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.8. Nitrogênio.....</b>	<b>12</b>

<b>3.3.9.pH</b> .....	12
<b>3.3.10. Oxigênio Dissolvido</b> .....	12
<b>3.3.11. Coliformes</b> .....	12
<b>3.4. LEGISLAÇÃO</b> .....	13
<b>3.4.1. Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)</b> .....	13
3.4.1.1 Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água em classes.....	14
3.4.1.2 Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.....	17
3.4.1.3. Cobrança pelos recursos hídricos.....	17
3.4.1.4. Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos.....	17
<b>3.4.2. Padrões de qualidade da água segundo as resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 274/2000</b> .....	17
<b>3.5. ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO</b> .....	20
<b>3.6. DESCRIÇÃO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO</b> .....	21
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	23
<b>4.1. ÁREA DE COLETA</b> .....	23
<b>4.2. MONITORAMENTO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO</b> .....	24
<b>4.3. PARAMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA ANALISADOS</b> .....	25
<b>4.4. ANÁLISE DA RELAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM O ENQUADRAMENTO</b> .....	26
<b>4.5. ÍNDICE DE CONFORMIDADE</b> .....	27
<b>4.6. MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO</b> .....	29
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SOBRADINHO</b> .....	32

<b>5.2. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE FORNECIDOS PELA ADASA.....</b>	<b>44</b>
<b>5.3. RESULTADO DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO.....</b>	<b>50</b>
<b>5.4. RESULTADO DO MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO.....</b>	<b>52</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Usos predominantes da água no ano de 1940 e 2017. Fonte: Manual de usos consuntivos da água no Brasil (2019).....	5
Figura 3.2 – Poluição pontual e poluição difusa. Fonte: Von Sperling, (2005).....	6
Figura 3.3 – Delimitação das zonas de autodepuração. Fonte: Von Sperling (2005).....	8
Figura 3.4 – Integração do Plano de Bacia com os demais instrumentos. Fonte: SAG/ANA (2013).....	14
Figura 3.5 - Classes de qualidade da água e relação com os usos, segundo Resolução CONAMA nº357/2005. Fonte: (COSTA, 2011). ....	15
Figura 3.6 – Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces (Resolução CONAMA nº 357/2005) Fonte: Agência Nacional de Águas (2009) .....	16
Figura 4.1 - Área de coleta, ETE e cachoeiras. Fonte: Imagem de satélite Landsat 8 e Google Earth com câmera de 2983 metros (2019).....	23
Figura 4.2 - Local da coleta.....	24
Figura 4.3 - Monitoramento próximo a margem no dia 31/10/2019.....	25
Figura 5.1 - Valores diários de precipitação (mm) .....	32
Figura 5.2 - Precipitação (mm) ao longo do dia nos dias de coleta.....	32
Figura 5.3 - Valores de Nitrogênio Amoniacal nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.....	35
Figura 5.4 - Valores de Nitrato nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019. ....	36
Figura 5.5 - Valores da coleta de fósforo Total no dia 30 de outubro de 2019.....	38
Figura 5.6 - Valores de fósforo Reativo nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019. ....	38

Figura 5.7- Valores de Oxigênio Dissolvido nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.....	40
Figura 5.8 - Valores de turbidez nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.....	41
Figura 5.9 - Valores de condutividade nas coletas dos dias 30 de outubro e 8 de novembro de 2019. ....	43
Figura 5.10 - Mapa de uso e cobertura do solo do ribeirão Sobradinho.....	53
Figura 5.11 - Valores percentuais das áreas encontradas no mapa de uso e cobertura do solo.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Valores limites dos parâmetros físicos e químicos para a classificação do enquadramento segundo a Resolução CONAMA nº 357. Fonte: BRASIL, 2000.....	18
Tabela 4.1 - Relação entre parâmetros e métodos de análise em laboratório.....	26
Tabela 4.2 - Classificação e significado de cada classe do ICE.....	29
Tabela 5.1 – Resultados encontrados a partir das análises realizadas.....	33
Tabela 5.2 - Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2014.....	44
Tabela 5.3 - Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2015.....	45
Tabela 5.4 - Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2016).....	46
Tabela 5.5 - Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2017.....	47
Tabela 5.6 - Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2018.....	48
Tabela 5.7 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2019.....	49
Tabela 5.8 – Valores de ICE calculados a partir dos dados da Adasa.....	51
Tabela 5.9 - Área das classes encontradas pelo mapa de uso e cobertura do solo.....	53

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 4.1 – Abrangência.....	27
Equação 4.2 - Frequência.....	27
Equação 4.3 - Primeira etapa para o cálculo da Amplitude quando o limite foi maior que o esperado. ....	28
Equação 4.4 - Primeira etapa para o cálculo da Amplitude quando o limite foi menor que o esperado.....	28
Equação 4.5 - Segunda etapa para o cálculo da Amplitude.....	28
Equação 4.6 - Terceira etapa para o cálculo da Amplitude.....	28
Equação 4.7 - Cálculo do Índice de conformidade ao enquadramento.....	29

## LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência Nacional de guas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

GDF – Governo do Distrito Federal.

ICE – ndice de conformidade ao enquadramento

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

mg/L – Miligrama por litro

mL – Mililitro

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NTK – Nitrogenio Total kjeldahl

NMP – Número mais provável

OD – Oxigênio Dissolvido

pH- Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

UT – Nephelometric Turbidity Unit

$\mu$ S/cm – Microsiemens por centimetros

C – Graus Celsius

# 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência de todas as espécies que habitam a Terra e está presente em 70% da massa corporal do ser humano atuando na manutenção da temperatura e sendo veículo de troca de substâncias. A água é utilizada para o abastecimento doméstico, industrial e na agricultura, é usada na dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, produção de energia elétrica, limpeza das cidades, no combate a incêndios, irrigação de jardins, recreação e lazer, navegação, construção de obras e despejos (MMA, 2019).

Estes usos podem gerar um impacto negativo no corpo de água por meio do despejo de fertilizantes agrícolas, esgotos domésticos e industriais, plásticos e microplásticos, metais pesados, fármacos, entre outros, afetando a vida aquática da região e dos usuários que utilizam a água sem o devido tratamento. Os diferentes usos, muitas vezes acabam gerando conflitos já que algumas atividades industriais podem poluir as águas de um corpo d'água, diminuindo a quantidade de peixes e até mesmo impedindo que aquela água seja utilizada pelas pessoas (OLIVEIRA; MOLICA, 2017)

Em busca de evitar conflitos, a agência nacional de águas (ANA), uma autarquia governamental é responsável pelo controle e gestão dos recursos hídricos em solo brasileiro. No ano de 1997 foi criada a lei 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos com o objetivo de assegurar água de boa qualidade para a geração atual e as gerações futuras, realizar a utilização racional e integrada, prevenir e defender contra eventos de origem natural e humana. A gestão atual dos recursos hídricos é realizada a partir dos instrumentos de planos de recursos, enquadramento dos corpos, outorga dos direitos de uso, cobrança, compensação a municípios e sistema de informações (BRASIL, 1997)

A Política Nacional de Recursos Hídricos busca realizar planos a longo prazo, por meio do diagnóstico atual do corpo de água, análise e criação de metas e medidas a serem tomadas mediante gestão descentralizada que conta com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997)

O enquadramento, um dos instrumentos da lei 9.433, classifica o corpo de água doce em 5 classes existentes, quais sejam: a classe especial que possui o uso mais exigente em relação

a qualidade da água, e as classes de 1 a 4, sendo a classe 4 a de uso menos exigente. A análise da qualidade da água é dada pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, em que são mostrados valores limite para os parâmetros de qualidade que as águas doces, salinas e salobras precisam apresentar em cada uma das classes do enquadramento.

A resolução CONAMA 357/2005 diz que as águas doces que não foram aprovadas em nenhum enquadramento são consideradas classe 2 e as águas salobras classe 1, exceto em condições de qualidade atuais melhores.

Nesse contexto, o ribeirão Sobradinho, localizado na porção centro-norte do Distrito Federal é definido como classe 3, formado por diversas nascentes, sua calha principal contorna a cidade de Sobradinho e segue até o rio São Bartolomeu. Durante esse percurso recebe inúmeros impactos ambientais causados pela deficiente infraestrutura urbana de drenagem pluvial, do descarte de efluentes da estação de tratamento de esgoto Sobradinho e lançamento irregular de efluentes e resíduos (GDF, 2019).

O presente estudo apresenta os resultados da análise de parâmetros de qualidade da água em um ponto do ribeirão Sobradinho, a comparação entre os resultados encontrados e a legislação proposta para corpos de água doce de classe 3, a análise sobre o uso e cobertura do solo e o valor do índice de conformidade ao enquadramento dos parâmetros avaliados, verificando assim se o Ribeirão segue ou não o enquadramento vigente.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVO GERAL:**

Avaliar a qualidade da água do ribeirão Sobradinho por meio do monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológico para verificar o nível de poluição do corpo d'água e sua correspondência com o enquadramento vigente.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analisar os parâmetros físicos, químicos e biológico de qualidade da água do Ribeirão, monitorados a jusante do lançamento da estação de tratamento de esgoto de Sobradinho.
- Analisar os valores de qualidade da água fornecidos pela ADASA em pontos a montante e a jusante da estação de tratamento de esgoto Sobradinho.
- Verificar o enquadramento do ribeirão Sobradinho de acordo com o índice de conformidade ao enquadramento, ICE.
- Mapear o uso e cobertura do solo da unidade hidrográfica do ribeirão Sobradinho para avaliação do impacto na qualidade da água do ribeirão.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De toda a água existente no planeta, 97,5% é salgada e não adequada para o consumo direto e nem para a irrigação. A água doce existente é de apenas 2,5% e 68,9% desta água doce está concentrada nas geleiras, 29,9% são águas subterrâneas armazenadas em aquíferos, 0,9% estão no solo, pântanos e geada e apenas 0,3% em Rios e Lagos (ANA, 2018).

O Brasil é privilegiado em relação à quantidade de água, estima-se que 12% da água doce disponível no planeta estão em território brasileiro. Entretanto, a distribuição do recurso não é equilibrada, visto que a região norte, que possui apenas 5% da população brasileira, tem 80% da água disponível enquanto as regiões próximas ao oceano atlântico que possuem 45% da população têm menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2018)

No Brasil, a alternativa mais utilizada para o abastecimento público são as águas superficiais, sendo utilizada por 56% do total de municípios como pelo menos uma das alternativas utilizadas. Essa alternativa é a que está mais exposta às fontes de poluição e contaminação que ocorrem principalmente por meio do lançamento de esgotos domésticos, recepção de água da chuva escoada por áreas agrícolas e solos sujeitos a erosão, percolação de chorume vindo de lixões próximos, entre outros (BICUDO *et al*, 2010).

A água possui diversos usos como o abastecimento doméstico, industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos. Estes usos são divididos em consuntivos e não consuntivos. No uso consuntivo, a água captada é consumida no processo sem retornar ao curso de água como é o caso da irrigação, da utilização na indústria, consumo animal e consumo humano. E o uso não consuntivo é a utilização da água sem consumi-la, como o lazer, diluição de despejos, a pesca e a navegação (DERISIO, 2013).

Na década de 1940, o uso da água era predominantemente para abastecimento humano rural e abastecimento animal. Com o desenvolvimento econômico e o processo de urbanização ocorreu um aumento do uso da água. Na região norte do Brasil a principal utilização da água ocorre nas termelétricas e abastecimento urbano. No sudeste prevalece o abastecimento urbano e nas demais regiões os principais usos são para a agricultura (ANA, 2019), como se observa na figura 3.1.

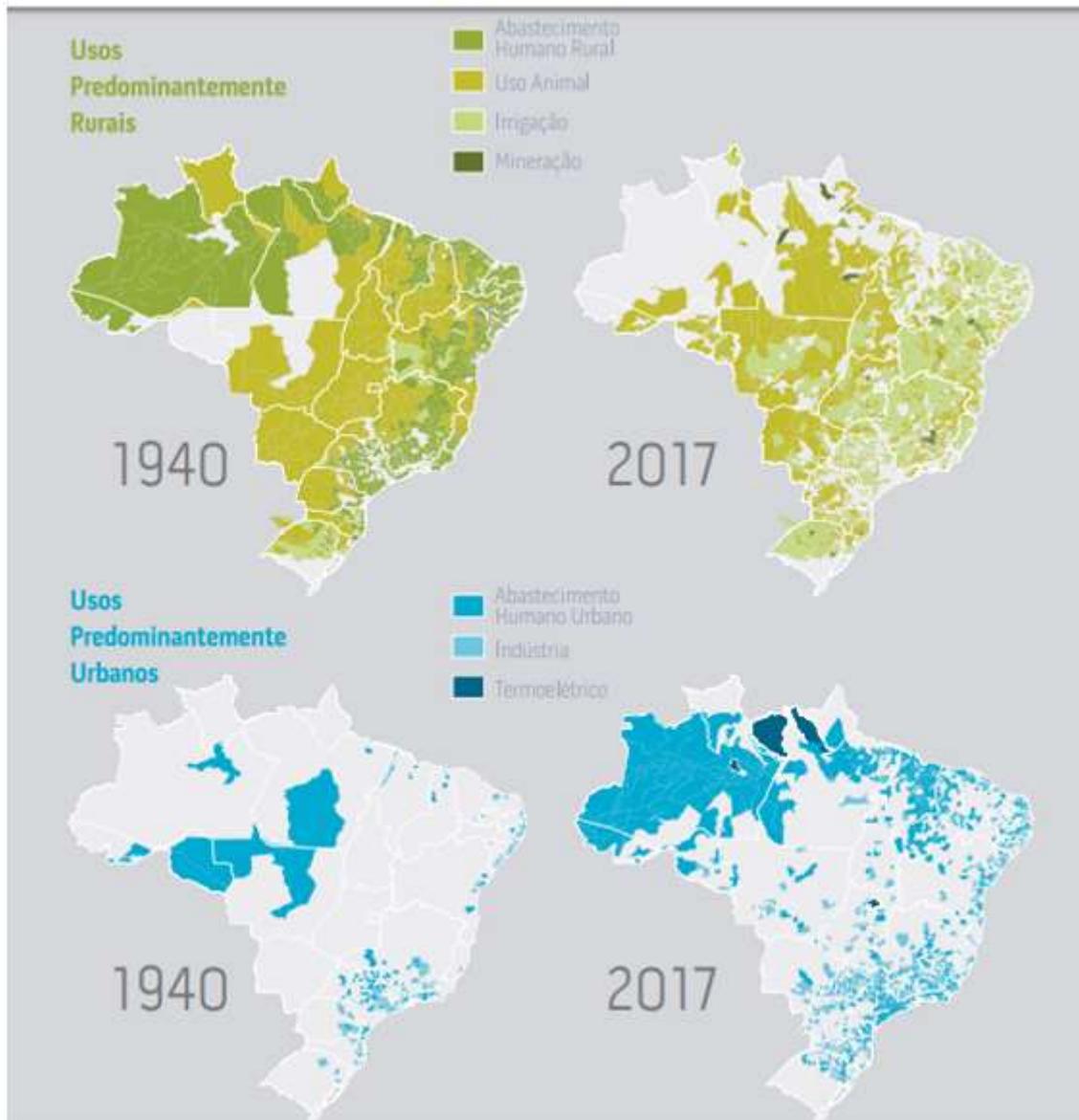


Figura 3.1 – Usos predominantes da água no ano de 1940 e 2017. Fonte: Manual de usos consuntivos da água no Brasil (2019)

### 3.1. POLUIÇÃO DA ÁGUA

A poluição da água ocorre por meio da adição de substâncias que alteram a qualidade do corpo d'água prejudicando o ecossistema, os organismos aquáticos e os seres humanos que a consomem. As fontes poluidoras podem ser naturais, industriais, urbanas e agropastoris. A poluição natural da água não está associada a atividades humanas, é o caso da decomposição de vegetais e animais mortos e poluição causada pela chuva e escoamento superficial. A poluição industrial são os resíduos descartados nos corpos d'água sem o

devido tratamento. Podem ser resíduos de indústrias de papel e celulose, refinaria de petróleo, usinas de açúcar e álcool, siderúrgicas e metalúrgicas, indústrias químicas e farmacêuticas, abatedouros, frigoríficos e indústrias têxteis. A poluição urbana é proveniente dos esgotos lançados diretamente e indiretamente nos corpos d'água. Por fim, a poluição agropastoril é a poluição ligada a atividades de agricultura e pecuária (DERISIO, 2013).

A contaminação do corpo d'água pode ocorrer de forma difusa ou pontual como mostrado na Figura 3.2. A poluição difusa ocorre de modo aleatório sem qualquer padrão de lançamento em termos de quantidade, frequência ou composição. Os lançamentos das drenagens urbanas, lixiviação de chorume e da água usada para irrigação, acidentes com produtos químicos ou combustíveis são exemplos de poluição difusa. Por sua vez, a poluição pontual é lançada em pontos específicos e raramente sofre variações ao longo do tempo. As indústrias, barragens de rejeitos, estações de tratamento de esgotos são exemplos de poluição pontual (AGEVAP, 2014).



Figura 3.2 – Poluição pontual e poluição difusa. Fonte: Von Sperling, (2005)

A poluição interfere na diversidade das espécies. Ecossistemas em condições naturais possuem elevada diversidade de espécies com reduzido número de indivíduos. Já o ecossistema em condições perturbadas possui baixa diversidade de espécies com elevado número de indivíduos em cada espécie e isso ocorre devido a seleção das espécies, pois somente as bem adaptadas às novas condições conseguem se proliferar (Von SPERLING, 2005).

Já a utilização de águas contaminadas para uso humano e irrigação de alimentos pode transmitir doenças de veiculação hídrica como esquistossomose, hepatite, giardíase e criptosporidíase, gastroenterite, febres tifóide e paratifóide, cólera, ascaridíase e teníase entre outras. As doenças de veiculação hídrica podem ser transmitidas diretamente pela água, e também pela transmissão indireta já que uma pessoa doente passa a ser transmissora da doença, podendo contaminar o ambiente, além de produzir impactos econômicos causados por internações, aumento de mortalidade e interrupção de atividades produtivas. A relação entre saneamento e doenças de veiculação hídrica é antiga, a expansão urbana e cuidado inadequado com o corpo d'água gera aumento de ocorrência de doenças e conseqüentemente exigência de implantação de condições sanitárias adequadas, tratamento da água e a higiene pessoal (MAGALHAES, 2009).

### **3.2. PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA**

A autodepuração é um processo de recuperação do corpo d'água de forma natural após o despejo de matéria orgânica. Antes do lançamento do despejo, o ecossistema aquático usualmente encontra-se em equilíbrio. Após a entrada do poluente o equilíbrio é afetado e a partir da autodepuração o ecossistema atinge um novo equilíbrio (Von SPERLING, 2005).

A autodepuração é dividida em cinco zonas (Figura 3.3), que são águas limpas, degradação, decomposição ativa, recuperação e águas limpas novamente. Como se pode observar, a zona 1 é a de águas limpas, nessa zona ainda não houve o lançamento do esgoto. A quantidade de matéria orgânica e bactérias são baixas e conseqüentemente há grande quantidade de oxigênio dissolvido. A zona 2 ocorre logo após o lançamento das águas residuárias, a quantidade de matéria orgânica aumenta causando o início da adaptação e do processo de decomposição realizado pelos organismos. A decomposição é dependente da quantidade de microorganismos e do oxigênio dissolvido. Nessa fase há altos teores de compostos nitrogenados, a quantidade de coliformes termotolerantes é elevada e há o desaparecimento de espécies menos adaptadas (Von SPERLING, 2005).

Por sua vez, a zona 3 é a zona de decomposição ativa. Apresenta estado mais deteriorado, e diz respeito ao momento no qual o corpo d'água possui a menor quantidade de oxigênio dissolvido e os microorganismos estão ativamente decompondo a matéria orgânica e começando a reduzir devido a disponibilidade do alimento. Nessa zona a principal forma

de nitrogênio encontrada é a amônia. A zona 4 é a de recuperação, que ocorre após a fase de intenso consumo de matéria orgânica e degradação do ambiente. Nessa fase a amônia é convertida em nitrito e depois nitrato, o fósforo é transformado em fosfato e a presença desses nutrientes, e a maior transparência da água, pode gerar o desenvolvimento das algas. E por fim, a última zona é a de águas limpas no qual o corpo d'água volta às condições normais relacionadas à concentração de oxigênios dissolvido, matéria orgânica e quantidade de bactérias (Von SPERLING, 2005).

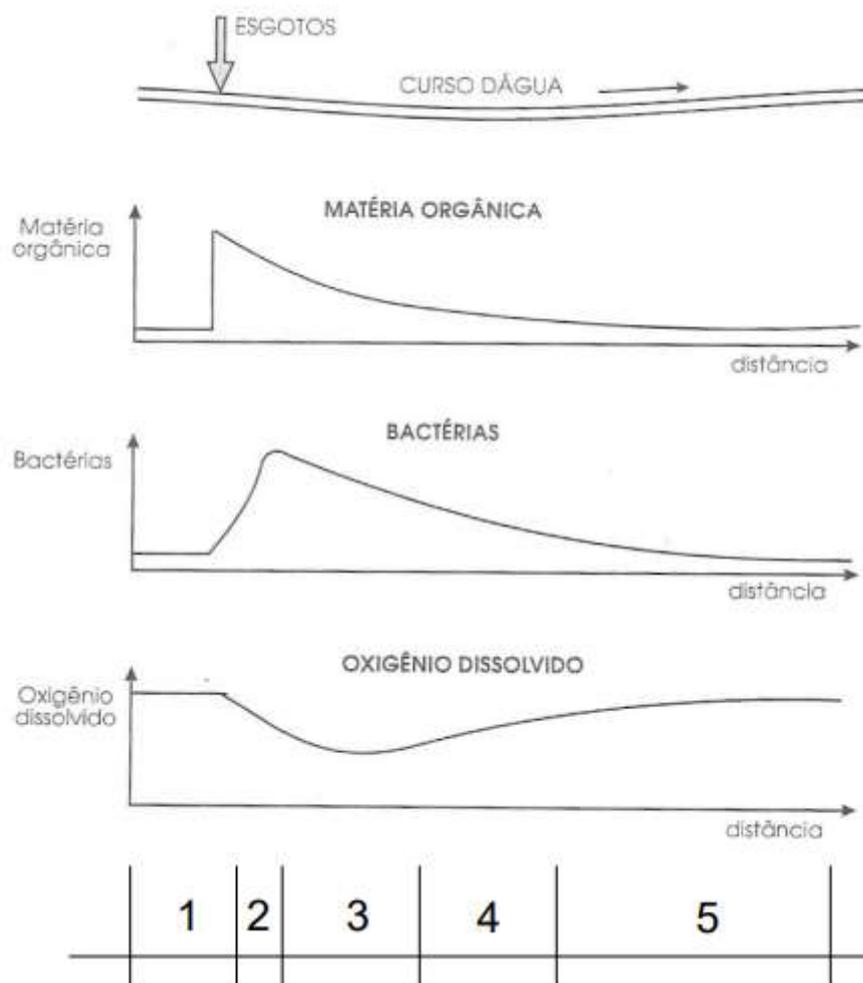


Figura 3.3 – Delimitação das zonas de autodepuração. Fonte: Von Sperling (2005).

### **3.3. PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Para a avaliação da qualidade em que o corpo d'água se encontra são utilizados parâmetros físicos, químicos e biológicos, estes indicam se há ou não perigos de doenças e o nível de poluição do corpo d'água. Dessa forma é possível determinar quais os usos aceitáveis e não aceitáveis para a utilização deste corpo d'água. A seguir serão apresentados alguns dos parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da água de ambientes aquáticos superficiais.

#### **3.3.1. Cor**

A cor da água está associada a redução da intensidade de luz devido a presença de sólidos dissolvidos (PIVELI e KATO, 2006). Eles podem ser de origem mineral ou vegetal (algas, plantas, protozoários, ferro e manganês), ou por resíduos orgânicos ou inorgânicos (como produtos de mineração, efluente de indústrias têxteis, celulose, papel e madeira) (FUNASA, 2014)

A diferença entre a cor verdadeira e a cor aparente é dada pelo tamanho das partículas. A cor aparente é determinada em amostras com a presença de turbidez, ou seja, partículas com diâmetro superior a 1,2 $\mu$ m enquanto a cor verdadeira é determinada sem a turbidez (PIVELI e KATO, 2006). A cor verdadeira é obtida por meio da centrifugação, filtração ou sedimentação realizada em laboratório (FUNASA, 2014)

#### **3.3.2. Condutividade elétrica**

A condutividade da água é uma medida da capacidade da água de conduzir corrente elétrica a partir da presença de íons: cátions e ânions. Esse parâmetro não identifica quais são os íons presentes na água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras. Valores elevados de condutividade podem ocorrer devido a emissão de esgoto doméstico próximo ao local de análise (ZUIN; IORIATTI; MATHEUS, 2009). Essa medida depende da concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água e da temperatura na qual foi medido. A unidade da condutividade é dada por Siemens/m e pode ser usada empiricamente para determinar os sólidos totais dissolvidos em mg/L. (EMBRAPA, 2019).

### **3.3.3. Temperatura**

A temperatura pode ser definida como a medida de agitação das moléculas, ou seja energia cinética. É uma grandeza física escalar que pode ser causada por fontes naturais ou antropogênicas. O aumento da temperatura provoca o aumento na velocidade das reações, diminui a solubilidades dos gases dissolvidos, aumenta a transferência de gases podendo causar mau cheiro e altera as atividades metabólicas dos organismos (FUNASA, 2014)

### **3.3.4. Turbidez**

A turbidez da água é um dos principais parâmetros de qualidade das águas e diz respeito ao grau de interferência da passagem da luz devido à presença de sólidos em suspensão e pode provocar a diminuição da intensidade de raios luminosos em corpos de água, que altera o ecossistema. Alguns sólidos capazes de causar turbidez são a areia, argila, algas, bactérias e plânctons (PIVELI e KATO, 2006). É importante destacar a existência de rios com águas turvas naturais em decorrências das características geológicas das bacias, erosão etc, mas a turbidez pode ser causada também pelos lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006)

### **3.3.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A demanda bioquímica de oxigênio é parâmetro fundamental para o controle de poluição das águas por matéria orgânica. Isso porque avalia a quantidade de oxigênio dissolvido consumida por organismos na degradação da matéria orgânica presente nos ambientes aquáticos.

A DBO corresponde à fração biodegradável da matéria orgânica e quanto maior a quantidade de matéria orgânica presente na amostra maior será o consumo de oxigênio e portanto maior o valor da DBO, com a indicação da existência de poluição.

### **3.3.6. Demanda química de oxigênio (DQO)**

A demanda química de oxigênio avalia a quantidade de compostos oxidados por meio da utilização do dicromato de potássio, um oxidante químico forte. Ou seja, mede o consumo de oxigênio durante a oxidação química da matéria orgânica. (PIVELI; KATO, 2006). Este parâmetro é importante para estimar o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais e o impacto causado aos ecossistemas aquáticos.

### **3.3.7. Fósforo**

Fósforo é um elemento químico que aparece nas águas naturais por meio de esgotos sanitários, efluentes industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e decomposição da matéria orgânica. É encontrado sob três formas, fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos. O fósforo é o principal fator limitante da produtividade da biomassa aquática e o excesso de fósforo contribui para o aumento da eutrofização das águas (PIVELI; KATO, 2006).

Os ortofosfatos, também chamados de fósforo reativo ou fosfato inorgânico dissolvido, podem indicar a presença de lançamento de esgotos domésticos ou fertilização do solo em regiões próximas ao corpo d'água (GEBLER *et al.*, 2012). Segundo Mota e Von Sperling (2009), o fósforo total no esgoto doméstico é apresentado por uma fração orgânica e uma inorgânica apresentada por polifosfatos e ortofosfatos, que possuem origem nos detergentes e outros produtos químicos domésticos. A presença do fósforo na forma iônica dissolvido em água representa maior risco de impacto ambiental na bacia por se tratar da fórmula que será assimilada pelos produtores primários.

### **3.3.8. Nitrogênio**

O nitrogênio é importante no metabolismo de ecossistemas aquáticos já que possui participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações no corpo d'água pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVEVES, 1998). É um elemento químico que aparece nas águas naturais por meio da chuva, a partir de materiais orgânico e inorgânico, despejos domésticos, efluentes industriais, excrementos de animais, fertilizante e pela ação de micro-organismos fixadores de nitrogênio. Pode ser encontrado como nitrogênio molecular escapando para atmosfera, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. A forma predominante do nitrogênio no corpo d'água fornece informações sobre o estágio de poluição (SPERLING, 2005). Segundo Piveli e Kato (2006) se a predominância de nitrogênio de um rio poluído estiver na forma de nitrogênio orgânico e amoniacal significa que o foco de poluição está próximo, se prevalecer nitrito e nitrato, as descargas de esgotos estão distantes.

Dentro do ciclo do nitrogênio ocorre a nitrificação, que é o processo no qual por meio das bactérias quimioautotróficas, como os gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* ocorre a

oxidação da amônia em nitritos e em seguida o nitrito é oxidado transformando se em nitrato. A nitrificação é importante para o ciclo do nitrogênio, mas possui efeitos negativos sobre a qualidade da água já que aumenta a demanda de oxigênio (QUEIROZ e BOEIRA, 2007). O processo oposto a nitrificação também ocorre e é chamado de desnitrificação. O excesso de nitrogênio contribui para o aumento da eutrofização das águas pelo aumento da produção primária dos ambientes.

### **3.3.9. pH**

O pH indica acidez, neutralidade ou alcalinidade a partir do íon de hidrogênio na água. É calculado em escala antilogarítmica, de 0 a 14 sendo valores inferiores a 7 indicadores de pH ácidos e valores superiores a 7 indicadores de pH alcalino. O pH na faixa do neutro está próximo do 7. Valores de pH muito ácidos ou muito alcalinos podem afetar a vida aquática e o metabolismo dos micro-organismos (Von SPERLING, 2005). O pH pode ser alterado de origem natural por meio da dissolução das rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese ou por ação antropogênica por meio das indústrias e despejos domésticos. (FUNASA, 2014)

### **3.3.10. Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido é essencial em corpos d'água e sua falta pode acarretar a morte de organismos aeróbios. As principais fontes de oxigênio dissolvido são a atmosfera e a fotossíntese enquanto as principais perdas ocorrem pela oxidação de íons metálicos, pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), pela respiração de organismos aquáticos e para a atmosfera (ESTEVEZ, 1998).

Constitui-se o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos visto que na estabilização da matéria orgânica as bactérias utilizam o oxigênio no processo de respiração (Von SPERLING, 2005). Ou seja, a baixa concentração de oxigênio dissolvido na água pode causar a mortandade de peixes (a maioria não sobrevive em concentrações abaixo de 3mg/L de oxigênio dissolvido) e outros seres vivos e é um sinal de águas poluídas.

### **3.3.11. Coliformes**

Os coliformes totais, geralmente não são patogênicos e são utilizados como indicadores de contaminação pois indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos

Segundo o Manual Prático de Análise de Água (Funasa, 2013) os coliformes totais são bacilos gram-negativos que podem ser aeróbios ou anaeróbios facultativos, podem apresentar atividade da enzima  $\beta$  – galactosidase. Existem pelo menos três gêneros, Escherichia, Enterobacter e Klebsiella. Já os coliformes termotolerantes são bactérias que pertencem ao grupo dos coliformes totais e são originadas principalmente no intestino humano e de outros animais. A principal bactéria é a Escherichia coli e sua presença na água indica contaminação por fezes.

### **3.4. LEGISLAÇÃO**

#### **3.4.1. Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída pela Lei nº 9.433 em janeiro de 1997, chamada de Lei das Águas. A PNRH fundamenta-se na ideia de que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Nesse sentido requer o respeito aos usos múltiplos da água e prioridade no caso da escassez para o abastecimento humano e a dessedentação animal. Por meio dessa política foi estabelecido que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada contando com a participação das comunidades, dos usuários e do poder público (BRASIL, 1997).

Os objetivos da Lei 9.433 é assegurar a disponibilidade de água, em padrões adequados, para as gerações atuais e futuras. Utilizar de forma racional e integrada os recursos, bem como prevenir e defender de eventos hidrológicos críticos naturais ou decorrentes do uso inadequado. Além de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento das águas pluviais (BRASIL, 1997).

Alguns dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos estão representados na Figura 3.4 e são conhecidos como:

- Planos de Recursos Hídricos
- Enquadramento dos corpos de água em classes
- Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos

- Cobrança pelo uso de recursos hídricos
- Compensação a municípios
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos



Figura 3.4 – Integração do Plano de Bacia com os demais instrumentos. Fonte: SAG/ANA (2013)

A seguir será apresentada uma breve explicação sobre cada um dos instrumentos da PNRH.

#### 3.4.1.1 Plano de Recursos Hídricos e enquadramento dos corpos de água em classes

O objetivo do planejamento na gestão das águas é minimizar os conflitos tendo em vista os múltiplos interesses. Tanto o Plano de Recursos Hídricos quanto o Enquadramento são instrumento de planejamento e têm como função procurar as melhores alternativas na utilização da água e orientar na tomada de decisões. Esses instrumentos devem ser elaborados levando em conta os interesses econômicos, políticos, ambientais e sociais e

precisam ser compromissados nos Comitês de Bacia e nos Conselhos de Recursos Hídricos (ANA,2013).

O planejamento do Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento devem ser realizados por meio da identificação da situação atual, a previsão da situação desejada e pelo estabelecimento de acordos entre as esferas do poder público, dos segmentos usuários e da sociedade civil levando em conta a capacidade financeira e as perspectivas futuras para a região (ANA, 2013)

O enquadramento do corpo de água tem como objetivo classificar o corpo de água e assegurar a qualidade da água com os usos pretendidos, segundo a resolução do CONAMA nº 357/2005. O Enquadramento pode ser aplicado a qualquer corpo d'água e não somente aos rios. Para realizar o enquadramento é importante avaliar a condição atual do rio, discutir, com a população da bacia, a condição de qualidade desejada para aquele rio e discutir e pactuar com os diferentes atores levando em conta as limitações técnicas e econômicas (ANA, 2013)

Para a classificação das águas doces foram criadas 5 classes, sendo que a classe especial tem a melhor qualidade da água e a classe 4 a pior, como mostrado na figura 3.5.



Figura 3.5 - Classes de qualidade da água e relação com os usos, segundo a Resolução CONAMA nº357/2005. Fonte: (COSTA, 2011).

Observando a figura 3.6 é possível perceber que a classe 4 é um corpo de água voltado para a harmonia paisagística e navegação. Na classe 3, as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; por exemplo irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e dessedentação de animais. A classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca. Por sua vez, o uso da água na classe 1 pode ser utilizada para abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. A classe especial é a de melhor qualidade e pode ser utilizada para ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Mandatório em UC de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Mandatório em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortaliças consumidas cruas e frutas ingeridas com película	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Figura 3.6 – Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos, em águas doces (Resolução CONAMA nº 357/2005) Fonte: Agência Nacional de Águas (2009)

#### 3.4.1.2 Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos

A outorga tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e garantir ao usuário o direito de acesso da água. Todas as indústrias e empreendimentos que necessitam utilizar água precisam solicitar a outorga ao poder público. A outorga é uma forma de controle sobre a quantidade e qualidade da água utilizada de forma que o uso dos recursos hídricos seja dividido entre as diversas demandas garantindo que toda sociedade tenha acesso a esses recursos. O valor da cobrança pela outorga é determinado a partir do volume de água que o estabelecimento está autorizado a utilizar (ANA, 2013).

#### 3.4.1.3 Cobrança pelo uso de recursos hídricos

A cobrança pelo uso da água não é considerada imposto e sim uma remuneração pelo uso de um bem público. A cobrança é negociada a partir de debate público no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica e não por meio de decisões isoladas de instâncias governamentais. Além disso, os recursos arrecadados são aplicados prioritariamente na própria bacia no qual foi gerado (ANA, 2013).

#### 3.4.1.4 Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

Os sistemas de informações sobre recursos hídricos são instrumentos essenciais visto que apresentam informações importantes que podem ser utilizadas na gestão dos recursos hídricos. É possível encontrar informações sobre as águas superficiais e subterrâneas, dados de qualidade das águas, leis, decretos e normas entre outras coisas. Para a aplicação dos outros instrumentos como enquadramento, emissão de outorgas e os valores cobrados pelo uso da água é necessário conhecer informações sólidas e confiáveis para uma implantação mais efetiva do processo (ANA, 2013).

### **3.4.2. Padrões de qualidade da água segundo as resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 274/2000**

Na resolução CONAMA nº 357/2000 são apresentados os valores limites dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água, segundo a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, já a resolução CONAMA nº 274/2000 apresenta os valores limites de coliformes totais segundo a balneabilidade do corpo de água. A tabela 3.1 apresenta os valores limites dos parâmetros físicos e químicos

na Resolução CONAMA nº 357/2000 já citados e em quais classes esses valores se encaixam.

Tabela 3.1 - Valores limites dos parâmetros físicos e químicos para a classificação do enquadramento segundo a Resolução CONAMA nº 357. Fonte: BRASIL, 2000.

Parâmetros	Classificação dos corpos d'água			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez (UT)	≤ 40	≤ 100	≤ 100	≥ 101
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	≥ 6	≥ 5	≥ 4	> 2
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	≤3	≤5	≤10	>10
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
SDT (mg/L)	500	500	500	500
PT Amb. lântico (mg/L)	0,020	0,03	0,05	0,05
PT Amb. intermediário (mg/L)	0,025	0,050	0,075	0,075
PT Amb. lótico (mg/L)	0,1	0,1	0,15	0,15
Nitrato (mg/L)	10	10	10	10
Nitrito (mg/L)	1	1	1	1
N Amoniacal (mg/L) pH= <7,5	3,7	3,7	13,3	13,3
N Amoniacal (mg/L) pH >7,5	2	2	5,6	5,6
Cor verdadeira(mg Pt/L)	nível de cor natural do corpo de água	≤75	≤75	≤75

OD: oxigênio dissolvido; DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxigênio; SDT: sólidos dissolvidos totais; PT: fósforo total.

Os valores limites de coliformes termotolerantes na água de uso para recreação de contato primário deverão ser obtidos por meio da resolução CONAMA nº 274 do ano 2000. Para os demais usos utiliza-se a resolução CONAMA 357/2005, nesta, a classe 1 possui limite de 200 NMP de coliformes termotolerantes por 100 mililitros, a classe 2 limite de 1000 NMP/100mL e as classes 3 e 4 possuem limites de 2500 NMP/100mL. Esses limites

devem ser encontrados em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas ao longo de 1 ano (BRASIL, 2005).

Para avaliar o corpo d'água quanto à balneabilidade (recreação de contato primário) a partir da análise de coliformes é necessário observar também a resolução CONAMA n° 274 do ano 2000, que divide a qualidade das águas em categorias excelente, muito boa e satisfatória. Quando a categoria é excelente significa que o local é próprio para recreação de contato primário.

Segundo o CAPÍTULO V da Resolução CONAMA 357/2005 sobre as diretrizes ambientais para o enquadramento.

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (BRASIL, 2005).

§ 1o O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2o Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3o As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4o As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico. § 5o Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano. § 6o Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o

licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

### **3.5. ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO**

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) tem o objetivo de indicar se a condição do corpo hídrico analisado atende ao enquadramento vigente. É baseado em três elementos: abrangência, frequência e amplitude. O primeiro elemento analisa o número de variáveis que não são atendidos, o segundo elemento analisa a quantidade de vezes que as variáveis não atendem aos padrões de qualidade e o terceiro elemento analisa a diferença entre o valor medido e o limite definido observado na Resolução CONAMA 357 de 2005. O Índice de Conformidade é bastante flexível quanto aos parâmetros utilizados, pois não restringe quais variáveis devem ser utilizadas, possui fácil aplicação e simplifica as informações tornando-as mais facilmente interpretáveis (COSTA, 2016). É recomendada a utilização de no mínimo quatro variáveis com pelo menos quatro coletas. O índice produz um valor entre zero e 100, dividido em cinco categorias: Excelente, boa, regular, ruim e péssima. (CCME, 2001). É preciso lembrar que as categorias são baseadas na classe utilizada como referência. A categoria excelente de um rio de classe 3 não é considerado excelente em um rio de classe 1 ou o contrário, a categoria péssima da classe 1 pode ser uma das melhores categorias na classe 4 já que os valores utilizados como referência são diferentes nas duas classes já que os padrões de qualidade são mais exigentes em corpos d'água de classe especial e classe 1 (AMARO, 2009).

No Brasil, este índice já foi aplicado pela Agência Nacional de Águas (2012), por Amaro (2009) na Bacia dos rios Capivari e Jundiáí, e por CETESB (2012) em águas costeiras do Estado de São Paulo (ANA, 2012).

Os valores de ICE realizados pela ANA (2012) foram calculados a partir de dados de monitoramento coletados junto às Unidades da Federação, realizadas nos períodos entre 2001 a 2010. Os parâmetros utilizados foram os que possuem limites preconizados pela resolução CONAMA 357 de 2005: pH, oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, turbidez e coliformes termotolerantes. No Distrito Federal, foram avaliados pela ANA o índice de conformidade ao enquadramento (ICE) em 233 pontos, sendo que apenas em 15 pontos

obteve-se valores na classe excelente e em 12 pontos o ICE encontrado esteve na classe boa.

Amaro (2009) calculou o ICE de diversos pontos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá utilizando os dados de qualidade da água do monitoramento realizada pela CETESB. Os valores de ICE calculados vão do período de 1989 até 2007.

### **3.6. DESCRIÇÃO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO**

O ribeirão Sobradinho encontra-se a 22 km de Brasília, na porção centro-norte do Distrito Federal. Possui extensão de 28 km e área de drenagem de 153 km. O Ribeirão possui diversas nascentes e contorna a cidade de Sobradinho até encontrar o rio São Bartolomeu. Segundo a norma técnica 4 de 2014 elaborada pelo conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal, o Ribeirão Sobradinho é enquadrado como classe 3. Isso ocorre porque o ribeirão sofre consequências da expansão urbana acelerada, em que as infraestruturas urbanas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário não acompanham o crescimento urbano e causam vários impactos ambientais na bacia e no meio ambiente da região (GDF, 2019).

Com o objetivo de fazer um diagnóstico da situação do Ribeirão, um grupo composto por diversos órgãos do Distrito Federal, foi criado pelo decreto nº 33.527 de 09/02/2012 e alterado pelo Decreto nº 33.717 de 15/06/2012. O grupo estudou alguns trechos do ribeirão e encontrou o seguinte diagnóstico (GDF, 2019):

As nascentes se encontram em diversos pontos e os olhos d'água nas partes altas de Sobradinho, mas antes mesmo de aflorar na superfície já sofrem impactos causados por desmatamento, impermeabilizações que alteram a recarga subterrânea e a exploração de águas subterrâneas realizadas por meio de bombeamentos para o abastecimento de condomínios. Com o objetivo de melhorar essa situação, foi criado um programa chamado "Adote uma Nascente", que ocorreu em 13 nascentes. No entanto, não foi o suficiente para mitigar os problemas causados pelas ocupações urbanas e industriais em expansão (GDF, 2019).

O trecho ao longo da cidade é onde se encontra áreas de um parque (Parque Recreativo e Ecológico Canela de Ema) sem cercamento adequado, e próximo a ele, há disposição final de rejeitos industriais e do agronegócio, águas pluviais misturadas com esgotos

clandestinos, além disso, resíduos sólidos urbanos e ocupação irregular do solo ocorrem de formas variadas ao longo das margens. Observou-se também grandes impactos ambientais causados por uma quantidade pequena de empresas de agronegócio (GDF, 2019).

O trecho próximo a estação da ETE recebe o lançamento de efluentes, oriundos da estação de tratamento de esgotos de Sobradinho, operada pela CAESB, que trata os esgotos domésticos coletados em Sobradinho e nos condomínios do Grande Colorado. Este trecho é o de maior impacto ambiental, devido ao volume tratado pela ETE Sobradinho, que não tem capacidade operacional para tratar, na totalidade, os esgotos domésticos coletados e transportados para esta estação (GDF, 2019).

O trecho entre a estação de tratamento de esgoto e o rio São Bartolomeu é ocupado principalmente por propriedades rurais, chácaras e áreas públicas. Os moradores são, em geral, pequenos produtores e chacareiros. Grandes partes desses proprietários de terra destinam corretamente seus esgotos domésticos e resíduos orgânicos, porém existem casos de lançamento irregular de efluentes e resíduos nessa região (GDF, 2019). Nesse trecho está presente a cachoeira Entre lagos e a cachoeira do Gancho, que são locais utilizados pelos cidadãos para lazer e contato com a natureza. Entretanto, mesmo possuindo potencial para serem utilizadas como pontos turísticos, as cachoeiras fazem parte de um corpo d'água enquadrado na classe 3 e, dessa forma, não podem ser utilizadas para contato primário, uma vez que a qualidade da água para essa classe não é adequada e pode causar problemas de saúde na população.

Além dos problemas de infraestrutura do atual cenário, em novembro de 2018, foi apresentado um projeto de expansão urbana de uma região, dentro da região administrativa de Sobradinho, que se chamará Urbitá e fica na região próxima ao ribeirão Sobradinho. A nova região busca sair do modelo dormitório e promover o desenvolvimento econômico e social da região ao criar um centro urbano alternativo ao plano piloto. A densidade populacional prevista para esta área é de 50 a 150 habitantes por hectare (CONPLAN, 2018).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. ÁREA DO ESTUDO

O presente trabalho objetivou a avaliação da qualidade da água do ribeirão Sobradinho, que contorna a cidade de Sobradinho e segue percurso até desembocar no rio São Bartolomeu. A região escolhida para coleta de água fica a jusante da cidade e do lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto e a montante das cachoeiras Entre lagos e Do Gancho, que são utilizadas pela comunidade local para lazer e banho (Figura 4.1).

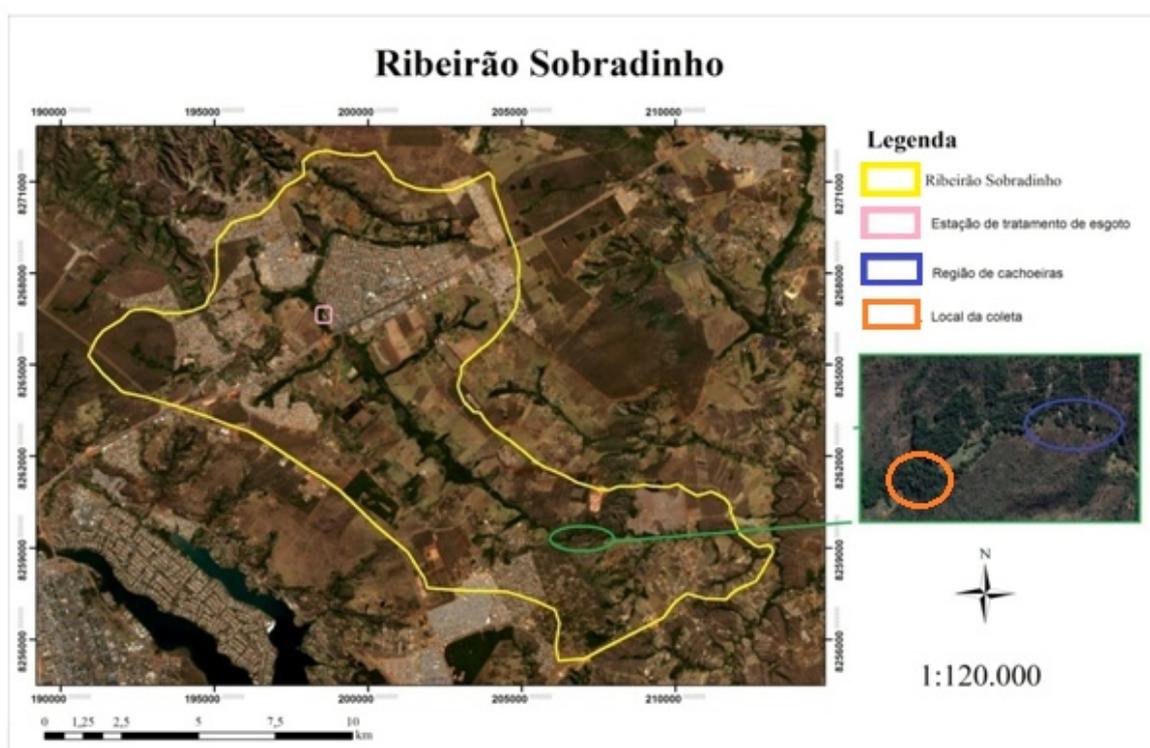


Figura 4.1 - Área de coleta, ETE e cachoeiras. Fonte: Imagem de satélite Landsat 8 e Google Earth com câmera de 2983 metros (2019)

A área onde foram realizadas as coletas de água para a análise dos parâmetros de qualidade da água (Figura 4.2) localiza-se entre o restaurante rural, localizado dentro do condomínio Mansões Entre Lagos em Sobradinho, e as cachoeiras (Entre lagos e Do Gancho). Para chegar ao local da coleta foi preciso seguir uma pequena trilha de aproximadamente 400 metros entre o restaurante rural e o local da coleta.



Figura 4.2 - Local da coleta.

#### **4.2. MONITORAMENTO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO**

As amostragens foram realizadas nos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019, sempre no mesmo local e próximo à margem do ribeirão Sobradinho (Figura 4.3). Para os parâmetros de oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica foram utilizados equipamentos de medida in loco. Para as análises do fósforo, nitrato, nitrogênio amoniacal e turbidez a água foi coletada por meio de um balde e, em seguida, acondicionada em um frasco de plástico de 1L enquanto, para a análise de coliformes foram utilizados frascos de vidros de 250mL esterilizados. As amostras foram acondicionadas em uma caixa isotérmica com gelo em quantidade suficiente para manter a temperatura baixa até a chegada ao laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade de Brasília.



Figura 4.3 - Monitoramento próximo a margem no dia 31/10/2019

### 4.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA ANALISADOS

Os parâmetros analisados em campo foram: temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. É importante que a determinação da temperatura e do oxigênio dissolvido sejam determinados *in situ*, visto que os parâmetros se alteram com facilidade e dessa forma os valores acabam sendo mais precisos. A mudança da temperatura, da pressão, da umidade e salinidade podem alterar o nível de oxigênio dissolvido encontrado na amostra.

Para a análise em laboratório a água foi transportada, imediatamente, após a coleta até o Laboratório de Saneamento Ambiental da UnB para realização das análises químicas, físicas e biológica. Os parâmetros analisados em laboratório foram: coliformes totais, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo Total, ortofosfato, e turbidez (Tabela 4.1). As análises foram baseadas nas metodologias propostas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de Eaton *et al.* (1995)

Tabela 4.1 - Relação entre parâmetros e métodos de análise em laboratório

<b>Parâmetros</b>	<b>Método de Análise</b>	<b>Referência</b>
Amônia	Método de Nessler	APHA 9223B
Coliformes Totais	Método do Substrato Cromogênico (Colilert)	APHA 9223B
Condutividade Elétrica	Sonda Multiparâmetros	YSI 650 MDS
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	métodos colorimétrico	
Fósforo Total	Método Espectrofotométrico	HACH 8190
Nitrato	Método Colorimétrico	APHA 4500 B
Ortofosfato	Método Espectrofotométrico	HACH 8190
Oxigênio Dissolvido	Sonda Multiparâmetros	
Temperatura	Sonda Multiparâmetros	YSI 650 MDS
Turbidez	Método Nefelométrico	APHA 2130 B

As análises em laboratório foram feitas em triplicata e para a apresentação dos valores no trabalho realizou-se uma média aritmética entre os três resultados encontrados em cada um dos dias da coleta. Entretanto, quando algum dos valores da triplicata esteve muito discrepante em relação aos outros dois, este foi descartado.

#### **4.4. ANÁLISE DA RELAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM O ENQUADRAMENTO**

Os valores dos parâmetros de qualidade da água medidos no laboratório e em campo foram comparados com os valores apresentados na resolução CONAMA 357 de 2005 e CONAMA 274 do ano 2000. Observou-se se haveria ou não correspondência entre os

valores obtidos no monitoramento realizado no presente estudo e os valores relacionados à classe 3.

Foram avaliados também os valores dos parâmetros disponibilizados pela Adasa à montante e à jusante da ETE Sobradinho. Os resultados obtidos foram comparados com os valores apresentados na resolução CONAMA 357, de 2005, observando se havia ou não correspondência ao enquadramento de classe 3 para águas doces.

#### 4.5. ÍNDICE DE CONFORMIDADE

Os dados disponibilizados pela ADASA e os valores encontrados e analisados neste trabalho foram utilizados para os cálculos dos índices de conformidades para classe 3. O Índice de Conformidade é calculado pela combinação dos valores de três fatores, quais sejam: a abrangência, a frequência e a amplitude. O cálculo foi realizado, considerando o enquadramento atual do ribeirão Sobradinho, com parâmetros que possuem limites preconizados pela resolução CONAMA 357. Os cálculos para análise do índice foram baseados no trabalho de Amaro (2009).

A Abrangência é representada por F1 (Equação 4.1) e retrata a porcentagem de variáveis que estiveram em desconformidade com o enquadramento:

$$F_1 = \left( \frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) * 100 \quad \text{Equação 4.1}$$

A Frequência é representada por F2 (Equação 4.2) e representa a porcentagem de vezes que um determinado parâmetro falhou durante o estudo.

$$F_2 = \left( \frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) * 100 \quad \text{Equação 4.2}$$

A amplitude é representada por F3 e representa a diferença entre o valor encontrado de determinado parâmetro que falhou e o valor que aquele parâmetro deveria apresentar para estar em conformidade com o enquadramento. Este índice é calculado em três etapas:

A primeira representa o número de vezes em que o valor encontrado foi maior (ou menor, em casos de valores com limites mínimos) que o limite estabelecido. Esta primeira etapa analisa individualmente a variação sofrida por cada variável. A equação 4.3 é utilizada quando o valor encontrado é maior que o limite estabelecido enquanto a equação 4.4 é utilizada quando o valor encontrado é menor que o limite estabelecido.

$$\Delta V = \left( \frac{\text{Valor encontrado fora do enquadramento}}{\text{Limite para enquadramento}} \right) - 1 \quad \text{Equação 4.3}$$

$$\Delta V = \left( \frac{\text{Limite para enquadramento}}{\text{Valor encontrado fora do enquadramento}} \right) - 1 \quad \text{Equação 4.4}$$

A segunda etapa para o cálculo da amplitude é obtida pela soma normalizada de todas as variações encontradas na primeira etapa e divididas pelo número total de análises (Equação 4.5).

$$\text{snv} = \frac{\sum_{i=0}^n \Delta V_i}{\text{Número total de análises}} \quad \text{Equação 4.5}$$

A terceira etapa é a obtenção do próprio fator por meio da equação 4.6

$$F_3 = \left( \frac{\text{snv}}{0,01 * \text{snv} + 0,01} \right) \quad \text{Equação 4.6}$$

Com os valores de F1, F2 e F3 é possível calcular o ICE como mostra a equação 4.7

$$ICE = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right) \quad \text{Equação 4.7}$$

O valor encontrado entre zero e 100 mostrará em qual das categorias da Tabela 4.2 o Ribeirão Sobradinho se encaixa e se atende ao enquadramento vigente.

Tabela 4.2 - Classificação e significado de cada classe do ICE

Valor do ICE	Classes	Significados
95 - 100	EXCELENTE	Qualidade da água está dentro dos valores da classe de referência.
80 - 94	BOA	Qualidade da água está dentro dos valores estabelecidos pelo enquadramento e raramente desvia dos padrões estabelecidos.
65 - 79	REGULAR	Qualidade da água está dentro dos valores estabelecidos mas ocasionalmente ocorrem impactos. Algumas vezes ocorre o desvio dos padrões estabelecidos.
45 - 64	RUIM	Qualidade da água é frequentemente afetada e com frequência os parâmetros não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.
0 - 44	PÉSSIMA	A qualidade da água está sempre com valores fora da classe de referência e frequentemente não atende os padrões estabelecidos.

#### 4.6. MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO

O mapeamento da carta de Uso e Cobertura do Solo do ribeirão Sobradinho foi realizado por meio do Arcgis 10.4.1 e imagem de satélite Landsat 8. A imagem foi retirada no site da “*earth explorer*”, com o satélite Landsat 8 desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) que foi lançado em novembro de 2013 nos Estados Unidos. A altitude do satélite é de 705 km e com inclinação de 98,2 graus (INPE, 2019). A imagem

baixada é do dia 20 de julho de 2019 e não possui presença de nuvens. O sistema de coordenadas utilizado é o SIRGAS 2000 UTM 23S e a escala utilizada na construção do gráfico foi de 1:60000.

Durante a realização do mapeamento tomou-se cuidado para que essa escala não se alterasse. As bandas multiespectrais utilizadas foram 3, 2, 1. A delimitação geográfica da sub-bacia foi encontrada por meio do site geoportal e a partir dessa delimitação, e da composição de bandas o mapa foi dividido de acordo com o uso e ocupação do solo. O mapeamento foi realizado por meio de classificação manual e apresenta áreas urbanas, áreas de agropecuária, mata de galeria, solo exposto e vegetação nativa dentro da área da bacia hidrográfica do ribeirão Sobradinho.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de qualidade da água do ribeirão Sobradinho foram realizadas em três momentos, nos dias 27 e 30 de outubro e no dia 8 de novembro de 2019. Para entender melhor os resultados, foram observados os valores de precipitação da estação Brasília-A001 pelo site do INMET nos dias da coleta e dias anteriores. Esta estação está localizada no Instituto Nacional de Meteorologia, que fica no Eixo Monumental Sul e encontra-se a uma distância aproximada de 20 km do ponto de coleta (distância calculada com a ferramenta Medir do Google Earth).

As precipitações totais desses dias estão representadas na Figura 5.1 e a precipitação ao longo de cada um dos dias de coleta está apresentado na Figura 5.2. A primeira coleta ocorreu no dia 27 de outubro de 2019, durante o período entre 9h e 10h da manhã. No dia anterior a esta coleta, o valor da precipitação diária foi de 1,2 mm. A precipitação, apresentada na Figura 5.2, para o dia 27 de outubro de 2019 foi de 0,6 mm, entretanto ela ocorreu entre 12h e 13h da tarde, após a coleta.

No dia 30 de outubro de 2019, a coleta foi realizada no período entre 9h e 10h da manhã. No dia anterior, a precipitação foi de 1 mm. A terceira coleta ocorreu no dia 8 de novembro de 2019, no horário entre 11h e 12h, um dia após uma chuva de 23,4 mm. Ou seja, as precipitações anteriores às coletas 1 e 2 obtiveram valores abaixo de 1,5 mm, enquanto a precipitação ocorrida no dia anterior à última coleta foi quase 20 vezes maior que as precipitações das duas primeiras. Essa diferença foi notada no dia da coleta, já que o nível da água do ribeirão estava bem acima dos níveis percebidos nos dias de coleta anteriores.

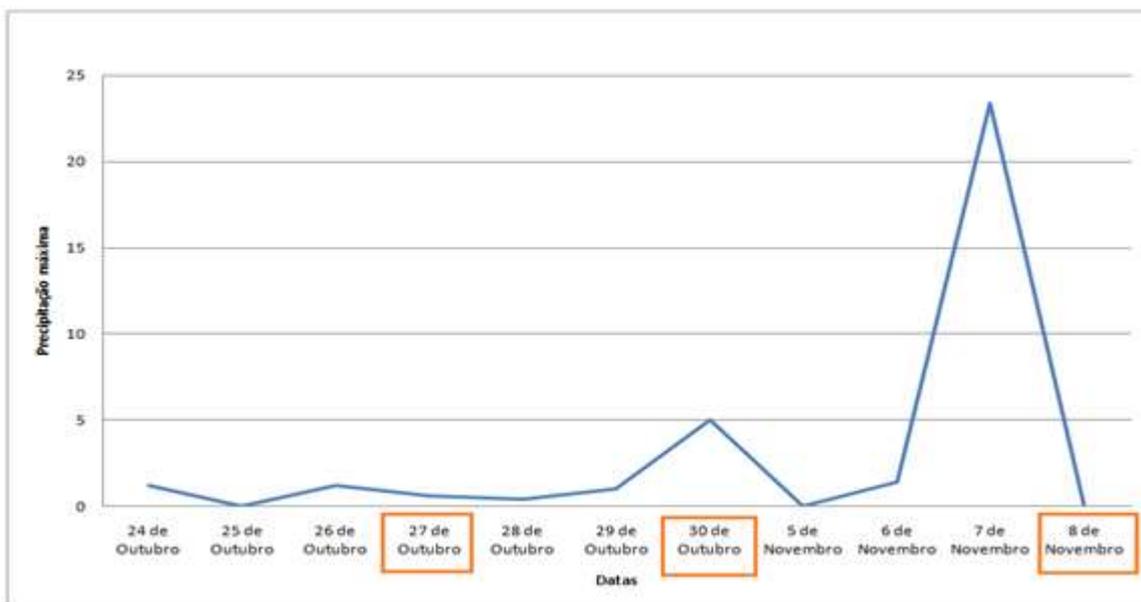


Figura 5.1 - Valores diários de precipitação (mm)



Figura 5.2 - Precipitação (mm) ao longo do dia nos dias de coleta

## 5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SOBRADINHO

A seguir serão apresentados na Tabela 5.1, os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho obtidos no presente estudo.

Tabela 5.1 – Resultados encontrados a partir das análises realizadas

Parâmetros	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≥ 2,9	≥ 2,9	1,301
Nitrato (mg/L)	2,3	1,56	0,7
Fósforo Total (mg/L)	x	0,23	x
Ortofosfato (mg/L)	0,5	0,8	0,31
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,39	6,22	6,62
Turbidez (UT)	6	4,82	54,7
Coliformes Totais (NMP/100mL)	20300	6300	285100
<i>(E.Coli)</i> (NMP/100mL)	1000	<1000	73300
Condutividade Elétrica (µS/cm)	x	167,7	80
Temperatura (°C)	22,7	23,1	22,2
pH	7,5	7,5	7

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005. Valores em preto não possuem indicação de limite na resolução.

## Nitrogênio Amoniacal e pH

O valor limite do nitrogênio amoniacal para o enquadramento da classe 3 está presente na resolução CONAMA 357 de 2005. De acordo com a resolução, nas águas doces de classe 3, os valores limites de nitrogênio amoniacal variam com o valor do pH. Para pH acima de 8,5, o valor limite recomendado é de 1,0 mg/L; para pH entre 8,5 e maior que 8 o limite é de 2,2 mg/L; para pH entre 8,0 e maior que 7,5 o valor limite é de 5,6 mg/L e para pHs iguais ou menores que 7,5 o limite é de 13,3 mg/L.

Os resultados apresentados na Figura 5.3 referem-se aos valores analisados em triplicata de cada parâmetro de nitrogênio amoniacal encontrados em laboratório. Na Tabela 5.1 são apresentadas a média destes valores em cada uma das coletas. Os valores de pH das três análises foram baseados nos resultados da análise da coleta cidadã, que ocorreram nos mesmos dias e no mesmo local das coletas, um trabalho realizado por Gonçalves (2019). Os valores de nitrogênio amoniacal encontrados nas amostras das coletas 1 e 2 obtiveram resultados iguais ou maiores que 2,9. Isso significa que os valores de nitrogênio amoniacal da amostra de água estavam em concentração superior aos limites do método analítico utilizado. Dessa forma, para encontrar os valores de forma precisa percebeu-se que para estas duas análises deveriam ser realizadas a diluição. Essa observação só foi percebida após a segunda análise. Um dia após a coleta 2, dia 31 de outubro de 2019, foi realizado uma nova análise para a amostra da coleta 2 com a diluição necessária. O valor médio de nitrogênio amoniacal encontrado na nova análise foi de 0,416 mg/L. Este resultado pode não ser representativo, visto que a análise foi realizada depois de mais de 24 horas da coleta e é provável que tenha havido oxidação da amônia. A partir dos valores das coletas 1 e 2, a única observação a ser feita é que os valores são iguais ou maiores que 2,9.

Os valores limites do CONAMA 357 para águas doces de classe 1 e 2, com valores de pH iguais ou menores que 7,5 possuem um limite de nitrogênio amoniacal igual a 3,7 mg/L, enquanto águas com pH mais básicos possuem limites abaixo de 2 mg/L. Desta forma, não é possível afirmar se as amostras das coletas 1 e 2 estão de acordo com o enquadramento de classe 3.

Esperava-se que as amostras de nitrogênio amoniacal na amostra da coleta 3 estariam com valores acima de 2,9 mg/L como ocorreu com os valores encontrados nas coletas 1 e 2. Entretanto, as coletas 1 e 2 foram realizadas antes da chuva, desta forma, os resultados

encontrados destoam dos resultados encontrados na análise da amostra da coleta 3, que teve a amostra coletada após um dia de chuva. O resultado da análise da amostra da coleta 3 está em conformidade com o enquadramento regente, com valor abaixo do limite de 13,3 mg/L.

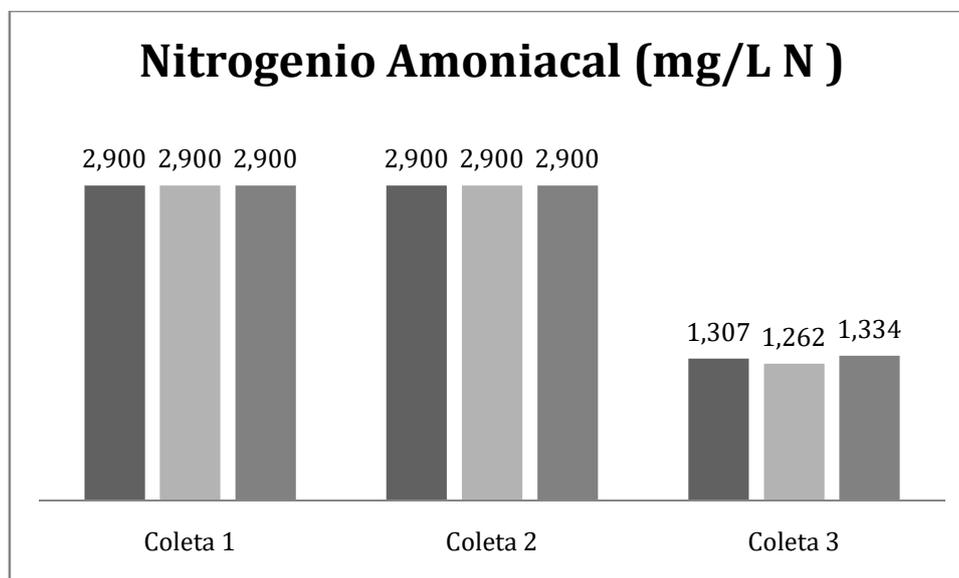


Figura 5.3 - Valores de Nitrogênio Amoniacal nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

A presença de valores maiores de nitrogênio amoniacal está relacionado à poluição da água. Em geral, observa-se que a poluição é o resultado de descargas de efluentes domésticos e industriais e da degradação de compostos orgânicos nitrogenados (REIS; MENDONÇA, 2009).

Zorzin *et al.* (2011) realizaram um estudo da análise de água do ribeirão Sobradinho em quatro locais diferentes. Os valores de nitrogênio amoniacal encontrados foram de 0,072 mg/L e 0,899 mg/L na área próxima a nascente e na área próxima ao parque Jequitibá respectivamente. Já os valores de nitrogênio amoniacal próximos à saída de esgoto da estação elevatória da CAESB e próximo à estação de tratamento de esgoto na saída de Sobradinho obtiveram valores iguais a 2,497 mg/L e 2,900 mg/L respectivamente. Os valores encontrados por Zorzin *et al.* (2011), assim como os valores encontrados nesse trabalho sugerem que os altos valores de nitrogênio amoniacal possuem relação com os efluentes descartados pela CAESB.

O valor do nitrogênio amoniacal na coleta 3, obteve valor menor em relação aos valores da coleta 1 e 2. Essa diminuição pode ter ocorrido devido à precipitação de 23,4 mm, ocorrida no dia anterior ao da coleta, que pode ter contribuído para a diluição da água próximo à ETE por meio do grande volume de água escoada para o ribeirão.

### Nitrato

O valor limite do Nitrato para todas as classes de águas doces é de 10 mg/L N, segundo a resolução CONAMA 357. Os valores de nitrato em triplicata de cada uma das amostras analisadas são apresentados (Figura 5.4) e a média destes valores em cada dia são apresentados na tabela 5.1. Os valores encontrados nas análises das coletas 1, 2 e 3 estão dentro do valor esperado para corpos d'água classe 3.

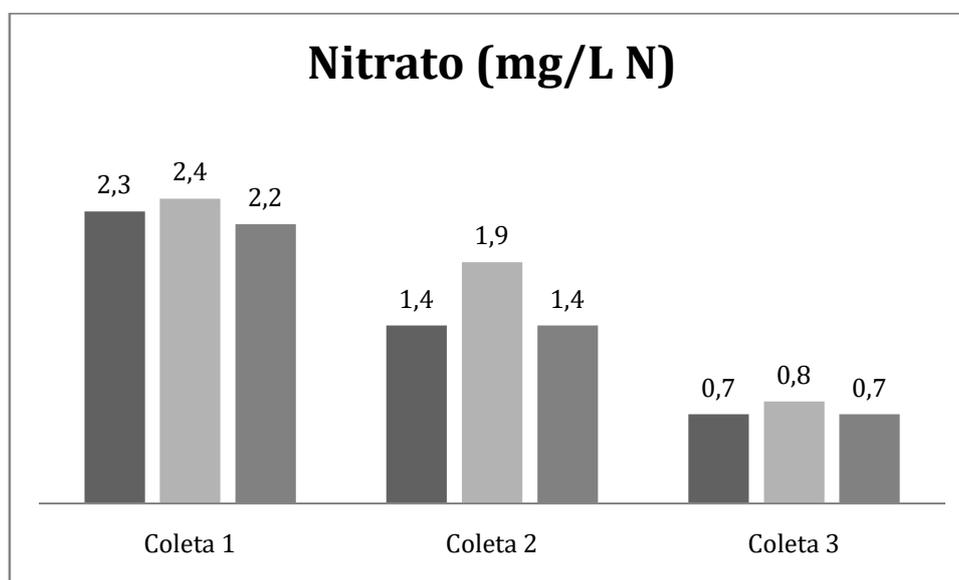


Figura 5.4 - Valores de Nitrato nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

O nitrato é produto do processo de nitrificação. A amônia sofre oxidação por meio de algumas bactérias, como as do gênero *Nitrosomonas*, formando nitrito, que é oxidado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*, formando nitrato. É esperado que águas naturais contenham nitratos, entretanto, as predominâncias de valores de nitrogênio orgânico e amoniacal indicam que o foco de contaminação de descargas de esgoto estão próximas.

Os valores de nitrato decaíram com o passar do tempo, obtendo valores mais altos na primeira coleta e valores mais baixos na terceira. Isso ocorreu, provavelmente, em decorrência da precipitação de 23,4 mm do dia anterior ao da coleta 3. Os valores de nitrato estão bem abaixo do limite proposto na resolução CONAMA 357 de 2005 para classe 3 que é de 10 mg/L N. Os valores de Nitrato relatados por Zorzin *et al.* (2011) para o ribeirão Sobradinho também se encontravam abaixo dos valores limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357.

### **Fósforo Total e Ortofosfato**

Na resolução CONAMA 357 de 2005, os valores do fósforo em águas doces para classe 3 é dado de acordo com o tipo de ambiente. Em ambientes lênticos, o valor do fósforo total pode chegar até 0,05 mg/L; em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, o valor limite é de 0,075 mg/L; já em ambientes lóticos o valor limite é de 0,15 mg/L. O ribeirão Sobradinho é um ambiente lótico e os resultados das análises em triplicata em cada um dos dias de coleta para o ortofosfato estão apresentados na Figura 5.6, enquanto os valores do fósforo total na coleta 2 estão apresentados na Figura 5.5. Já os valores das médias das amostras analisados são apresentados na Tabela 5.1.

Os resultados do fósforo total da coleta 1 e 3 não são apresentadas nesse trabalho, visto que o resultado de fósforo na coleta 1 obteve valor alterado causado pelo digestor, enquanto o valor da amostra na coleta 3 não teve a análise terminada. É importante mencionar também que a média dos valores de ortofosfato da coleta 3 foi obtido com apenas dois valores, uma vez que ao avaliar-se os três valores obtidos, foi decidido desconsiderar uma das réplicas, aquela com valor de 0,58 mg/L, por ter apresentado valor diferente, tendo sido considerado erro na análise.

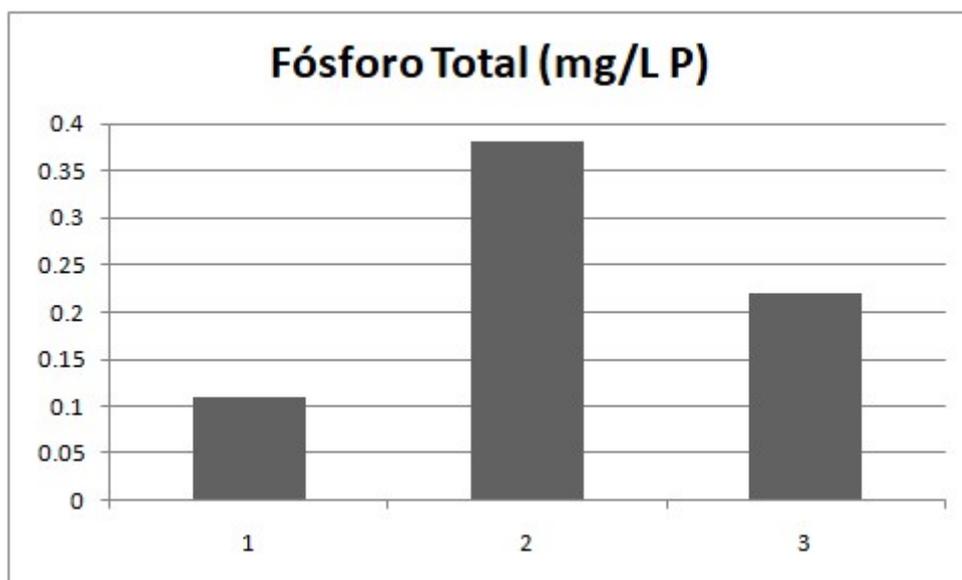


Figura 5.5 - Valores da coleta de fósforo Total no dia 30 de outubro de 2019.

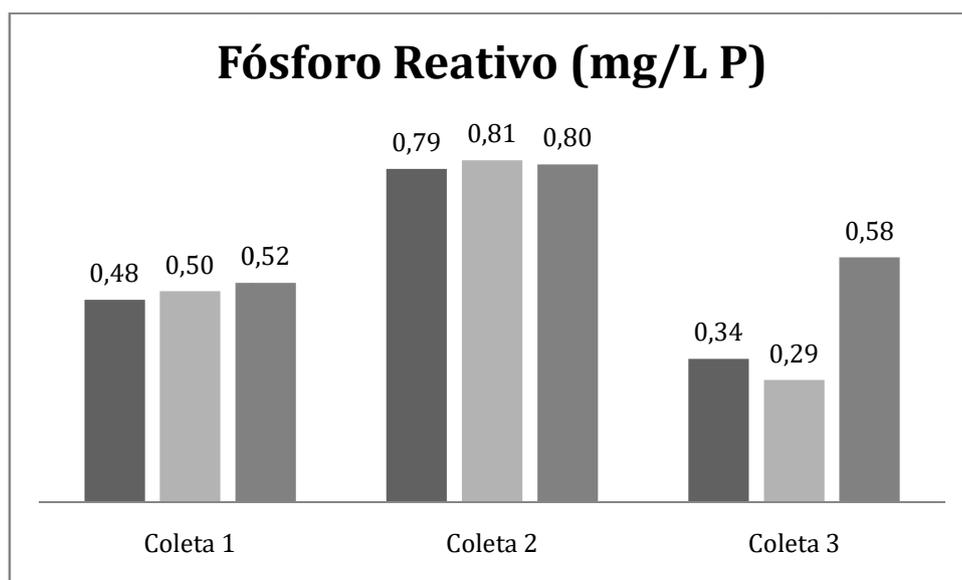


Figura 5.6 - Valores de fósforo Reativo nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

O único valor de fósforo, obtido por análise química na segunda coleta, encontrou-se acima do valor permitido na resolução CONAMA 357 de 2005 para corpos de água doce de classe 3. Os valores de fósforo total, encontrados por Zorzin *et al.* (2011) nos pontos próximos à saída de esgoto da estação elevatória da CAESB e próximo à estação de tratamento de esgoto na saída de Sobradinho, se encontraram acima dos limites

estabelecidos pela resolução CONAMA 357, com valores de 2,69 mg/L e 0,24 mg/L, respectivamente. Elevados valores de fósforo nas coletas podem indicar fontes de poluição na água próximo ao ponto da coleta, que assim como os valores de nitrogênio amoniacal podem ter sido influenciados pelos efluentes da estação de tratamento de esgoto. O sistema terciário é o que mais contribui para a remoção de fósforo e nitrogênio, entretanto a estação de tratamento de esgoto de Sobradinho possui tratamento apenas até o nível secundário. Dessa forma, a ETE Sobradinho não é projetada para remover de forma eficiente o nitrogênio e o fósforo.

A grande concentração de fósforo e nitrogênio pode causar problemas relacionados à eutrofização. O valor do ortofosfato foi maior na segunda coleta, quando o valor de fósforo total ficou acima do limite proposto pela resolução CONAMA para águas doces de classe 3. Já o menor valor de ortofosfato ocorreu na terceira coleta, podendo ter sido causado pela diluição da água no Ribeirão, após a chuva, que elevou o nível da água. A presença de altos valores de ortofosfatos podem indicar a contaminação da água por esgoto, por meio de produtos químicos domésticos e detergentes.

### **Oxigênio Dissolvido**

A resolução CONAMA 357 de 2005 indica que para as águas doces de classe 3, o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 4 mg/L. Para classe 1, o valor mínimo de oxigênio no corpo de água é de 6 mg/L e classe 2 o limite mínimo é de 5 mg/L. O oxigênio dissolvido foi medido *in situ* no ribeirão, uma vez que os valores podem ser bem variáveis graças às trocas com o ar.

Em cada coleta foram realizadas três medidas do oxigênio dissolvido, que estão apresentados na Figura 5.7. As médias dessas medidas estão apresentadas na Tabela 5.1. Todos os resultados de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite mínimo para a classe 3.

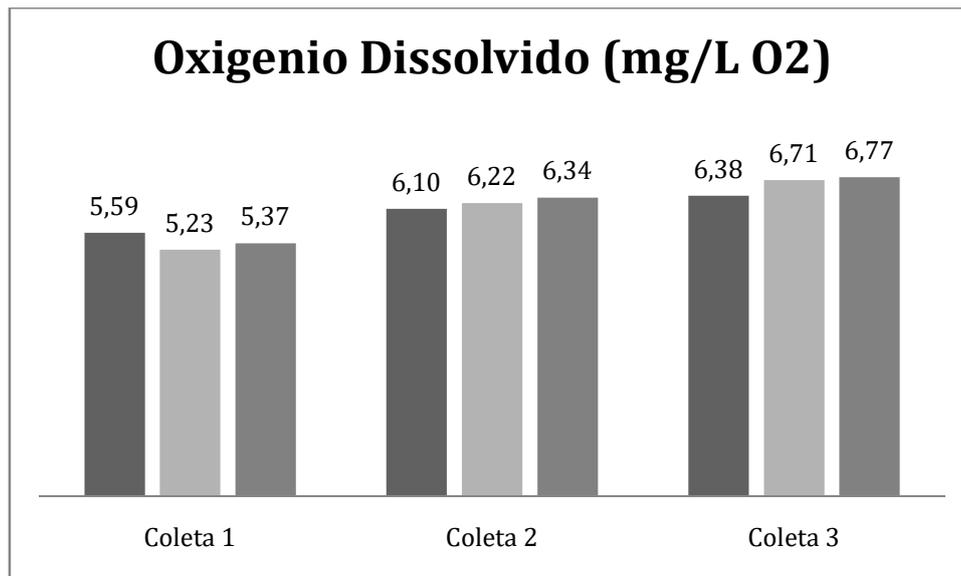


Figura 5.7- Valores de Oxigênio Dissolvido nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais importantes para análise da qualidade da água e sua falta pode afetar o ecossistema aquático. As três coletas obtiveram valores acima dos limites estipulados pela resolução CONAMA 357. A terceira coleta foi a com melhor valor de oxigênio e o motivo pode ter sido a precipitação do dia anterior. Nozak *et al* (2014) apresentaram em seu trabalho, que no rio Tamanduateí ocorreu um aumento significativo do teor de oxigênio dissolvido ocasionado devido às turbulências nas águas do rio causado pelas fortes chuvas. Enquanto Nogueira *et al* (2015) argumentam que a causa do aumento de oxigênio dissolvido ocorre pela uma diminuição da temperatura e, conseqüentemente, a diminuição da volatilização do oxigênio contidos na água.

### **Turbidez**

Segundo a resolução CONAMA 357 de 2005, o limite de turbidez para águas doces de classe 3 vai até 100 UT. Os valores medidos em cada uma das coletas de turbidez estão apresentados pela figura 5.8. Enquanto as médias desses valores estão apresentadas na Tabela 5.1.

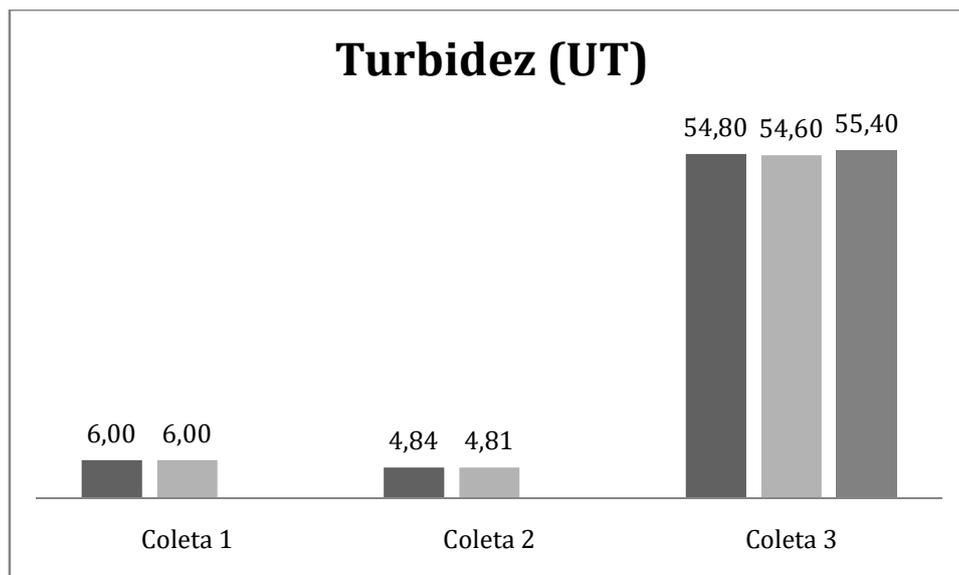


Figura 5.8 - Valores de turbidez nas coletas dos dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

Todas as amostras analisadas estão dentro do padrão de classe 3. A turbidez é causada por sólidos em suspensão e podem tornar a água turva e prejudicar a fotossíntese de algas e plantas aquáticas. As duas primeiras coletas obtiveram valores baixos de turbidez, enquanto a terceira obteve o pior valor encontrado, provavelmente devido à precipitação do dia anterior, causado por meio de assoreamento natural, resíduos antrópicos transportados pelo escoamento superficial ou resuspensão de matéria orgânica, inorgânica, organismos microscópicos e algas presentes no corpo. Costa (2016) explica que a turbidez apresenta uma variação maior em períodos de chuva do que em períodos secos, e apresenta valores maiores nos períodos chuvosos. Tanto no trabalho de Sandri (2010) quanto no de Alves *et al.* (2008) foram observados aumentos nos valores de turbidez e cor na estação chuvosa.

### Coliformes

Foram analisados os coliformes totais e a presença de *Escherichia coli*. De acordo com a resolução CONAMA 357 para classe 3, a presença de coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário não pode exceder o limite de 2500 coliformes por 100 ml. Para a dessedentação não deve ser excedido 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml. Para os demais usos, o limite não pode exceder 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

Os resultados encontrados para coliformes totais e E.Coli nessa pesquisa estão representados na tabela 5.1.

As presenças de coliformes totais e *Escherichia coli* no corpo d'água indicam a presença de material fecal de animais e humanos. Os resultados obtidos em laboratório indicam que os valores das coletas 1 e 2 estão dentro dos padrões para o uso de recreação de contato secundário e dessedentação de animais. Já o valor da coleta 3 está bem acima dos limites estipulados para águas doces enquadradas na classe 3, este fato pode ter ocorrido devido algum lançamento de esgoto não tratado próximo a data e ao local da coleta. Outra explicação seria a precipitação de 23,4 mm do dia anterior, que pode ter carregado material fecal para o Ribeirão por meio do escoamento superficial, causado pela impermeabilização do solo na área urbana. Assim, segundo a resolução CONAMA 274 do ano 2000, o ribeirão Sobradinho não pode ser utilizado para a recreação de contato primário, visto que os valores de coliformes estão acima do que a resolução considera satisfatória para balneabilidade.

Os valores de *Escherichia.coli* encontrados na análise de qualidade da água do Ribeirão Sobradinho, realizado por Zorzin *et al.* (2011), obtiveram valores dentro dos limites da resolução CONAMA 357, como foi o caso dos valores de 16,9 NMP/100mL na área próxima à nascente e 419,6 NMP/100mL na área próxima ao parque Jequitiba. Entretanto, os outros dois pontos obtiveram valores bem altos e acima do limite proposto pela resolução CONAMA 357, com valores de 130150 NMP/100mL na área próxima à saída de esgoto da estação elevatória da CAESB e 73500 NMP/100mL na área próxima à estação de tratamento de esgoto, na saída de Sobradinho. A presença de *Escherichia coli* indica a contaminação por matérias fecais no ribeirão Sobradinho, que pode vir tanto da ETE quanto de lançamentos de esgoto clandestino.

### **Condutividade Elétrica**

A condutividade foi realizada *in situ*. A resolução CONAMA 357 não especifica os valores máximos de condutividade. Os valores analisados em triplicata de cada uma das duas últimas coletas estão apresentados na Figura 5.9 enquanto as médias desses valores estão apresentados na Tabela 5.1.

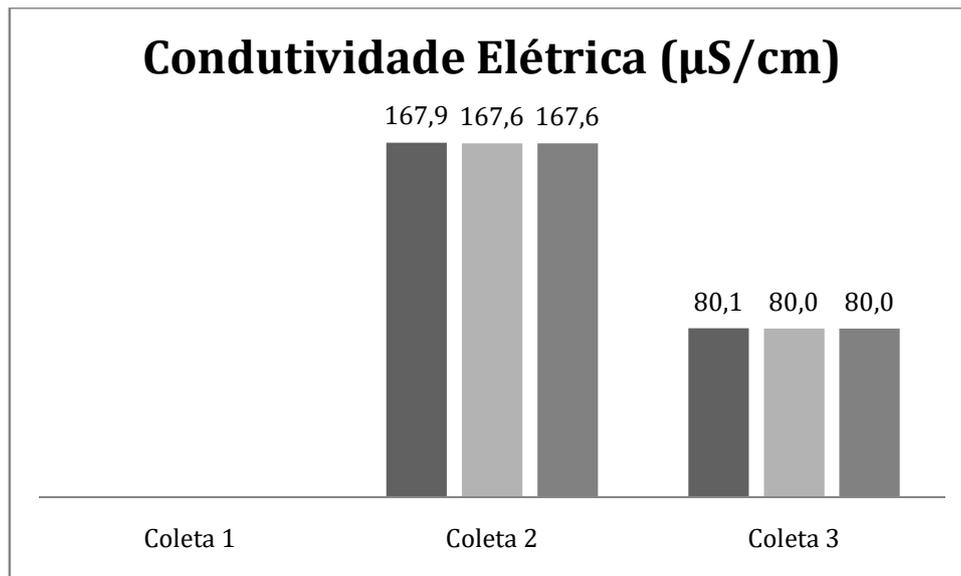


Figura 5.9 - Valores de condutividade nas coletas dos dias 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

As médias de condutividade elétrica encontradas para a amostra da coleta 2 foi de 167,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  enquanto a amostra da coleta 3 foi de 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Segundo Gasparotto (2011), águas contaminadas por esgoto podem ter uma variação de 100 a 10000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Entretanto, nem todo valor elevado de condutividade corresponde à amostras de água muito contaminadas, pode significar também a natureza e composição das rochas e do solo. Segundo Toledo e Nicolella (2002), altos valores de condutividade podem ser dados também pela entrada de material originado em áreas agrícolas de fontes urbanas ao sofrerem processos de mineralização por meio dos processos respiratórios de biodegradação. O valor da condutividade elétrica na coleta 2 pode indicar que a água do ribeirão Sobradinho está contaminada pela presença de esgoto de acordo com o que foi apresentado por Gasparotto. O valor de condutividade pode ser alterado devido a presença de íons de fósforo (ortofosfato).

### Temperatura

A temperatura do ribeirão nas três coletas está apresentada na tabela 5.1. A resolução 357 não especifica os valores de temperatura para enquadramento das águas doces de classe 3. As diferentes datas de coleta não apresentaram grandes variações de temperatura. Segundo o ministério da saúde, os ambientes aquáticos brasileiros apresentam faixa entre 20 °C a 30°C (BRASIL, 2006).

## Demanda Química de Oxigênio (DQO)

As análises de DQO foram realizadas, entretanto, os resultados obtidos não foram coerentes e por esse motivo não serão apresentados neste trabalho.

## 5.2. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE FORNECIDOS PELA ADASA.

Serão apresentados a seguir os valores disponibilizados pela Adasa, dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho, à montante e à jusante da ETE Sobradinho. A Tabela 5.2 apresenta os valores analisados pela Adasa no ano de 2014.

Tabela 5.2 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela Adasa no ano de 2014

Parâmetros	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Turbidez (UNT)	4,55	7,34	109,00	107,00	6,74	14,90	13,10	15,60
Oxigênio Dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> )	4,40	2,20	6,20	6,30	7,60	3,50	6,00	5,03
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O <sub>2</sub> )	0,80	2,00	0,40	2,60	2,00	27,00	18,00	19,00
Nitrogênio Amônico (mg/L NH <sub>3</sub> -N)	0,17	3,32	1,00	0,80	0,60	0,60	0,60	7,50
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -N)	0,001	0,80	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,04
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> -N)	0,70	1,00	0,70	0,70	2,00	2,30	3,80	3,60
pH	6,60	6,70	6,49	6,54	6,08	7,06	7,10	7,40
Fósforo Total (mg/L P)	0,01	0,26	0,384	0,096	0,10	1,28	0,12	1,30
Escherichia coli (NMP/100mL)	*	*	*	*	*	*	*	*

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005. Valores não disponibilizados apresentam \*.

As análises realizadas em 2014, encontradas na Tabela 5.2, tiveram as medidas feitas nos meses de janeiro, abril, agosto e dezembro. No mês de Janeiro, encontrou-se valores fora do limite da resolução CONAMA 357 de 2005 para oxigênio dissolvido e fósforo total no

ponto à jusante da estação de tratamento de esgoto de Sobradinho. Em abril, os valores de turbidez à montante e à jusante e o valor de fósforo total à montante encontraram-se a cima do limite esperado pela resolução CONAMA 357 de 2005. Os altos valores de turbidez à montante e jusante podem ter ocorrido devido a uma precipitação. Em agosto, os três parâmetros fora do limite (DBO, Oxigênio Dissolvido e fósforo total) ocorreram à jusante da ETE Sobradinho. Já em dezembro, os valores de DBO ficaram acima do limite em ambos os pontos (à montante e à jusante da ETE) e o valor de fósforo total ultrapassou o limite à jusante. É importante perceber, que de forma geral, os valores à montante da ETE Sobradinho são melhores que os valores encontrados no ponto à jusante da ETE Sobradinho. O tratamento da ETE Sobradinho é em nível secundário, fazendo com que a remoção de fósforo não seja efetiva.

A Tabela 5.3 apresenta os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho no ano de 2015.

Tabela 5.3 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela ADASA no ano de 2015

<b>Parâmetros</b>	<b>Montante</b>	<b>Jusante</b>	<b>Montante</b>	<b>Jusante</b>
Turbidez (UT)	124,00	156,00	8,30	5,90
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,98	6,25	7,40	7,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	23,00	26,00	6,66	78,43
Nitrogênio Amonical (mg/L)	0,60	0,80	0,60	4,00
Nitrito (mg/L)	0,01	0,37	0,10	0,16
Nitrato (mg/L)	2,90	3,90	1,30	1,30
pH	6,90	6,70	7,50	7,80
Fósforo Total (mg/L)	0,10	0,08	0,05	1,68
Escherichia coli (NMP/100mL)	*	*	*	*

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005. Valores não disponibilizados apresentam \*.

As análises realizadas, em 2015, apresentadas na Tabela 5.3 tiveram suas medidas feitas nos meses de abril e agosto. Em abril de 2015, os valores de DBO à montante e à jusante apresentaram valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 2005. Os valores de turbidez no mês de abril, assim como ocorreu no ano de 2014, encontram-se fora do limite nos pontos à montante e à jusante da ETE Sobradinho. Em agosto de 2015, os valores de DBO e fósforo total mostraram valores acima do limite apresentado na resolução CONAMA 357 de 2005. Assim como em 2014, no ano de 2015, os valores apresentados no ponto à montante obtiveram resultados melhores que os apresentados à jusante da ETE Sobradinho.

Os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho no ano de 2016 estão apresentados pela Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela ADASA no ano de 2016

Parâmetros	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Turbidez (UT)	9,01	9,52	4,14	28,3	8,97	6,17
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,85	5,59	4,70	3,80	5,50	4,90
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	0,40	2,00	0,70	4,00	7,40	35,70
Nitrogênio Amonical (mg/L)	0,99	3,30	18,60	1,41	0,54	3,39
Nitrito (mg/L)	0,008	0,075	0,081	0,053	0,045	3,550
Nitrato (mg/L)	0,70	0,80	2,30	2,80	2,20	2,30
pH	6,66	6,67	6,58	6,92	6,60	6,90
Fósforo Total (mg/L)	0,02	0,30	0,14	0,91	0,14	0,16
Escherichia coli (NMP/100mL)	4290,00	6400,00	9200,00	16000,00	9200,00	3500,00

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005.

Em 2016, as análises foram realizadas nos meses de janeiro, agosto e dezembro. Assim como nos dados dos anos de 2014 e 2015, em 2016, os valores obtidos no ponto à

montante da ETE Sobradinho obtiveram valores melhores que os valores apresentados à jusante da ETE Sobradinho. Em 2016, foram apresentados os valores obtidos de *Escherichia coli*, em que das 6 coletas analisadas, 5 possuem valores acima de 4000 NMP/100mL, que é o limite de coliformes termotolerantes para a utilização da água de acordo com a resolução CONAMA 357 para classe 3. O valor de *E.Coli* no ponto analisado à jusante, no mês de dezembro, obteve valor abaixo de 4000, porém, o valor encontrado ficou acima de 2500 NMP/100mL, que é o valor limite indicado para recreação de contato secundário. Desta forma, em 2016, o ribeirão Sobradinho não poderia ser utilizado para fins de recreação de contato primário, secundário ou dessedentação de animais.

Os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho encontrados em 2017 estão apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela ADASA no ano de 2017

	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Turbidez (UNT)	8,33	11,80	4,70	11,30	39,10	32,20
Oxigênio Dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> )	6,20	5,20	7,20	7,2	<1,00	6,90
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O <sub>2</sub> )	2,70	3,80	0,40	4,10	78,0	2,90
Nitrogênio Amoniacal (mg/L NH <sub>3</sub> -N)	0,37	3,66	0,10	0,11	0,39	1,78
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -N)	0,03	3,14	0,04	1,48	0,13	0,20
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> -N)	1,73	1,47	3,30	3,30	2,30	2,10
pH	7,22	6,50	7,04	7,19	5,01	5,51
Fósforo Total (mg/L P)	0,05	0,62	0,04	1,08	0,09	0,03
Escherichia coli (NMP/100mL)	3500,00	2400,00	16000,00	1300,00	130,00	92,00

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005.

As análises, em 2017, ocorreram nos meses de abril, agosto e dezembro. Percebeu-se novamente que os valores à montante da ETE Sobradinho obtiveram valores melhores que os apresentados à jusante da ETE Sobradinho, a exceção ocorreu no mês de agosto com o

valor de *E.Coli* bem acima do limite no ponto à montante e os valores de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio no mês de dezembro, que apresentaram valores muito ruins à montante e valores dentro do limite à jusante. Estes valores acima do limite à montante da ETE significam que a poluição não ocorreu por causa da ETE Sobradinho e sim por meio de outras fontes.

A Tabela 5.6 apresenta os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho no ano de 2018.

Tabela 5.6 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela ADASA no ano de 2018

	Montante	Jusante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Turbidez (UNT)	6,26	11,6	8,63	8,81	16,3	3,81	6,08
Oxigênio Dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> )	7,6	1,2	2,7	7,4	1,95	7,81	3,62
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O <sub>2</sub> )	1,2	18	28,9	2,4	6,2	3,6	9,8
Nitrogênio Amoniacal (mg/L NH <sub>3</sub> -N)	0,672	8,6	5,26	0,124	7,603	0,843	2,83
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -N)	0,033	0,021	0,029	0,03	0,093	0,033	1,27
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> -N)	1,7	1,4	2,7	1,8	1,2	2,7	2,9
pH	6,38	6,21	6,5	6,36	6,59	6,63	6,3
Fósforo Total (mg/L P)	0,002	0,002	0,499	0,012	0,518	0,024	0,119
Escherichia coli (NMP/100mL)	92	160000	940	61	9200	24000	16000

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005.

As análises no ano de 2018 foram realizadas no mês de abril, junho (só o ponto a jusante da ETE Sobradinho foi analisada), agosto e dezembro. Os parâmetros de qualidade da água que obtiveram valores fora do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 2005 foram o oxigênio dissolvido, a DBO, o fósforo total e *E.coli*. Como observado em todos os anos anteriores (2014- 2017), em 2018, os valores encontrados à montante possuem, de forma geral, valores de qualidade da água melhores do que os valores apresentados no

ponto à jusante, demonstrando que a presença da ETE Sobradinho contribui para a poluição do ribeirão Sobradinho.

A Tabela 5.7 apresenta os valores dos parâmetros de qualidade da água do ribeirão Sobradinho no ano de 2019.

Tabela 5.7 – Valores dos parâmetros de qualidade da água à montante e à jusante da ETE Sobradinho obtidos pela ADASA no ano de 2019

	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Turbidez (UNT)	7,80	14,00	6,23	12,60
Oxigênio Dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> )	7,09	6,97	6,30	5,30
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O <sub>2</sub> )	1,50	5,00	1,90	5,80
Nitrogênio Amonical (mg/L NH <sub>3</sub> -N)	1,03	1,99	1,10	1,13
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> -N)	0,08	0,09	0,19	0,33
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> -N)	1,50	2,00	1,30	2,30
pH	6,88	6,70	6,46	6,28
Fósforo Total (mg/L P)	0,04	0,05	0,02	0,14
Escherichia coli (NMP/100mL)	92000,00	160000,00	460,00	9200,00

Legenda: Valores em azul estão dentro do limite e valores em vermelho estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005.

As análises de 2019, realizadas pela Adasa, ocorreram nos meses de abril e agosto. De forma geral, os valores à montante obtiveram melhores valores que os apresentados à jusante. Além disso, de todos os parâmetros apresentados na tabela 5.7 apenas os resultados de *E.Coli* apresentaram valores fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 de 2005.

### 5.3. RESULTADOS DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO

Após as coletas e análises dos parâmetros e a correlação entre os valores encontrados com o enquadramento classe 3 para águas doces por meio da resolução CONAMA, foi realizado a análise do índice de conformidade ao enquadramento do ribeirão Sobradinho para os dias 27 e 30 de outubro e 8 de novembro de 2019.

Para o cálculo da abrangência (equação 4.1), o número total de variáveis utilizadas foi 7 (nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, oxigênio dissolvido, turbidez, pH e *Escherichia coli*), enquanto o número de variáveis que falharam foi igual a 2 (fósforo e *Escherichia coli*). Desta forma, o valor de F1 é 28. No cálculo da frequência (equação 4.2), o número total de testes é igual a 17 e o número de testes que falharam foram 2. O valor de F2 é igual a 11. O cálculo da Amplitude (equação 4.6) foi realizado por etapas, observando os valores encontrados fora do enquadramento e os valores limites para o enquadramento por meio das equações 4.3 e 4.4. Em seguida foi realizada a soma desses valores (equação 4.5) e por meio da equação 4.6 encontrou-se o valor de F3 que foi igual a 51. Com os valores de F1, F2 e F3, o valor do ICE (equação 4.7) encontrado foi de 65. Esse valor de ICE concentra-se na classe regular e significa que a qualidade da água está dentro dos valores estabelecidos, mas ocasionalmente ocorrem impactos, que fazem com que alguns dos valores fiquem fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357, relacionada ao enquadramento da água doce para classe 3.

É importante lembrar que a classe de ICE encontrada é relativa à classe no qual foi baseado o cálculo, ou seja, para a classe 3. Ao realizar o cálculo do ICE com os mesmos parâmetros, porém, considerando os limites dos parâmetros para a classe 1, o valor encontrado seria de 33. Isso significa que é classificado como péssimo e com descrição que a qualidade da água está sempre com valores fora da classe 1 e, que, frequentemente, não atende aos padrões de qualidade.

Para o cálculo do índice de conformidade ao enquadramento adotou-se apenas o valor de uma coleta de fósforo, o valor de uma coleta de nitrogênio amoniacal e para as outras variáveis foram utilizados os valores das três coletas, isto segue contra a recomendação realizada por (CCME ,2001) sobre a utilização de um mínimo de quatro variáveis com pelo menos quatro coletas. Cálculos realizados com grande número de variáveis totais ajudam a melhorar o índice, enquanto um menor número de valores de amostras dos parâmetros

pioram o índice de conformidade. Além disso, é importante destacar que as amplas diferenças entre os valores de coliformes encontrados no ribeirão e os valores limites pioram significativamente o valor do índice de conformidade ao enquadramento.

Os valores dos índices de conformidade ao enquadramento (ICE), ao longo de 6 anos (2014-2019), calculados a partir dos dados apresentados pela Adasa são apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Valores de ICE calculados a partir dos dados da Adasa.

Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ICE	66	66	56	56	60	62

Os valores de ICE encontrados em 2014 e 2015 são classificados como regulares e significam que a qualidade da água está dentro dos valores estabelecidos, mas ocasionalmente ocorrem impactos. Entre os anos de 2016 a 2019, os valores são classificados como ruins, o que significa que a qualidade da água é frequentemente afetada e com frequência os parâmetros não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento. Cabe salientar que os valores de 2014 e 2015 não possuem dados de *E.Coli* o que de certa forma pode ter melhorado um pouco o valor do ICE.

Os valores de ICE calculados apresentados para a classe 3, com os dados da Adasa e os dados analisados nas coletas feitas neste trabalho demonstram que a qualidade da água no ribeirão Sobradinho encontra-se afetada pela poluição.

Outros trabalhos também realizaram o ICE em suas análises, como é o caso de Amaro (2009) que procurou apresentar a importância do acompanhamento da situação do enquadramento dos corpos hídricos para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Utilizando o ICE para avaliar se as ações de gerenciamento ou recuperação adotadas melhoraram ou não a qualidade da água no Rio Piracicaba, Rio Capivari, Rio Jundiá. Neste mesmo trabalho, foi observado que em um dos pontos do Rio Piracicaba, o valor do ICE foi menor ao longo de 17 anos devido ao lançamento de esgoto *in natura* e valores de coliformes termotolerantes acima da média.

#### **5.4. RESULTADO DO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO DO RIBEIRÃO SOBRADINHO**

O mapeamento de uso e ocupação do solo da unidade hidrográfica do Ribeirão Sobradinho está apresentado na figura 5.10 e indica a distribuição das classes. A área da sub-bacia é de 145,79 Km<sup>2</sup>. No mapa realizado, a área urbana foi dividida em duas classes, urbana 1 com 22% de ocupação da área total e a urbana 2 com 13%. A área urbana 1 equivale à áreas com maior densidade de pessoas, como por exemplo a própria cidade de Sobradinho. Já a área urbana 2 diz respeito as áreas de expansão urbana com menor densidade de pessoas, como por exemplo, novos condomínios, loteamentos e chácaras. A área total urbana equivale a 35% do uso e cobertura do solo. A agropecuária ocupa 32% da área total, seguida da vegetação nativa com 21%. Dentro da área de vegetação nativa, existem diferentes tipos vegetação, algumas com mais vegetação e outras com menos. A mata de galeria, de forma geral, é a área equivalente ao ribeirão Sobradinho e a vegetação próxima, equivale a 10%. Da área total, 2% é formado por solo exposto. A área da estação de esgoto e os corpos de água (que não fazem parte do corpo do ribeirão) não chegam nem a 1% da área total. É interessante perceber que a soma das áreas urbanas e das áreas destinadas à agropecuária são equivalentes a 67% da área total. As áreas encontradas e a porcentagem dessas áreas são apresentadas na tabela 5.9 e na figura 5.10

## Uso e Cobertura do Solo do Ribeirão Sobradinho

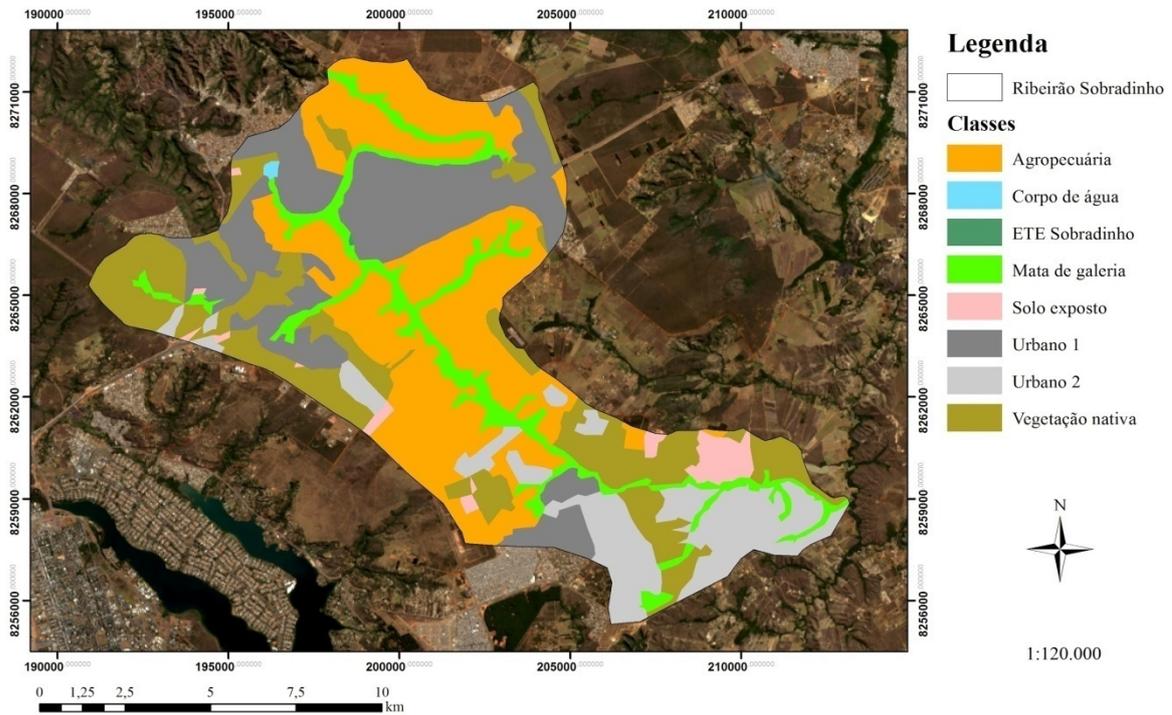


Figura 5.10 - Mapa de uso e cobertura do solo do ribeirão Sobradinho

Tabela 5.9 - Área das classes encontradas pelo mapa de uso e cobertura do solo.

Classe	Área (Km <sup>2</sup> )
Agropecuária	46,390
Corpo de água	0,194
Mata de galeria	14,01
Solo exposto	3,406
Urbano 1	32,122
Urbano 2	18,76
Vegetação nativa	30,87
<b>SOMA DAS ÁREAS</b>	<b>145,79</b>

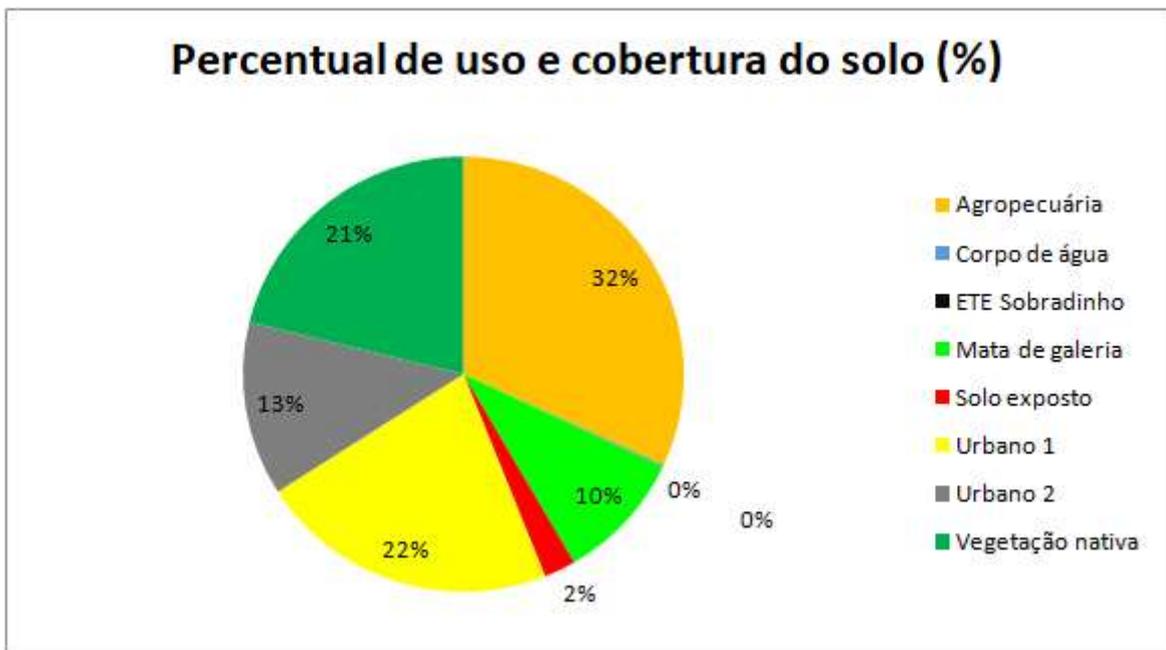


Figura 5.11 - Valores percentuais das áreas encontradas no mapa de uso e cobertura do solo.

Observa-se no mapa de uso e cobertura do solo (Figura 5.11), que grande parte da extensão do ribeirão Sobradinho, das nascentes até o encontro do rio São Bartolomeu, está envolto das áreas urbanas e agropecuárias. Além de ser contornado por essas áreas, o ribeirão Sobradinho é o corpo receptor da Estação de Tratamento Esgoto de Sobradinho, ETE Sobradinho. Como foi observado anteriormente nesse trabalho, a qualidade da água do ribeirão Sobradinho encontra-se poluída, com o valor do ICE considerada regular para o enquadramento de classe 3, que é um enquadramento relacionado à águas de qualidade ruim e com usos mais restritos dessas águas pela sociedade. Acredita-se um dos fatores da poluição do ribeirão esteja relacionado à ETE Sobradinho. De acordo com Batista (2015), o aumento da população gerou uma sobrecarga na ETE de Sobradinho e, por esse motivo, desde 2010, vem ocorrendo obras de melhoria e ampliação. Um estudo da UnB sobre a qualidade da água, realizado no ribeirão Sobradinho por Zorzin *et al* (2011), sugere que há evidências de lançamento de esgoto não tratado e que as intervenções humanas vêm provocando degradação do Ribeirão, o que interfere diretamente na qualidade de vida dos moradores. Outro fator que contribuiu para a baixa qualidade da água do ribeirão é o fato do ribeirão está envolto à áreas urbanas e áreas agropecuárias, que acabam interferindo na

qualidade por meio de esgotos clandestinos, desmatamento, disposição de rejeitos industriais e do agronegócio e o descarte de resíduos sólidos, ações que já ocorrem no ribeirão, segundo o estudo de GDF (2009). Além disso, de acordo com Garcia-Garcia *et al.* (2012), regiões destinadas à pastagens de gado podem ter valores maiores de nitrogênio e fósforo. Próximo ao deságüe no rio São Bartolomeu, o ribeirão também passa próximo a uma área de solo exposto. Segundo Oliveira Filho *et al.* (2012) a probabilidade de erosão dos solos é causada pela retirada da cobertura vegetal, uma vez que as árvores servem de anteparo para a diminuição do impacto da chuva no solo e como obstáculo para o escoamento superficial.

## 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O ribeirão Sobradinho é classe 3, desta forma a qualidade da água é menos exigente e segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) é destinada para dessedentação de animais, pesca, recreação de contato secundário, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado. Entretanto, a conclusão deste trabalho é que o ribeirão Sobradinho está poluído e em muitos momentos os valores ultrapassam os limites estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 2005 para classe 3.

O resultado do ICE calculado para o ribeirão Sobradinho a partir dos dados obtidos nesse trabalho foi de 65, demonstrando que o ribeirão possui conformidade considerada regular para o enquadramento de classe 3, isso significa que a água está dentro dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357 para classe 3, mas ocasionalmente ocorrem impactos fazendo com que alguns dos valores fiquem fora dos limites estabelecidos. Já os resultados do ICE, obtidos com os dados da Adasa, apresentaram conformidade regular em 2014 e 2015 e ruim em 2016, 2017, 2018 e 2019. O mapa de uso e cobertura do solo demonstrou que a área urbana e área agropecuária estão presentes em 67% da área total da unidade hidrográfica, sendo a extensão do ribeirão rodeada principalmente por estas áreas. As nascentes do ribeirão estão localizadas em áreas de agropecuária, e a primeira parte do percurso ocorre pelas áreas de maior densidade urbana seguida pelo deságue do efluente da ETE Sobradinho. Próximo ao local da coleta o Ribeirão é circundado com área de vegetação nativa e em seguida passa por uma área urbana de baixa densidade e por uma área de solo exposto.

Quanto aos parâmetros analisados, a primeira coleta obteve valor de oxigênio dissolvido mais baixo e valor de nitrato mais alto em comparação aos valores realizados nos dois outros dias de coleta, já a turbidez encontrada nesta primeira coleta foi baixa e a concentração de *E.coli* foi igual a 1000 A segunda coleta apresentou fósforo total acima do valor limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 2005 e o maior valor de ortofosfato, baixa turbidez, porém alto valor de condutividade elétrica, que provavelmente estava relacionado também aos valores do íon de fósforo. Na coleta 3, percebeu-se uma melhora dos valores da coleta após o dia de chuva, com valores mais baixos de nitrogênio amoniacal, nitrato, ortofosfato, condutividade elétrica e valores mais altos de oxigênio

dissolvido. Notou-se também um aumento da turbidez causada pelos sólidos suspensos após a chuva e dos níveis de coliformes.

A presença de coliformes totais e *E.coli*, valores altos de fósforo e nitrogênio amoniacal, sinalizam a presença de esgoto, que pode ser originário a partir da ETE Sobradinho e/ou esgotos clandestinos.

Já os valores obtidos pela Adasa demonstram que de forma geral os valores dos parâmetros de qualidade da água são melhores à montante da estação de tratamento de esgoto Sobradinho em comparação aos valores à jusante, demonstrando que a ETE é uma das principais causas da baixa qualidade da água. Todos os anos com dados de *E.Coli* (2016-2019) apresentam valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 2005.

Como observado nessa pesquisa, a situação atual da qualidade da água do ribeirão Sobradinho encontra-se poluído. É preciso se atentar que próximo ao local onde foram realizadas as coletas, estão localizadas as cachoeiras utilizadas pela população, muitas vezes em usos de recreação de contato primário. Isso é bastante alarmante já que, como foi observado neste estudo, a qualidade da água não é própria para esse uso, nem para recreação de contato secundário podendo causar doenças na população que utiliza esta água de forma direta e indireta. Além dessa água não poder ser utilizada para dessedentação de animais pelos altos valores de coliformes encontrados. Seria interessante repensar a classificação do ribeirão, ainda mais com a criação do novo projeto de expansão urbana apresentado no final do ano de 2018 que pretende criar uma região que suporte entre 50 a 150 habitantes por hectare.

Avaliar a qualidade da água é o primeiro passo para realizar uma gestão eficiente dos recursos hídricos, já que por meios das análises é possível detectar e resolver problemas ou manter o que está dando certo. Visando ampliar a análise do ribeirão Sobradinho, recomenda - se:

- Realizar um estudo analisando os parâmetros em diversos pontos do ribeirão e calcular o ICE utilizando mais coletas.
- Analisar nos próximos anos as modificações do uso e cobertura do solo com a expansão urbana e como isso afeta a qualidade da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019. 75 p.: il.

AGEVAP (2014), **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio paraíba do sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes**. Disponível em <<http://ceivap.org.br/conteudo/rp-04-diagnostico-das-fontes-de-poluicao-revisao-final.pdf>> Acesso em: 16 de outubro de 2019

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E. E.; CARNIEL, A. (2008) **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 30, n. 1., p. 39-48 p.

AMARO (2009). **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. São Paulo.

ANA. **Água no mundo**. Disponível em <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>> Acesso: 13 de outubro de 2019

ANA. (2019) **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Acesso em: 13 de Outubro de 2019.

ANA. (2013). **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: Plano de recursos hídricos e enquadramento de corpos de água. volume 5**. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoDeRecursosHidricosEnquadramento.pdf>> Acesso em: 17 de outubro de 2019

ANA. (2013). **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: outorga de direito de uso de recursos hídricos. Volume 6**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>> Acesso em: 17 de outubro de 2019

ANA. (2013). **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: Cobrança pelo uso de recursos públicos. Volume 7**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol7.pdf>> Acesso em: 17 de outubro de 2019

ANA. (2013). **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: Sistemas de Informação na gestão de águas: conhecer para decidir. Volume 8**. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2016/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricos\\_v.8.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2016/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricos_v.8.pdf)> Acesso em: 17 de outubro de 2019

ANA. **Quantidade de água**. Disponível em <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/quantidade-da-agua>> Acesso em: 13 de outubro de 2019

BATISTA. (2015) **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgoto no Distrito Federal: Um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos. Brasília.

Bicudo, C.E.de M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. , orgs. B583a (2010) **Águas do Brasil: análises estratégicas** / Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica. 224 p.

BRASIL. Lei n 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos.** Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)> Acesso em 05 de Novembro de 2019.

Brasil. **Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA no 357/2005.** Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 17 de outubro de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA no 274/2000.** Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em 18 de outubro de 2019.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. 2001. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual.** In: **Canadian environmental quality guidelines, 1999,** Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

CONPLAN – Conselho de planejamento territorial e urbano do Distrito Federal - **Memorial Descritivo do Plano de Urbanização do projeto Urbitá, para trechos da antiga Fazenda Paranoazinho, localizada na Região Administrativa de Sobradinho-RA V,** no Distrito Federal.

COSTA, H.F. (2016). **Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG) no período de 2005 a 2015** - Juiz de Fora.

DERISIO, (2013) **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 4 ed. São Paulo: Oficina de textos.

EATON, A.D; CLESCERI, L.S; GREEBERG, A.E. (1995). **Standard Methods: for the Examination of Water and Wastewater.** 19 ed. Washington, DC

EMBRAPA. 2019. **Condutividade.** Disponível em<<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html#targetText=A%20capacidade%20da%20%C3%A1gua%20de,medidas%20devem%20estar%20sempre%20associdadas.>> Acesso em 23 de outubro de 2019

Esteves, F. A. (1998). **Fundamentos de Limnologia-** Francisco de Assis Esteves 2ª Ed. – Rio de Janeiro : Interciência

FUNASA. (2014). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/wp->

[content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](#)> Acesso em 16 de outubro de 2019.

GARCÍA-GARCÍA, P. L.; MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F.; VÁZQUEZ, G.; FAVILA, M. E.; NOVELO-GUTIÉRREZ, R. (2012) **Effects of land use on water quality and Ceriodaphnia dubia reproduction.** *Hidrobiológica*, 22(3). 229-243 p.

GASPAROTTO. (2009). **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água das nascentes urbanas no município de Piracicaba - SP.** Universidade de São Paulo. Piracicaba.

GDF. **Grupo de Trabalho Ribeirão Sobradinho: Relatório de Diagnósticos e Soluções para a Recuperação Ambiental do Ribeirão Sobradinho.** Disponível em:<[http://www.recursoshidricos.df.gov.br/ribeirao\\_sobradinho/documentos/Diagnostico\\_Solucoes.pdf](http://www.recursoshidricos.df.gov.br/ribeirao_sobradinho/documentos/Diagnostico_Solucoes.pdf)> Acesso em 21 de outubro de 2019.

Gebler, Luciano et al. (2012) **Fósforo reativo: Arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais.** *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.16, n.1, pp.99-107. ISSN 1415-4366.

GÉRARD-MARCHANT, P.; WALTER, M. T.; STEENHUIS, T. S. (2005). **Simple models for phosphorus loss from manure during rainfall.** *Journal of Environmental Quality*, n. 34. p. 872-876.

GONÇALVES. (2019). **Monitoramento da qualidade da água com o enfoque Ciência Cidadã, estudo de caso ribeirão Sobradinho – DF.** Brasília. DF.

GOOGLE EARTH. **Ribeirão sobradinho e cidade Sobradinho.** Disponível em <<https://earth.google.com/web/@-15.72672957,-47.7328975,980.78190316a,2002.67196877d,35y,0h,0t,0r>> Acesso em: 22 de novembro de 2019

HAGEMANN. (2009). **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** *Dissertação de mestrado.* Santa Maria- RS.

INMET. **Consulta Dados da Estação Automática: Brasília (DF).** Disponível em <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_dspDadosCodigo\\_sim.php?QTAWMQ==](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTAWMQ==)> Acesso em: 22 de Novembro de 2019

INPE. **Geração de imagens: Landsat.** Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>> Acesso em 06 de novembro de 2019.

MAGALHÃES. (2009). **A expansão urbana de montes claros e suas implicações na ocorrência de doenças de veiculação hídrica.** Mestrado em geografia. São Paulo.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2006) **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Disponível em <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)> Acesso em: 16 de outubro de 2019

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água**. Disponível em <[https://www.mma.gov.br/estruturas/secex\\_consumo/\\_arquivos/3%20-%20mcs\\_agua.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf)> Acesso em 6 de novembro de 2019.

MOTA, F. S. B; VON Sperling, M. (2009) **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**/Francisco Suetônio Bastos Mota e Marcos von Sperling(coordenadores). Rio de Janeiro: ABES.

NOZAKI *et al.* (2014). **Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos**. Atas de saúde ambiental. São Caetano do Sul - SP.

OLIVEIRA FILHO, P. C.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F. C. **Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná**. Floresta e Ambiente, 19(1), 2012. 32-43 p.

PIVELI; KATO. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químico**: São Paulo: ABES, 2006.

QUEIROZ; BOEIRA. (2007). **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aqüicultura**. Disponível em <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado\\_44.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado_44.pdf)>. Acesso em 9 de novembro de 2019.

REIS; MENDONÇA. (2009). **Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água**. Disponível em <[http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n03/RESAv14n3\\_p353-62.pdf](http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n03/RESAv14n3_p353-62.pdf)>. Acesso em 9 de novembro de 2019.

SANDRI (2010). **Qualidade de água de chuva e utilização da radiação ultravioleta para sua desinfecção**. Dissertação de Mestrado. Joinville

TIECHER (2017). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

TOLEDO; NICOLELLA. (2002). **Índice de qualidade de água e microbacia sob uso agrícola**. Scientia Agricola, Jaguariúna -SP.

TUCCI (1993). **Hidrologia ciência e aplicação**. Editora da universidade de são Paulo. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>>. Acesso em 16 maio. 2019

VILLELA; MATTOS (1975). **Hidrologia aplicada** Editora: McGraw-Hill do Brasil. São Paulo.

Von Sperling, M (2005). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**/ Marcos Von Sperling – 2 ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 243p

RECESA. (2007). **Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3** / Ministério das

Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 2007. 52 p.

ZORZIN, *et al.* (2011). **Análise da qualidade da água do Ribeirão Sobradinho – contaminação ambiental e qualidade de vida**, Distrito Federal.

Zuccari, M.L; Graner, A.F; Leopoldo, P.R (2005). **Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) em águas e efluentes por método colorimétrico Alternativo**. Botucatu, vol. 20, n. 4, p69-82

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. **O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA**. Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.