



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Lorena Sousa Lima

Estudo dos Índices de Qualidade da Água (IQA) e do Estado Trófico (IET) na Lagoa
do Gambá, Ouro Preto, MG

Ouro Preto
2018

Lorena Sousa Lima

Estudo dos Índices de Qualidade da Água (IQA) e do Estado Trófico (IET) na Lagoa
do Gambá, Ouro Preto, MG

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Ouro Preto (UFOP), como parte dos
requisitos para a obtenção do Grau de
Engenheiro Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Profa. Ana Letícia Pilz de Castro

Ouro Preto
2018

L732e

Lima, Lorena Sousa.

Estudo dos índices de Qualidade da água (IQA) e do Estado Trófico (IET) na Lagoa do Gambá, Ouro Preto, MG [manuscrito] / Lorena Sousa Lima. - 2018.

54f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Profa. Dra. Ana Letícia Pilz de Castro.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Lagoa do Gambá. 2. Índice de Qualidade da água. 3. Índice de Estado Trófico. 4. Eutrofização. 5. Poluição hídrica. I. Castro, Ana Letícia Pilz de . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

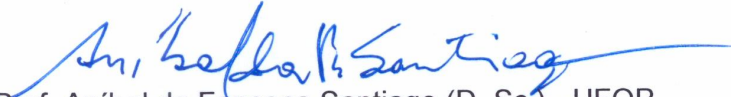
CDU: 624

Lorena Sousa Lima

Estudo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e do Estado Trófico da Água (IET) na Lagoa do Gambá, Ouro Preto, MG.

Monografia de conclusão de curso para obtenção do Grau de Engenharia Civil na Universidade Federal de Ouro Preto, defendida e aprovada em 19 de Abril de 2018, pela banca examinadora constituída pelos professores:


Profa. Ana Leticia Pilz de Castro (D. Sc.) – Orientadora - UFOP


Prof. Aníbal da Fonseca Santiago (D. Sc.) - UFOP


Profa. Maria Luiza Teófilo Gandini (M. Sc.) - UFOP

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a atual condição da qualidade da água da Lagoa do Gambá, situada no bairro da Lagoa no município de Ouro Preto - Minas Gerais (MG), por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET). A Lagoa do Gambá está localizada em meio ao espaço urbano e encontra-se com usos comprometidos devido a sua aparência poluída, tanto do seu entorno quanto da sua água. Foram realizadas duas coletas em quatro pontos previamente escolhidos. Para os cálculos do Índice de Qualidade da Água e Índice do Estado Trófico, foram analisados em laboratório dez parâmetros: *Escherichia coli*, fósforo, nitrato, pH, sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, cloretos e clorofila-a. A partir dos resultados do IQA, IET e análises de correlações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foi possível verificar que os efeitos do despejo de efluentes domésticos e a deposição de resíduos sólidos nos entornos da lagoa propiciam, a elevação dos teores de nutrientes (principalmente fósforo), presença de biomassa algal (clorofila-a), aumento dos níveis de concentrações de bactérias *Escherichia coli*, além de uma classificação “regular” do índice de qualidade da água da lagoa e forte evidência do estado eutrofizado da mesma. Sendo assim, identificando e analisando os principais problemas e correlacionando-os aos seus supostos agentes, foi possível destacar os aspectos ambientais mais importantes e sugerir medidas mitigadoras para a viabilização da utilização desse espaço público.

Palavras-chaves: Lagoa do Gambá; Índice de Qualidade da Água; Índice de Estado Trófico; Eutrofização; Poluição hídrica.

ABSTRACT

The goal of this study was to evaluate the present water quality condition of the Gambá Lagoon, located in the Lagoon neighborhood of Ouro Preto - Minas Gerais (MG), using the Water Quality Index (WQI) and Trophic State Index (TSI). The Gambá Lagoon is located in the middle of the urban space and is abandoned by the majority of the population due to its polluted appearance, both in its surroundings and its water. Two collections were made at four previously chosen points. For the calculations of the Water Quality Index and Trophic State Index, ten parameters were analyzed in laboratory: *Escherichia coli*, phosphorus, nitrate, pH, total solids, temperature, turbidity, dissolved oxygen, chlorides and chlorophyll-a. From the results of the WQI, TSI and correlations analyzes of the physical, chemical and biological parameters, it was possible to verify that the effects of domestic effluent discharges and the deposition of garbage in the lagoon environments lead mainly to the increase of nutrient contents (mainly phosphorus), presence of algal biomass (chlorophyll-a), increased concentrations of *Escherichia coli* bacteria, and a "regular" classification of the water quality index of the lagoon and strong evidence of its eutrophic state. Thus, identifying and analyzing the main problems and correlating them to their supposed agents, it was possible to highlight the most important environmental aspects and to suggest mitigating measures for the feasibility of the use of this public space.

Keywords: Gambá Lagoon; Water Quality Index; Trophic State Index; Eutrophication; Water Pollution.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivo geral	13
1.2	Objetivos específicos.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Ciclo da água	15
2.2	Uso da água (Aproveitamento dos Recursos Hídricos)	16
2.3	Parâmetros de qualidade de água.....	19
2.3.1	Parâmetros Físicos.....	20
2.3.1.1	Turbidez.....	20
2.3.1.2	Temperatura	20
2.3.2	Parâmetros Químicos.....	21
2.3.2.1	Potencial Hidrogeniônico – pH	21
2.3.2.2	Sólidos.....	22
2.3.2.3	Oxigênio dissolvido	22
2.3.2.4	Fósforo total.....	23
2.3.2.5	Nitrogênio total.....	23
2.3.2.6	Demanda bioquímica de oxigênio	24
2.3.2.7	Demanda química de oxigênio	25
2.3.2.8	Cloretos	25
2.3.3	Parâmetros Biológicos.....	26
2.3.3.1	Coliformes.....	26
2.3.3.2	Clorofila-a	27
2.4	Índice de qualidade de água (IQA)	27
2.5	Poluição das águas	29

2.6	Eutrofização	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Caracterização da área de estudo	33
3.2	Pontos de amostragem	34
3.3	Metodologia de coleta de água.....	36
3.3.1	Parâmetros físicos e químicos.....	36
3.3.1.1	Fósforo total (mg/L).....	36
3.3.1.2	Nitrato (mg/L)	37
3.3.1.3	Sólidos Totais (mg/L)	37
3.3.1.4	Turbidez (UNT)	37
3.3.1.5	Cloretos (mgCl/L).....	38
3.3.1.6	Demanda química de oxigênio – DQO	38
3.3.2	Parâmetros biológicos	38
3.3.2.1	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	38
3.3.2.2	Clorofila-a (µg/L)	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	Avaliação dos parâmetros segundo a Resolução CONAMA 357/2005 40	
4.1.1	Sólidos Totais.....	42
4.1.2	Temperatura e Demanda Química de Oxigênio (DQO)	42
4.2	Entorno da Lagoa do Gambá	44
4.3	Eutrofização	46
4.4	Índice De Qualidade De Água (IQA)	47
5	CONCLUSÃO.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico representativo da precipitação mensal em 2017.	33
Figura 2 - Localização Lagoa do Gambá.....	34
Figura 3 - Localização dos pontos de coleta na Lagoa do Gambá	35
Figura 4 - Ponto 1	35
Figura 5 - Ponto 2	35
Figura 6 - Ponto 3	35
Figura 7 - Ponto 4	35
Figura 8 – Gráfico representando a concentração de Sólidos Totais	42
Figura 9 - Gráfico representativo da temperatura da água na Lagoa do Gambá em °C	43
Figura 10 - Gráfico representativo dos resultados da análise de DQO na Lagoa do Gambá.....	43
Figura 11 - Ocupação às margens da Lagoa do Gambá em 2003	44
Figura 12 - Ocupação às margens da Lagoa do Gambá em 2016	44
Figura 13 - Poluição física na Lagoa do Gambá.....	45
Figura 14 - Contaminação por óleos na Lagoa do Gambá	45
Figura 15 - Tubulações a montante da Lagoa do Gambá	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação e usos possíveis das águas doces.	17
Tabela 2 - Limites dos parâmetros de qualidade da água.	18
Tabela 3 - Peso dos parâmetros no cálculo do IQA.	28
Tabela 4 - Faixas de classificação das águas segundo o IQA.....	29
Tabela 5 - Classes de estado trófico e suas características principais.	32
Tabela 6 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados.	40
Tabela 7 - Concentrações de Fósforo e Clorofila-a	46
Tabela 8 - Valores médios do Índice de Estado Trófico (IET) na Lagoa do Gambá.	47
Tabela 9 - Resultados do Índice de Qualidade da Água nos quatro pontos levantados na coleta 1	47
Tabela 10 - Resultados do Índice de Qualidade da Água nos quatro pontos levantados na coleta 2	48
Tabela 11 - Média dos resultados de IQA das coletas na Lagoa do Gambá.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA: Agência Nacional de Águas

Cemaden: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde e Ambiente

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IET: Índice de Estado Trófico

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQA: Índice de Qualidade da Água

mL: mililitro

NMP: Número Mais Provável

OD: Oxigênio Dissolvido

ONU: Organização das Nações Unidas

pH: Potencial Hidrogeniônico

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

1 INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos naturais como suporte ao desenvolvimento da humanidade sempre foi de grande importância para a espécie humana. No entanto, o amplo uso e muitas vezes inconsequente, geram inúmeros problemas de degradação e irreparabilidade desses recursos, principalmente da água, que consiste no bem essencial à vida em todo planeta Terra. Nos últimos anos, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2016), com a intensificação do processo de industrialização, o Brasil assistiu a um processo acelerado de urbanização e um elevado crescimento demográfico, que sem o devido controle dos recursos naturais, acabam gerando condições como ar e rios poluídos, extinção de espécies animais, entre outros.

Dentre os diversos recursos naturais existentes, vale destacar a água como um dos mais importantes à manutenção da vida, além de ser fator fundamental ao desenvolvimento econômico, bem-estar e equilíbrio dos ecossistemas. Dessa maneira, a partir da crescente utilização e degradação desse bem, torna-se necessário o seu monitoramento para que sejam tomadas decisões que visem sua proteção, conservação e recuperação (MORAIS, 2010).

A partir desse ponto nasceram os índices e indicadores ambientais, fundamentais no processo decisório das políticas e no acompanhamento de seus efeitos. Contudo, requererem um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Em razão a essa dicotomia, torna-se um desafio permanente a criação de indicadores e índices que associem diversas informações em um resultado só, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão (CETESB, 2016).

Deste modo, o Índice de Qualidade da Água (IQA) foi criado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos e adaptado para utilização no Brasil pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Esse índice reúne nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas e visa principalmente a utilização dessa água para o abastecimento público, após tratamento (CETESB, 2016).

Além do IQA, outros índices são utilizados, como o Índice de Estado Trófico (IET), que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, processo que ocorre devido ao enriquecimento por nutrientes, e avaliar seu efeito, relacionado ao crescimento das algas ou ao aumento de infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2016).

A avaliação do IET é muito importante para a gestão adequada dos recursos hídricos, de modo a possibilitar o aumento de informações a respeito de um corpo d'água a partir da descrição de relações bióticas e abióticas desse ecossistema. O fósforo e o nitrogênio, são nutrientes responsáveis pela degradação da água, no entanto o fósforo é o principal contribuinte no processo da eutrofização (ZANINI et al, 2010).

Em Minas Gerais, no município de Ouro Preto, a Lagoa do Gambá está localizada em área urbana ouropretana e, de acordo com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) (2006), tem sua origem ligada a exploração de canga existente naquela área, era largamente utilizada pelas famílias ouro-pretanas como área de lazer e ainda hoje para pesca amadora. No entanto, devido ao desenvolvimento da cidade e ocupação dos entornos da lagoa, ela vem sofrendo com elevada poluição (depósitos de resíduos sólidos e esgotos domésticos) e hoje apresenta-se com seus usos comprometidos.

Apesar de estar presente na área urbana de Ouro Preto e apresentar clara aparência poluída, os trabalhos de pesquisas científicas realizados na Lagoa do Gambá não são numerosos, dificultando assim, o conhecimento das reais condições referentes não somente a qualidade de suas águas e do risco que oferece à população ouro-pretana, mas também da possibilidade de revitalização para utilização de lazer público.

1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a qualidade da água na Lagoa do Gambá, localizada no bairro da Lagoa em Ouro Preto (MG).

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar características físicas, químicas e biológicas;
- Analisar o Índice de Estado Trófico da Lagoa do Gambá;
- Estimar o Índice de Qualidade da Água da Lagoa do Gambá.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ciclo da água

Devido às dinâmicas naturais da terra, a água se mantém em constante movimento sendo encontrada na superfície terrestre em diversas fases que estão compreendidas dentro do ciclo hidrológico. Segundo Tucci (2001), adota-se a evaporação da água como origem do ciclo hidrológico nas diversas fontes presentes na Terra, dando continuidade na condensação dessa água nas camadas altas da atmosfera formando as nuvens, depois sendo movimentadas através das massas de ar e por fim precipitando por meio da ação da gravidade. A partir dessa precipitação haverá a distribuição da água pela superfície, tendo como principais destinos rios, mares, lagos e armazenamento subterrâneo.

A água ocupa quatro quintos da composição da superfície terrestre, sendo desse total 97% referentes aos mares e apenas 3% às águas doces. Da porcentagem de águas doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor d'água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m), possuindo muitas dificuldades para utilização para o consumo humano. Dessa maneira, restam apenas 0,3% de volume total de água do planeta que pode ser aproveitado para o consumo humano, estando 0,01% armazenados superficialmente (rios, lagos) e o restante em fontes subterrâneas (poços e nascentes) (FUNASA, 2015).

Do ciclo hidrológico, a formação e a precipitação das chuvas tem a seguinte distribuição ao atingir a superfície terrestre:

- a) Parcela é retida pelas construções, pela vegetação e outros obstáculos (parte evapora e parte segue diretamente ao solo);
- b) Parcela que atinge o solo transforma-se em escoamento superficial, indo de volta aos lagos, rios e mares;
- c) Parcela que atinge o solo retorna à atmosfera pela evaporação;
- d) Parcela fica armazenada nas depressões dos terrenos, da qual parte infiltra-se e parte evapora-se e;

- e) Parcela que infiltra, da qual parte ocupa a zona das raízes da vegetação e volta a atmosfera pela transpiração e parte vai em direção às camadas mais profundas para constituir os lençóis freáticos.

No ciclo hidrológico os volumes de água evaporados em uma determinada região não precipitam necessariamente no mesmo local devido as movimentações contínuas com diversas dinâmicas na atmosfera terrestre, o que caracteriza um ciclo fechado somente em nível global (BASSO, 2006).

A fase terrestre do ciclo hidrológico é a maior ênfase em seu estudo, no qual o elemento fundamental é a bacia hidrográfica, onde há infiltração e escoamento superficial. Delimitada pelo divisor de águas, a bacia hidrográfica tem a área de captação natural de água da precipitação pelas suas superfícies vertentes. E os cursos d'água formam uma rede de drenagem que convergem escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (TUCCI, 2001).

2.2 Uso da água (Aproveitamento dos Recursos Hídricos)

Em diversas regiões e países, a demanda por água, para as atividades humanas e seus inúmeros usos apresenta grande variabilidade. Devido ao crescimento populacional e consequentes demandas industriais e agrícolas, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos sofrem consumo para sua utilização (BASSO, 2006).

Sendo o quinto maior país do mundo, o Brasil é também o maior país da América do Sul, ocupando quase a metade da superfície desse continente. As terras brasileiras possuem uma das melhores, senão a melhor, disponibilidade de recursos hídricos do planeta, é onde está localizado o maior rio do mundo (Rio Amazonas), dois dos maiores reservatórios de água subterrânea (Aquíferos Amazonas e Guarani), além de rios com altos potenciais hidrelétricos (SANTI, 2015).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é responsável por estabelecer normas, critérios e padrões que visam preservar, controlar e manter a qualidade de seus recursos naturais, principalmente hídricos. Nessa conjuntura, a Resolução CONAMA 357/2005 “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e

diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”.

De acordo com a classificação adotada pela Resolução CONAMA 357/2005, as divisões das águas doces (de menor a maior qualidade), e seus usos podem ser observados na Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação e usos possíveis das águas doces.

CLASSE	USOS POSSÍVEIS
ESPECIAL	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I (UM)	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; 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; Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II (DOIS)	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; 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; Aquicultura e à atividade de pesca.
III (TRÊS)	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.
IV (QUATRO)	Navegação; Harmonia paisagística.

Fonte – CONAMA (2005).

A resolução também dita alguns padrões e condições de qualidade de água (Tabela 2). Apenas os corpos d'água da classe especial não possuem padrões de qualidade pré-definidos, pois não são permitidas quaisquer modificações antropogênicas nos mesmos.

Tabela 2 - Limites dos parâmetros de qualidade da água.

PARÂMETROS	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	< 200	< 1000	< 2500	N.A.
Fósforo (mg/L)	0,02	0,03	0,05	N.A.
OD (mg/L)	> 6	> 5	> 4	> 2
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Sólidos totais	VA	VA	VA	N.A.
Turbidez (NTU)	< 40	< 100	< 100	N.A.
Nitrato (mg/L)	10,0	10,0	10,0	N.A.
Cloreto (mg/L)	250	250	250	N.A.
Clorofila-a (µg/L)	10	30	60	N.A.

Legenda: N.A. – não analisado; V.A. – virtualmente ausentes.

Fonte – CONAMA (2005).

Nota-se então a importância de levar em consideração os aspectos de qualidade e quantidades de água no manejo dos recursos hídricos para que os múltiplos usos ocorram de forma equilibrada. Segundo Basso (2006), dentre os diversos usos da água estão, além da irrigação e utilização doméstica, a navegação, a recreação e o turismo. Para regiões centrais dos continentes onde o acesso a água doce, em rios, lagos e represas, é facilitado, atividades de recreação e turismo são muito importantes. Além desses usos, também temos a mineração que utiliza quantidades elevadas de água para a lavagem e purificação de minérios, somada a diversificada e múltipla série de processos na indústria, como resfriamento e plantas de lavagem, limpeza e descarga de materiais.

No Brasil, o uso da água para a irrigação representa 67,2% de toda a água consumida (ANA, 2017). Essa prática para a agricultura, segundo Lima e Valarini (1996), tem impactos ambientais inerentes como degradação dos solos, alteração microclimática podendo propiciar a incidência de pragas e doenças, além da modificação das propriedades químicas e físicas dos corpos d'água sujeitos a poluição. E também impactos não inerentes como o risco de intoxicação humana e animal causados pela poluição e contaminação por agroquímicos e alteração da cobertura vegetal ocasionada pelo aumento da área irrigada, diminuindo a biodiversidade, alterando o valor dos recursos naturais, juntamente com a qualidade de vida dos agricultores e consumidores.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2017), em média 83 milhões de pessoas nascem a cada ano no mundo. Além do aumento da demanda por alimentos, aumenta também a demanda por água para o abastecimento urbano,

o qual muitas vezes é prejudicado pela poluição e pela falta de planejamento urbano. O sistema urbano de fornecimento de água, de forma geral, tem algumas etapas principais como captação, tratamento para uso, reservação, distribuição, captação de águas residuárias e tratamento para posterior descarga nos rios, lagos ou litorais, podendo ser caracterizado como um ciclo fechado (BASSO, 2006).

Por mais que esse sistema pareça muito simples, raras são as cidades que tem tratamento efetivo da água usada nas atividades humanas. No entanto, é fundamental que a população, nas cidades e no campo, tenha acesso à água tratada para melhores condições de saúde e higiene. Torna-se um bom indicador universal do desenvolvimento sustentável quando associado a outros indicadores ambientais e socioeconômicos (saúde, educação e renda), caracterizando a qualidade de vida da população e sendo peça fundamental para o acompanhamento de políticas públicas de saneamento ambiental (IBGE, 2015).

Além dos destinos já citados, a água também é utilizada para o lazer. Ele acontece por meio de atividades como natação, mergulho, surf (contatos primários) e esporte náuticos (contato secundário). Segundo Pereira (2004), banhistas que entram em contato com os corpos d'água às vezes contaminados por esgotos sanitários são expostos a bactérias, vírus e protozoários causadores de doenças. Por isso a crescente exigência quanto ao saneamento nacional, acelera a instalação de sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

2.3 Parâmetros de qualidade de água

Segundo Von Sperling (1996), diversos são os elementos que alteram o grau de pureza da água, sejam eles de origem natural ou antropogênica. Tais elementos podem ser retratados de forma simplificada através de suas características físicas, químicas e biológicas, que são traduzidos na forma de parâmetros de qualidade de água.

2.3.1 Parâmetros Físicos

2.3.1.1 Turbidez

A turbidez representa a dificuldade de um feixe de luz à passagem através da água, ocasionada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microrganismos e outros materiais, que desviam e/ou absorvem os raios solares que alcançam a água. Originada de forma natural (partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos) ou antropogênica (erosão e lançamento de efluentes domésticos e industriais), a turbidez pode trazer inconvenientes tanto estéticos como sanitários e patológicos, além de reduzir a penetração a luz, que prejudica a fotossíntese (VON SPERLING, 1996).

Geralmente, águas de lagos, lagoas, açudes e represas possuem turbidez baixa, no entanto essa condição é variável devido às condições naturais como chuva e vento, ficando turvas graças ao carreamento de sedimentos das margens, ocasionalmente (SOARES, 2003).

Estudos em mananciais que recebem despejos de efluentes domésticos associam à variável turbidez à presença de organismos patogênicos, tornando-se um parâmetro sanitário de qualidade, além de um parâmetro de controle estético (SANTOS et al, 1999).

2.3.1.2 Temperatura

Utilizada para caracterizar os corpos d'água, a temperatura tem seu conceito relacionado a medição da intensidade de calor e sua unidade de medida é graus Celsius (°C). A água pode ter sua temperatura alterada por meio da transferência de calor devido a radiação, condução e convecção da atmosfera e solo. O seu aumento propicia a aceleração das taxas de reações químicas e biológicas, com transferência de gases e a diminuição da solubilidade desses gases (VON SPERLING, 1996).

Variações na temperatura nos corpos d'água naturais são parte do regime climático normal e apresentam variações sazonais, diurnas e estratificação vertical. Há diversos fatores que podem influenciar a temperatura de um corpo d'água como

latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade. No entanto, seu acréscimo pode provocar alterações tanto físicas (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), químicos (aceleração das reações químicas e bioquímicas) e biológicos (sendo letal a organismos adaptados a determinadas condições físicas) (CETESB, 2016).

2.3.2 Parâmetros Químicos

2.3.2.1 Potencial Hidrogeniônico – pH

O potencial Hidrogeniônico traduz a acidez ou alcalinidade de uma solução, trata-se de uma escala logarítmica que se estende de 0 (muito ácida) a 14 (muito alcalina). O pH determinado pela concentração relativa dos íons hidrogênio, quando igual a 7 indica uma solução neutra, nem ácida, nem alcalina. Se tiver seu valor menor que 7, demonstra uma condição ácida; e se seu valor for maior que 7 indica uma condição alcalina. (CETESB, 2016).

A variação desse parâmetro pode acontecer devido a fatores tanto naturais (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese) como antrópicos (despejos de efluentes industriais, geralmente muito ácidos, e domésticos, com alta concentração de matéria orgânica) (VON SPERLING, 1996).

Os corpos d'água, em sua grande maioria, apresentam um pH que variam de 6 a 8. Ecossistemas com pH baixo possuem altas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos, de origem alóctone e autóctone, além de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético e também ácido carbônico, formado principalmente pela atividade metabólica dos microrganismos aquáticos (LIMA, 2001). Já aqueles que apresentam altos valores de pH apresentam condição alcalina, que pode ser originada pela dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO_2), que resultam da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica com a água (BASSO, 2006).

2.3.2.2 Sólidos

A carga total de sólidos presentes em uma amostra é composta por praticamente todas as impurezas da água. Eles podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. A presença desses resíduos nas águas leva um aumento da turbidez, que por sua vez influencia diretamente na entrada de luz e redução no valor de saturação do oxigênio dissolvido (BASSO, 2006).

Para Von Sperling (1996), a divisão dos sólidos por tamanho é, sobretudo uma divisão prática. Por convenção divide-se as partículas entre aquelas que passam por um papel filtro de tamanho específico (sólidos dissolvidos) e aquelas retidas pelo filtro (sólidos em suspensão). A rigor, os termos mais adequados são sólidos filtráveis e sólidos não filtráveis. Ao submeter porções de água a uma temperatura elevada (550 °C), sua parte orgânica é volatilizada, permanecendo apenas a parte inorgânica. Portanto, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica presente nos sólidos, enquanto os sólidos não voláteis (fixos) representam a matéria inorgânica ou mineral.

2.3.2.3 Oxigênio dissolvido

A difusão atmosférica e a atividade fotossintética de plantas aquáticas são responsáveis pela introdução de oxigênio na água, já o seu consumo acontece por meio da decomposição aeróbia de substâncias orgânicas, oxidação de alguns compostos inorgânicos e respiração de organismos presentes no meio aquático. Geralmente em zonas de águas limpas, a concentração de oxigênio dissolvido varia durante o dia, esta variação se dá pela intensidade de atividades fotossintéticas e mudanças de temperatura. O oxigênio dissolvido é vital para a sobrevivência dos peixes, dessa maneira a sua alta quantidade é um importante indicador de qualidade de uma água, assim como em baixa quantidade indica fontes poluidoras por despejos orgânicos. Aos 15 °C, uma amostra de água em boas condições apresenta concentração saturada de oxigênio por volta de 10 mg/L, em contrapartida uma

concentração de 3 a 4 mg/L é considerada baixa para a vida aquática (PITTER, 1993 apud BASSO, 2006).

Em resumo, o oxigênio dissolvido é consumido por bactérias durante o processo metabólico de conversão da matéria orgânica em compostos simples e inertes, como água e gás carbônico. Dessa maneira crescem, se multiplicam e mais oxigênio dissolvido é consumido enquanto houver matéria orgânica proveniente das fontes de poluição. No entanto, altas concentrações de oxigênio na água podem representar característica de eutrofização, ultrapassando valores de 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20 °C (CETESB, 2016).

2.3.2.4 Fósforo total

Ocorrendo em várias formas orgânicas e inorgânicas, o fósforo é um elemento não metálico que na água pode apresentar-se dissolvido ou em forma particulada. É ativamente absorvido pelas plantas, sendo importante para o crescimento de algas e outros organismos no meio aquático (CETESB, 2016).

Despejos domésticos e industriais podem aumentar os níveis de concentração dos compostos de fósforo nos corpos d'água. Atualmente, o amplo uso de certos tipos de detergentes de uso doméstico e industrial (que tem como componente de suas moléculas os fosfatos orgânicos) contribuem para o enriquecimento dos despejos de fósforo na água. Concentrações elevadas de fosfatos na água propiciam a proliferação de algas ou outras plantas aquáticas desagradáveis que, conseqüentemente, aceleram o processo de eutrofização, que pode levar a morte da parte da biota aquática (MERTEN e MINELLA, 2002).

2.3.2.5 Nitrogênio total

Sendo um dos elementos mais importantes do metabolismo de ecossistemas aquáticos, o nitrogênio é um dos principais formadores de proteínas. Pode atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos se encontrado em baixas concentrações. Nitrato, nitrito, amônia, íon amônio e nitrogênio molecular são

algumas das formas que o nitrogênio ocorre nos ambientes aquáticos (MORAIS, 2010).

Juntamente com fósforo total, o nitrogênio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, podendo ocasionar também o processo de eutrofização dos corpos d'água. Na forma de nitrato, estimula o desenvolvimento de algas e causa condições sanitárias inadequadas (em concentrações superiores a 5 mg.L^{-1}). Já o nitrito é uma forma química do nitrogênio que normalmente é encontrada em pequenas quantidades nos corpos d'água por ser instável na presença de oxigênio, quando presente indica poluição orgânica, que influencia processos biológicos ativos (CETESB, 2016).

As principais fontes de nitrogênio são esgotos sanitários e alguns efluentes industriais lançados nas águas; biofixação desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosféricos em seus tecidos; lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais que carregam partículas contendo nitrogênio orgânico e dissolução de amônia e nitratos (CETESB, 2016).

2.3.2.6 Demanda bioquímica de oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é o consumo de oxigênio durante a degradação da matéria orgânica biodegradável em um prazo de cinco dias em uma temperatura de incubação de 20°C . Despejos de origem orgânicas são os maiores responsáveis pelos aumentos nos valores de DBO nos corpos d'água, interferindo no equilíbrio e indicando crescimento da microbiota presente na vida aquática (CETESB, 2016).

Esgotos sanitários normalmente apresentam valores de DBO entre 200 a 600 mg/L , ou seja, um litro de esgoto lançado em um rio “retiram” 200 a 600 mg de oxigênio consumidos durante a respiração dos microrganismos que decompõem os componentes biodegradáveis presentes no esgoto. Por dia, cada pessoa implica uma demanda de 40 a 60 g de oxigênio nos receptores (rio, lago ou oceano) de esgotos da cidade (BASSO, 2006).

2.3.2.7 Demanda química de oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é o parâmetro utilizado para mensurar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria por meio de um agente químico. Os valores de DQO normalmente são mais elevados que os da DBO, sendo obtidos em um menor intervalo de tempo. Uma correlação entre um e outro é geralmente estabelecida facilitando análises em estações de tratamento de esgotos, pois o teste de DQO possui duração, em média, de 03 horas, à medida que o teste de DBO requer 05 dias (WASTEWATER, 1991).

Segundo CETESB (2016), a DQO é um parâmetro indispensável para caracterização de efluentes, tanto sanitários como industriais. Em corpos d'água, concentrações elevadas de DQO são resultado de despejos de origem industriais. Quando utilizada em conjunto a DBO, a DQO torna-se muito útil para observar a biodegradabilidade de despejos. Os resultados da DQO apresentam valores superiores aos de DBO devido ao dicromato de potássio ser geralmente mais oxidável em comparação a ação de microrganismos.

2.3.2.8 Cloretos

Os cloretos (Cl^-) são advindos da dissolução de sais, oriundos naturalmente da intrusão de águas salinas, percolação da água através de solos e rochas. Também podem ter sua origem ligada a ações antropogênicas como desejos domésticos, industriais, processo de tratamento da água (adição de cloro puro ou em solução) e água utilizadas em irrigação (CETESB, 2016).

Em questões de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui um padrão de potabilidade, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo e responsável por provocar um sabor “salgado” a água (quando possuem concentrações da ordem de 250 mg/L). O cloreto também causa corrosão em estruturas hidráulicas, sendo necessário em alguns casos o uso de polietileno de alta densidade (PEAD). Interferem na determinação da DQO, ao passo que essa análise em águas alta concentração de

cloreto (principalmente água do mar) não são confiáveis, embora esta interferência seja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio (CETESB, 2016).

2.3.3 Parâmetros Biológicos

Os microrganismos são os maiores responsáveis pela disseminação de doenças de origens hídricas. Originados no meio entérico de animais e humanos, os microrganismos patogênicos são transmitidos basicamente por via oral (consumo de água ou alimentos) contaminada por água poluída com fezes de indivíduos infectados (BASSO, 2006).

Há uma grande variedade de patologias transmitidas por águas contaminadas, dentre os principais nomes estão a cólera, febre tifoide, salmonelose, shigelose, poliomielite, hepatite A, desintérias bacilares, parasitoses e amebianas, causadoras de diversos surtos epidêmicos e elevadas taxas de mortalidade infantil. Dessa maneira, as análises de qualidade de água tornam-se importantes para a saúde pública, destacando sua influência em países em desenvolvimento, que possuem baixos níveis de saneamento e áreas densamente povoadas, facilitando a proliferação de doenças ligadas a esse recurso (FREITAS *et al.*, 2001).

2.3.3.1 Coliformes

Despejos domésticos, ricos em microrganismo patogênicos, contribuem para a transmissão de doenças. Devido às baixas concentrações, longo tempo para obtenção de resultados, metodologias de determinação microbiológica onerosas e complexas, a verificação de agentes patogênicos na água é quase impraticável. No entanto, as bactérias do grupo coliforme possibilitam inspecionar a contaminação de origem fecal e também a possível presença de patógenos nos corpos d'água (MORAIS, 2010).

A presença de bactérias coliformes no trato intestinal de animais de sangue quente é extremamente elevada. No entanto, a quantificação dos coliformes totais não implica necessariamente na contaminação fecal do corpo d'água, apenas como indicador de potencialidade para tal. De maneira geral, pode-se afirmar que a principal

responsável pela contaminação hídrica de origem fecal é a bactéria *Escherichia Coli* ou coliformes termotolerantes (BASSO, 2006).

2.3.3.2 Clorofila-a

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

2.4 Índice de qualidade de água (IQA)

Desenvolvido em 1970 pela *National Sanitation Foundation* (Estados Unidos), o Índice de Qualidade de Água (IQA) começou a ser utilizado no Brasil em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e hoje é o principal índice de qualidade de água utilizado no país (ANA, 2018).

O IQA retrata, através de um índice global, a qualidade da água bruta visando sua distribuição após devido tratamento. Nove são os parâmetros presentes na composição do índice, sendo eles: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), DBO, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. A determinação do IQA é calculada por meio da equação 2.1 (CETESB, 2016).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2.1)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas (número entre 0 e 100);

q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100 obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade" em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade (Tabela 3), sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.2)$$

i : número do parâmetro, variando de 1 a 9 ($n=9$, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA).

Com a crescente preocupação social relacionada aos aspectos ambientais do desenvolvimento, houve a necessidade da criação de parâmetros ambientais que fornecessem informações suficientes ao grau de complexidade desse processo. Também alinhado com o desenvolvimento, os indicadores tornaram-se fundamentais para a implantação e supervisão das políticas públicas. Neste contexto, o cálculo do IQA indica a poluição dos corpos d'água, resultado dos despejos domésticos, e é utilizado, considerando aspectos relativos aos tratamentos dessas águas, como determinante principal para o abastecimento público (CETESB, 2016).

Tabela 3 - Peso dos parâmetros no cálculo do IQA.

PARÂMETRO	PESO (w)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de oxigênio	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: IGAM, 2018.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas e classificá-las numa escala de 0 a 100 (Tabela 4).

Tabela 4 - Faixas de classificação das águas segundo o IQA.

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
Ótima	$90 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$70 < \text{IQA} \leq 90$
Regular	$50 < \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
Péssima	$\text{IQA} \leq 25$

Fonte: IGAM, 2018.

No Brasil, os estados monitoram a qualidade de suas águas superficiais, sua variação pode ser por região ou por estação do ano. Em Minas Gerais, o órgão responsável pelo monitoramento da qualidade de suas águas é o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). Como exemplo da volubilidade dos IQAs, no ano de 2016, o Rio das Velhas na área urbana da cidade de Sabará obteve valor de IQA ruim de 37,8, já na cidade de Ouro Preto, fora da região metropolitana o IQA obtido foi de 70,5, classificando suas água como de boa qualidade.

2.5 Poluição das águas

Pode-se afirmar que poluição hídrica é a alteração, direta ou indireta, no ambiente natural da água devido a descargas de substâncias ou de energias, limitando os usos esperados deste recurso. Vale ressaltar que o próprio homem definiu os padrões e os usos adequados para os corpos d'água, tornando tal afirmação potencialmente polêmica. Entretanto, esta visão auxilia a escolha de ações para a supervisão e redução da poluição (VON SPERLING, 1996).

Devido às inúmeras atividades poluidoras da água (indústrias, agricultura, uso doméstico, etc.), a poluição surge a partir de diversas origens (pontual, difusa ou mista) e atinge diferentes graus. Pereira (2004) define, essencialmente, três graus de poluição:

- a) Poluição química: ocorre devido ao contato com matérias biodegradáveis, que são decompostos por bactérias, e persistentes, que permanecem longo tempo no meio ambiente e em seres vivos;

- b) Poluição física: responsável por alterar as características físicas dos corpos d'água, as principais são térmicas (lançamento de água aquecida residuária de processos industriais) e por resíduos sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos);
- c) Poluição biológica: caracterizada pela contaminação por microrganismos patogênicos como bactérias, vírus e protozoários.

Diante dos graus de poluição, fica claro a necessidade de tratamento dos despejos, ou esgotos sanitários, antes que haja contato com os corpos d'água presentes na natureza. O tratamento de esgotos é responsável pela remoção de impurezas físicas, químicas e biológicas (principalmente microrganismos patogênicos) da água, resultando na redução de incidência de doenças, aumento da expectativa de vida e preservação da vida aquática (TUCCI, 2001).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2018), o Brasil possui ampla cobertura de abastecimento de água, totalizando 83,3% em todo o país. No entanto, os índices de coleta e tratamento de esgotos gerados, respectivamente 58,0% e 42,7%, são baixos e representam aumento da poluição dos corpos d'água por poluentes presentes nos esgotos domésticos.

2.6 Eutrofização

Denomina-se eutrofização o processo da fertilização dos corpos d'água devido a uma alta concentração de nutrientes presentes na água, principalmente nitrogênio e fósforo. Seu início acontece tanto naturalmente (através intemperismo de rochas e decomposição da matéria orgânica) quanto artificialmente (através de despejos urbanos, rurais e agrícolas) (ESTEVES, 1998).

O enriquecimento das águas de lagos e represas por nitrogênio e fósforo ocasiona, principalmente, o crescimento excessivo de organismos autótrofos. Os efeitos da eutrofização são preocupantes, levando a possíveis deteriorações. Entre os efeitos, de acordo com Arceivala (1981), Thomann e Mueller (1987) apud Von Sperlling (1996), podemos citar:

- a) Problemas estéticos e recreacionais (aumento na população de insetos e mosquitos e eventuais maus odores e mortandades de peixes);

- b) Condições anaeróbias do corpo d'água como um todo (alto consumo do oxigênio presente no meio aquático devido a presença de bactérias heterotróficas que se alimentam da matéria orgânica das algas);
- c) Mortandade de peixes (devido a anaerobiose ou intoxicação por amônia);
- d) Maior dificuldade e altos custos no processo de tratamento da água que requer a remoção das algas, cor, sabor e odor, havendo a necessidade de mais produtos químicos e mais lavagens dos filtros;
- e) Toxicidade das algas e;
- f) Desaparecimento do lago como um todo (o acúmulo de matérias e vegetação no fundo do corpo d'água ocasiona o assoreamento do lago, fazendo-o desaparecer gradativamente.

Neste processo, o índice de estado trófico (IET) foi introduzido por Robson E. Carlson em 1977, sofreu algumas modificações e é utilizado para classificar a água em seus diferentes graus de trofia utilizando as variáveis: transparência (disco de Secchi), clorofila-a e fósforo total. No entanto, percebeu-se que os valores de transparência muitas vezes não eram representativos do estado de trofia, sendo utilizados apenas as variáveis fósforo e clorofila-a (CETESB, 2016).

Para avaliação da qualidade e classificação (Tabela 5) da água quanto ao índice de estado trófico médio (IETm) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$IETm = \frac{IET(P) + IET(CL)}{2} \quad (2.3)$$

Onde:

IETm: Índice de estado trófico médio;

IET (P): Índice de estado trófico do fósforo total;

IET (CL): Índice de estado trófico da clorofila.

Tabela 5 - Classes de estado trófico e suas características principais.

VALOR DO IET	CLASSES DE ESTADO TRÓFICO	CARACTERÍSTICAS
≤ 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < \text{IET} \leq 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < \text{IET} \leq 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < \text{IET} \leq 63$	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < \text{IET} \leq 67$	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte – IGAM (2018).

No estudo realizado na microbacia do córrego Rico (SP), Zanini et al. (2010) constataram a influência do uso da terra nas propriedades ribeirinhas e do entorno do córrego no processo de poluição da microbacia a partir dos resultados do IETm encontrados.

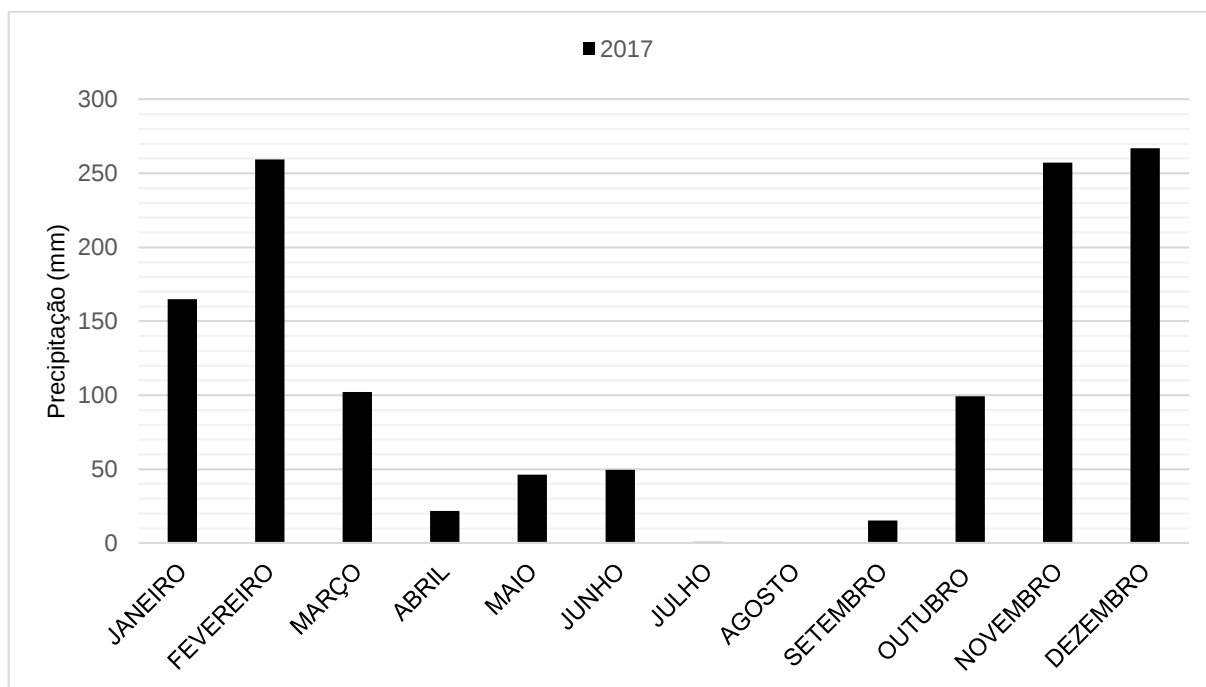
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A presente área de estudo compreende a Lagoa do Gambá, localizada na cidade de Ouro Preto, situada no sudeste do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais.

O município de Ouro Preto está localizado em uma região montanhosa, possui altitude média de 1.179 m e, de acordo com a classificação climática estabelecida por Köppen, conclui-se em termos gerais que o clima da área corresponde ao tipo Cwb, úmido (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. Durante o ano de 2017, o município recebeu uma precipitação total de 1.284,12 mm, distribuídos conforme Figura 1.

Figura 1 – Gráfico representativo da precipitação mensal em 2017.

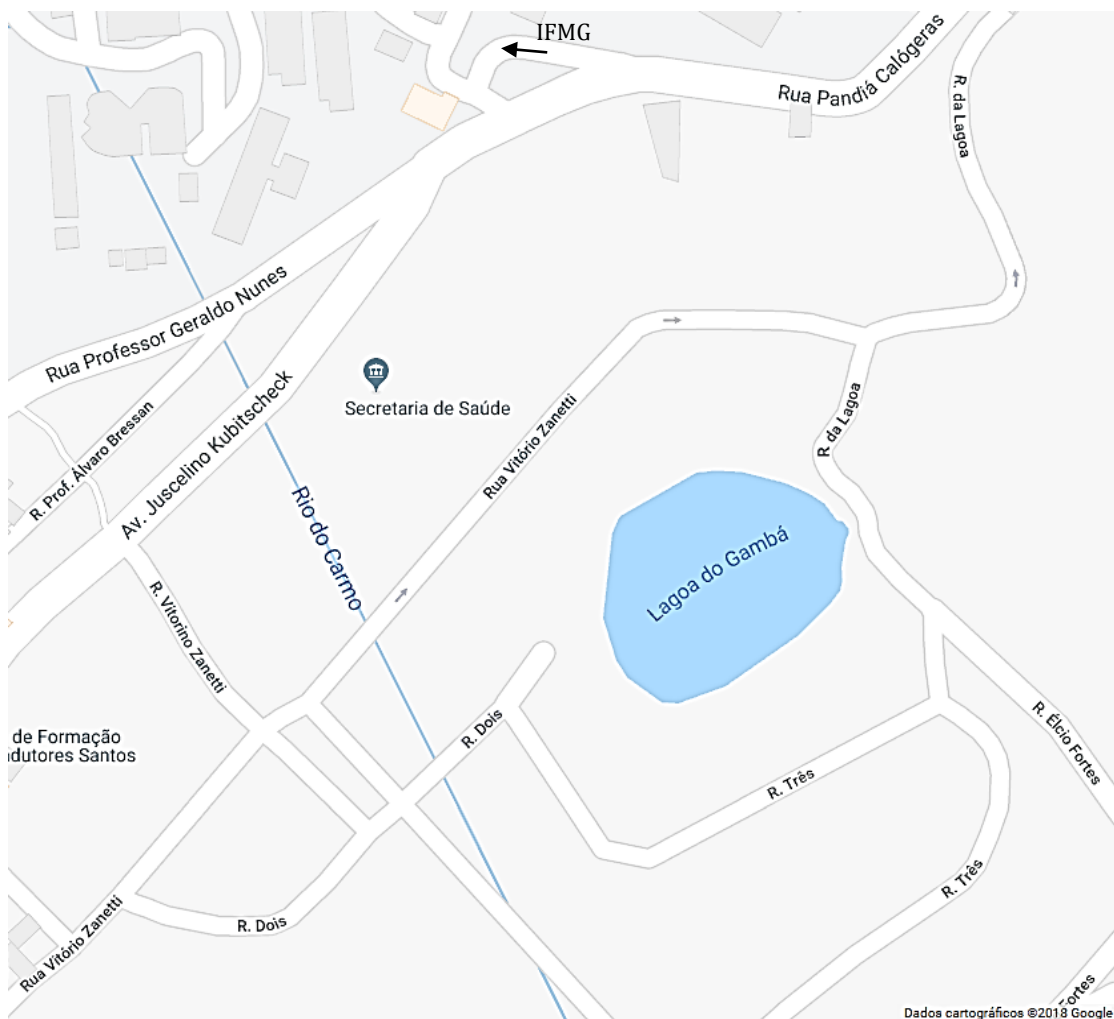


Fonte – Cemaden (2018).

A Lagoa do Gambá, possuía aproximadamente 5742 m² (0,5742 ha) de área de lâmina d'água e profundidade máxima de 3,3 metros no ano de 2006, segundo o Relatório da Lagoa do Gambá (2006). Hoje possui aproximadamente 6147 m² (0,6147 ha), obtida a partir do *software* Google Earth (2016), essa medida se dá devido a intensas chuvas no ano e também ao processo de assoreamento na lagoa.

A Lagoa do Gambá encontra-se na zona urbana de Ouro Preto, no Bairro da Lagoa, próximo ao Instituto Federal (IFMG-OP). A via de acesso principal se dá pela Avenida Juscelino Kubitschek (Figura 2).

Figura 2 - Localização Lagoa do Gambá



Fonte – Google Maps, 2018

3.2 Pontos de amostragem

Ao longo do entorno da lagoa do Gambá, foram estabelecidos 4 pontos (Figura 3) de amostragem definidos de acordo com a facilidade de acesso e buscou proximidade aos pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste). As localizações dos pontos de acordo com as coordenadas geográficas foram: P1 (Figura 4) - $20^{\circ}23'51.83''S$ e $43^{\circ}29'58.70''O$; P2 (Figura 5) - $20^{\circ}23'52.68''S$ e $43^{\circ}29'59.03''O$; P3

(Figura 6) - $20^{\circ}23'53.93''S$ e $43^{\circ}30'0.78''O$; P4 (Figura 7) - $20^{\circ}23'52.90''S$ e $43^{\circ}30'1.99''O$.

Figura 3 - Localização dos pontos de coleta na Lagoa do Gambá



Fonte 1 - Google Earth, 2018.

Figura 4 - Ponto 1



Figura 5 - Ponto 2



Figura 6 - Ponto 3



Figura 7 - Ponto 4



Foram realizadas duas coletas nos meses de maio e setembro de 2017 respectivamente, sempre no período da manhã entre 8:00 e 11:30 horas. Os períodos corresponderam ao úmido/frio (maio) e ao seco/quente (setembro).

3.3 Metodologia de coleta de água

Em todos os pontos de amostragem foram realizados alguns ensaios por meio de equipamentos pertencentes ao laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da UFOP.

Os parâmetros analisados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) foram: *Escherichia coli*, fósforo, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos totais, temperatura da água e turbidez. A análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) não foi realizada devido a um defeito no equipamento que realiza leitura do parâmetro.

Além dos parâmetros citados acima, foram analisados mais três parâmetros que não foram utilizados no cálculo do IQA: Cloreto, Clorofila-a e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Foram analisados diretamente no campo a temperatura (°C), o pH e o oxigênio dissolvido (OD) da água com ajuda dos equipamentos eletrônicos medidor multiparâmetro.

Para a realização dos outros ensaios, as amostras foram coletadas em recipientes de polietileno, devidamente lavados e esterilizados, e transportados para o laboratório, onde ficaram adequadamente preservados. Já para a análise de parâmetros biológicos as amostras foram coletadas em sacos estéreis descartáveis.

3.3.1 Parâmetros físicos e químicos

3.3.1.1 Fósforo total (mg/L)

Este parâmetro foi determinado a partir do método 4500-P do *Standard Methods*. Este método envolve a digestão de 100 mL da amostra em uma capela de exaustão juntamente com 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 5 mL de ácido nítrico concentrados. Após digestão e resfriamento, preparou-se a amostra com água destilada (20mL), uma gota fenolftaleína, hidróxido de sódio (NaOH 6 N) para atingir a coloração rosa e, depois, ácido sulfúrico (H_2SO_4 5 N) para descorar a solução. Logo em seguida adicionou-se o reagente misto (molibdato de amônio, tartarato de antimônio e potássio, ácido sulfúrico e ácido ascórbico) e então, passados dez

minutos de reação da mistura, fez-se a leitura no espectrofotômetro, marca Hach, modelo DR6000, a 880nm de comprimento de onda.

3.3.1.2 Nitrato (mg/L)

A concentração de nitrato (N-NO_3^-) foi obtida por meio do método de redução de cádmio. Utilizou-se 50,0 mL de amostra, que foram filtrados a vácuo com uma membrana de 0,45 μm , depois transferidos para um balão volumétrico de 25 mL onde foi adicionado a amostra o kit de reagentes NitraVer 5 da Hach e, então passado tempo de reação foram realizadas as leituras no espectrofotômetro, marca Hach, modelo DR6000.

3.3.1.3 Sólidos Totais (mg/L)

Para obter a quantidade de sólidos totais foram utilizados cadinhos de porcelana com capacidade de 50 mL. O ensaio foi feito em duplicata e os cadinhos foram devidamente secos e tarados previamente, então foi adicionado 50,0 mL de amostra em cada cápsula e, logo em seguida transferidas para estufa, a 105°C até a completa evaporação da água. Em seguida foi feita uma releitura dos pesos de todos os cadinhos.

3.3.1.4 Turbidez (UNT)

Para análise do parâmetro de turbidez foi utilizado o turbidímetro portátil, marca Hach, modelo 2100p, precisão de $\pm 0,01$ UNT. O aparelho mede a turbidez em amostras de 15 mL por meio do método Nefelométrico, um sistema óptico que se baseia na leitura da intensidade da luz dispersa pela amostra em um ângulo de 90° com a direção da luz incidente.

3.3.1.5 Cloretos (mgCl/L)

A concentração de cloretos presente nas amostras foi obtida a partir do método titulométrico do nitrato de prata (AgNO_3). No processo, foi adicionado a um volume 50mL de amostra de cada ponto 1mL de solução de cromato de potássio (K_2CrO_4), logo em seguida titulou-se a mistura com a solução-padrão de nitrato de prata até o aparecimento de cor amarela-rosada.

3.3.1.6 Demanda química de oxigênio – DQO

A DQO foi obtida por meio do método *Standard* 5220D (Colorimetria após refluxo fechado). Este processo foi realizado em duplicada e foi adicionado 2,5mL de amostra nos tubos de DQO contendo 1,5mL da solução digestora faixa baixa e 3,5mL de sulfato de prata (Ag_2SO_4). Então, os tubos foram transferidos para termoreator da marca HACH, modelo DRB 200, a uma temperatura de 150°C durante 2 horas e, após a digestão e resfriamento dos tubos foi realizada a leitura no espectrofotômetro marca Hach, modelo DR6000, com um comprimento de onda de 420 nm.

3.3.2 Parâmetros biológicos

3.3.2.1 *Escherichia coli* (NMP/100mL)

A quantificação dos parâmetros microbiológicos foi realizada com a técnica do Substrato Cromogênico Enzimático Colilert, que se baseia na identificação dos microrganismos pela análise de suas enzimas constitutíveis. O Colilert possui os substratos ONPG (orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo) e MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucoronídeo) que são, respectivamente, metabolizados pelas enzimas β -Galactosidase (coliformes totais) e β -Glucoronidase (*Escherichia coli*). Quando a reação ocorre, há uma mudança de cor (ou fluorescência) na amostra em análise, indicando a presença dos microrganismos de interesse.

Para cada ponto foram coletados 100mL de amostra, os quais foram separados em potes sem diluição e diluição de 10^{-2} e 10^{-4} . Dentro de um ambiente totalmente esterilizado, foi retirado do recipiente de coleta 1mL de amostra e transferido para o recipiente de diluição 10^{-2} e, em seguida repetido o processo do recipiente de diluição 10^{-2} para o recipiente de diluição 10^{-4} . Após este processo, as amostras foram transferidas para o substrato Colilert, então seladas e incubadas a uma temperatura de 35°C durante 24 horas fornecendo assim os resultados.

3.3.2.2 Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)

O método de quantificação da Clorofila-a consiste no rompimento da parede celular por meio de choque térmico. Um volume de 50mL de cada amostra foi filtrado em membranas de microfibras de vidro com porosidade 0,7 μm em sistema de filtração a vácuo. Após a filtração, as membranas foram transferidas para tubos de DQO (com tampa e cobertos por papel alumínio) que continham 10mL de solução de etanol (80%), então foram submetidos a um banho-maria com temperatura de 75°C por 5 minutos, depois colocados em um banho de gelo por 5 minutos e guardados no escuro dentro da geladeira por 24 horas. Os tubos foram retirados da geladeira e submetidos a leituras das amostras (não acidificadas e acidificadas) em espectrofotômetro marca Hach, modelo DR6000, com um comprimento de onda de 665 e 750 nm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação dos parâmetros segundo a Resolução CONAMA 357/2005

Na Tabela 6, podemos observar os resultados obtidos nos quatro pontos de coleta de água e pode-se comparar com a classificação presente na resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 6 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados.

PARÂMETROS	P1		P2		P3		P4	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	10.000	3.000	1.100	988	10.000	1.000	740	3.100
Fósforo (mg/L)	0,086	0,063	0,156	0,165	0,761	0,148	0,296	0,122
Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L)	6,47	7,97	6,50	7,62	6,66	7,56	7,02	8,17
pH	7,91	9,55	7,90	9,55	7,17	9,67	7,19	9,78
Turbidez (NTU)	26,23	43,20	24,73	49,90	206,83	100,00	54,63	80,30
Nitrato (mg/L)	1,77	2,21	1,77	2,21	1,77	2,21	1,77	2,21
Cloreto (mg/L)	10,047	4,349	7,548	3,749	6,548	4,549	6,648	3,749
Clorofila-a (µg/L)	165,76	88,80	177,60	94,72	550,56	112,48	290,08	94,72

De acordo com os parâmetros analisados, na primeira coleta os pontos P1 e P3 apresentaram valores muito altos de *Escherichia coli*, enquadrando-se na Classe IV, já o ponto P2 obteve valor para a Classe III, e o ponto P4 para Classe II. Já na segunda coleta, os resultados alteraram, P1 e P4 obtiveram valores altos, enquadrando-se como Classe IV e P2 e P3 ficaram classificados como Classe II. A presença de *E. coli* na água indica a poluição fecal por esgotos domésticos, possivelmente produzidos e despejados no entorno da lagoa.

A concentração de fósforo encontrada em todas as coletas está acima do limite permitido pela resolução CONAMA 357/2005, sendo então classificados como Classe IV. Já a concentração de nitrogênio (na forma de nitrato) nas mesmas amostras demonstram valores aceitáveis para todas as classes da resolução. Sendo os principais nutrientes nos processos biológicos, o nitrogênio e o fósforo em excesso causam o aumento de algas e consequente processo de eutrofização no corpo d'água (ANA, 2018).

Os resultados da concentração de OD em todas as coletas foram superiores a 6 mg/L, valor referido a Classe I. Dado estes resultados, nota-se um indicador

importante da existência e preservação na vida aquática da lagoa, já que vários organismos (principalmente peixes), precisam de oxigênio para respirar. No entanto, este parâmetro torna-se preocupante quando ultrapassa valores de 10 mg/L, passando a ser um indicador de eutrofização (ANA, 2018).

As concentrações de pH encontradas na primeira coleta variaram de 7,17 a 7,91, sendo classificadas como Classe I. Já os valores encontrados na segunda coleta variaram de 9,55 a 9,78, estando fora dos parâmetros de classificação da resolução CONAMA 357/2005, podendo ter sido alterada pela alta atividade fotossintética presente no momento da coleta. O pH dentro dos padrões contribui para a proteção da vida aquática, ao mesmo passo que alterações nos seus valores acarretam o desaparecimento dos seres presentes na água.

As quantificações de turbidez encontradas variaram entre as coletas e seus respectivos pontos, na primeira coleta todos os pontos apresentaram valores dentro do padrão da Classe I, com exceções do ponto P4, que se enquadrou na Classe II, e do ponto P3, que se enquadrou na Classe IV. Na segunda coleta, a qual ocorreu em um período mais seco, a maioria das amostras apresentaram turbidez mais elevada, classificando-os como Classe II. Apenas o ponto P3 apresentou um valor inferior ao da primeira coleta, agora no limite da classificação II e III.

A turbidez reduz a capacidade de penetração solar no corpo d'água, dificultando assim a fotossíntese da vegetação presente no fundo da lagoa e das algas, causando a supressão da produtividade de peixes.

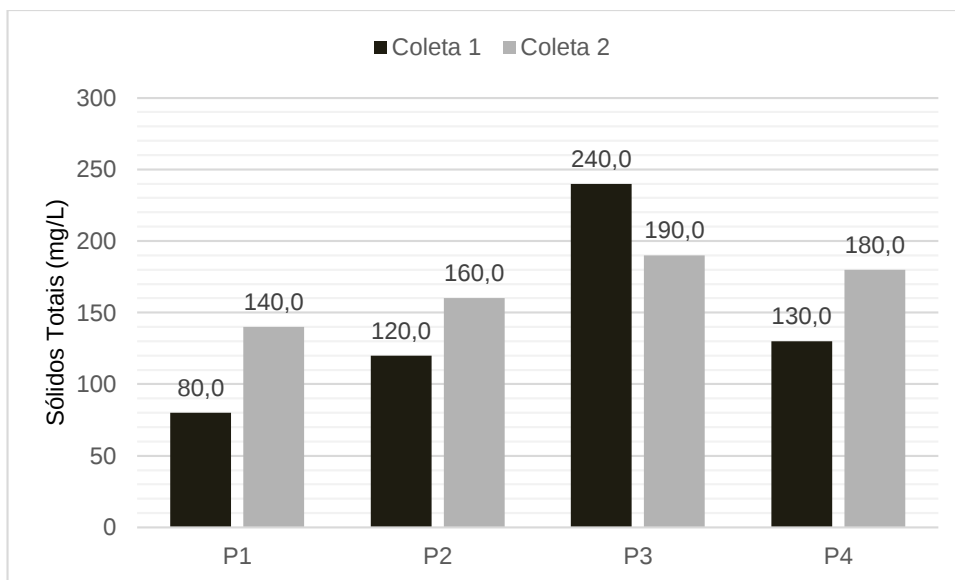
A presença de Clorofila-a encontrada em todas as coletas foi maior que 60 µg/L, acima do limite permitido pela resolução, desta maneira são classificados como Classe IV. A Clorofila-a é um dos pigmentos responsáveis pelo processo da fotossíntese e sua presença na água é a principal variável indicadora de estado trófico (CETESB, 2016).

A concentração de cloreto em todas as coletas apresentou valores inferiores ao limite de 250 mg/L delimitado pela resolução. O cloreto influencia nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocar alterações na pressão osmótica em células de microrganismo. Anteriormente era usado como indicador de contaminação por esgotos sanitários, devido a sua presença na urina humana (cerca de 6g de cloreto por dia), no entanto, hoje o teste de coliformes fecais é mais preciso para este parâmetro (CETESB, 2016).

4.1.1 Sólidos Totais

Os sólidos totais estão dentro do padrão da Classe I, pois estão virtualmente ausentes em todas as coletas. O resultado na análise de sólidos totais na maioria dos pontos, apresentou aumento na segunda coleta realizada (Figura 8), devido ao período seco. Somente no ponto P3 observou-se um valor menor na segunda coleta.

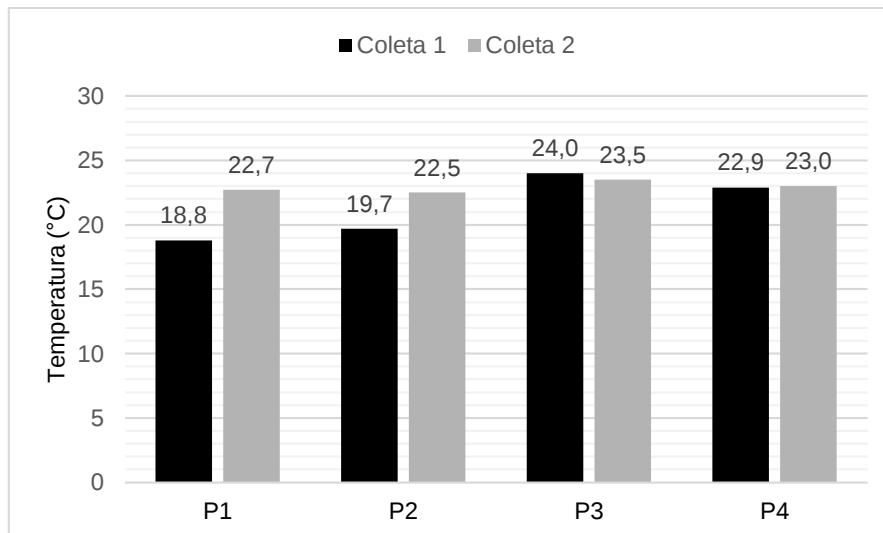
Figura 8 – Gráfico representando a concentração de Sólidos Totais



4.1.2 Temperatura e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A resolução CONAMA 357/2005 não estabelece um valor limite desses dois parâmetros em águas doces. Na primeira coleta pode-se perceber a variação maior da temperatura nos pontos 3 e 4 em relação aos pontos 1 e 2, podendo ter sido causada por algum despejo próximo aos pontos ou aceleração do metabolismo nos seres presentes na água. Já na segunda coleta, as temperaturas foram compatíveis ao período em que foram coletadas, sem grandes variações (Figura 9).

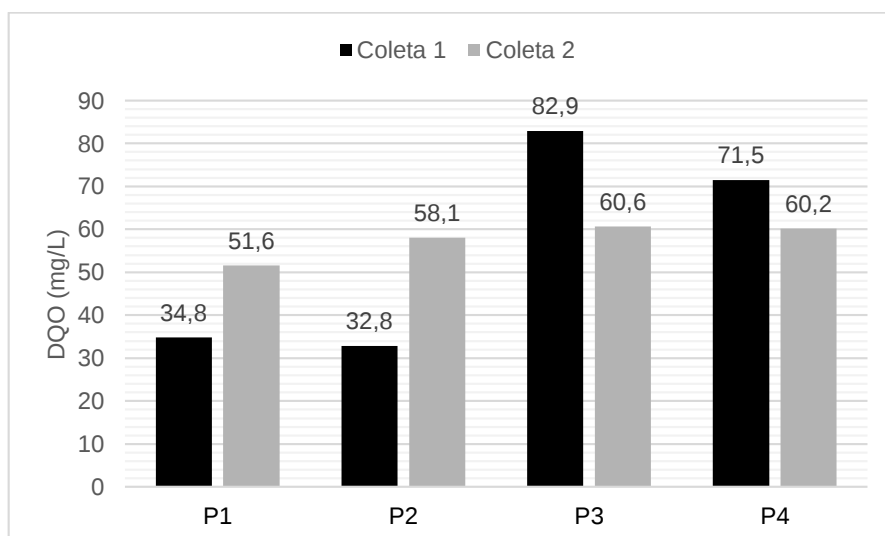
Figura 9 - Gráfico representativo da temperatura da água na Lagoa do Gambá em °C



Os resultados de DQO obtidos foram elevados (Gráfico 4), na primeira coleta observou-se, assim como na temperatura, uma variação maior da DQO nos pontos 3 e 4 em comparação aos pontos 1 e 2, já na segunda os valores obtidos tiveram uma variação menor. O aumento desse parâmetro em um corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial.

Em um estudo feito por Basso (2006), a Lagoa da Pedreira localizada no município de Ilha Solteira (SP) apresentou valor máximo de 44,0 mg/L e mínimo de 4,0 mg/L durante os anos de 2004 e 2005. Quando utilizada conjuntamente com a DBO, a DQO torna-se muito útil pois ajuda a analisar a biodegradabilidade dos despejos e tipos de tratamentos mais adequados para efluentes. Devido à falta da análise de DBO, não se pode estabelecer tal relação.

Figura 10 - Gráfico representativo dos resultados da análise de DQO na Lagoa do Gambá



4.2 Entorno da Lagoa do Gambá

Nas últimas décadas a ocupação urbana no entorno da lagoa se acelerou significativamente. Uma simples comparação de 2003 (Figura 11) e de 2016 (Figura 12) evidencia o aumento do número de construções e do desmatamento, sobretudo no entorno da Lagoa do Gambá, que é área de preservação permanente.

Figura 11 - Ocupação às margens da Lagoa do Gambá em 2003



Fonte - Google Earth, 2018

Figura 12 - Ocupação às margens da Lagoa do Gambá em 2016



Fonte - Google Earth, 2018

É possível que haja lançamentos de efluentes domésticos *in natura* na Lagoa em detrimento da ausência de destinação e tratamento de esgotos na cidade de Ouro Preto.

A lagoa apresenta uma coloração escura esverdeada (indicação de um estado trófico) e observou-se a poluição por resíduos sólidos em suas margens (Figura 13), devido ao lixo domiciliar, lixo deixado pelos visitantes ou lixo carreado pelas chuvas. Durante a primeira coleta também foi possível verificar a contaminação por óleos (Figura 14), provavelmente oriundos de postos de gasolina e oficinas mecânicas presentes na área de contribuição do escoamento superficial. Além de tubulação de drenagem de águas pluviais e tubulação de canos PVC (oriundos de uma construção próxima a lagoa), ambos lançados à alguns metros da lagoa (Figura 15).

Apesar de não ser utilizada para abastecimento público e ainda apresentar uma aparência desagradável, comumente pessoas são vistas pescando para consumo próprio nesta lagoa, o que causa uma preocupação quanto ao risco de contaminação devido a sua elevada poluição.

Figura 13 - Poluição física na Lagoa do Gambá



Figura 14 - Contaminação por óleos na Lagoa do Gambá



Figura 15 - Tubulações a montante da Lagoa do Gambá



4.3 Eutrofização

Conforme já comentado, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece os níveis de concentração máxima para fins de contato humano secundário (água doce, classe 03 – ambiente lântico) os valores dos parâmetros fósforo, nitrogênio (na forma de nitrato) e clorofila-a em, respectivamente 0,05 mg/L (fósforo total), 10 mg/L (nitrato) e 60 µg/L (clorofila-a).

Analisando os valores das concentrações encontradas para estes parâmetros nas duas coletas realizadas na Lagoa do Gambá, é possível afirmar que este corpo d'água possa estar sofrendo um processo de eutrofização, principalmente quando se leva em consideração a alta presença de clorofila-a e concentração de fósforo total (Tabela 7), muito superiores ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 7 - Concentrações de Fósforo e Clorofila-a

PARÂMETROS	Coleta 1				Coleta 2			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Fósforo (mg/L)	0,086	0,156	0,761	0,296	0,063	0,165	0,148	0,122
Clorofila-a (µg/L)	165,76	177,60	550,56	290,08	88,80	94,72	112,48	94,72
Nitrato (mg/L)	1,77	1,77	1,77	1,77	2,21	2,21	2,21	2,21

Já em relação a concentração de nitrogênio, os valores observados são inferiores aos limites estabelecidos pela resolução em questão. Desta maneira, este parâmetro não representa uma causa nem influência no provável processo de eutrofização que esteja acontecendo.

Em relação aos resultados do Índice de Estado Trófico (IET), todos os pontos apresentaram alto valor para o índice (Tabela 8), classificando a Lagoa como hipereutrófica e evidenciando o processo de eutrofização da mesma. Os elevados níveis de concentração do fósforo, da clorofila-a, combinados com a grande presença da bactéria *E. coli* indicam a contaminação por esgotos domésticos. Neste estágio, torna-se quase impossível a recuperação do corpo d'água devido ao grande número de algas presentes.

Tabela 8 - Valores médios do Índice de Estado Trófico (IET) na Lagoa do Gambá.

IET	P1		P2		P3		P4	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
	88,40	84,35	91,27	88,80	103,03	89,07	96,17	87,49

Devido à falta de atividades agrícolas nas proximidades da lagoa, associa-se o processo de eutrofização a grande ocupação urbana em sua redondeza. Como consequência dessa ocupação temos o assoreamento (devido a retirada da cobertura vegetal) e também pelos despejos de esgotos domésticos ricos principalmente em fósforo. Por sua vez, a clorofila-a aparece como efeito do processo, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas no corpo d'água.

4.4 Índice De Qualidade De Água (IQA)

A partir dos dados levantados nas coletas realizadas nos quatro pontos de coleta, foram analisados oito parâmetros necessários para o cálculo do IQA. Devido à ausência do parâmetro da DBO, foi utilizada uma metodologia igual a usada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) (2016), que na ausência de um dos parâmetros (exceto *E. coli* e oxigênio dissolvido) o IQA foi calculado considerando-se os valores dos oito parâmetros, sendo o peso do parâmetro faltante redistribuído entre os demais.

Tabela 9 - Resultados do Índice de Qualidade da Água nos quatro pontos levantados na coleta 1

Coleta 1		
P1	54,17	Regular
P2	61,59	Regular
P3	39,39	Ruim
P4	59,07	Regular

Tabela 10 - Resultados do Índice de Qualidade da Água nos quatro pontos levantados na coleta 2

Coleta 2		
P1	52,47	Regular
P2	54,11	Regular
P3	52,07	Regular
P4	50,39	Regular

Tabela 11 - Média dos resultados de IQA das coletas na Lagoa do Gambá.

Médias das coletas		
Ponto	IQA	Nível de Qualidade
P1	53,32	Regular
P2	57,85	Regular
P3	45,73	Ruim
P4	54,73	Regular

Na coleta 1, pôde-se observar que a maioria dos pontos apresentaram valores de IQA regular (Tabela 9), ponto P1 com 54,17, ponto P2 com 61,59 e ponto P4 com 59,07. Apenas o ponto P3 apresentou IQA de 39,39 (qualidade ruim), possivelmente causado pela elevada turbidez (206,83 NTU) e presença dos *Escherichia coli* (10.000 NMP/100mL) na amostra.

Na coleta 2, pôde-se observar que todos os pontos apresentaram valores de IQA regular (Tabela 10), ponto P1 com 52,47, ponto P2 com 54,11, ponto P3 52,07 e ponto P4 com 50,39. Observou-se que na segunda coleta realizada no mês de setembro, a Lagoa apresentou uma piora na maioria dos seus pontos (P1, P2, P4), com exceção do ponto P3 que apresentou uma melhora do IQA comparado com a primeira coleta.

A média das duas coletas realizadas na Lagoa do Gambá resultou em IQAs regulares nos pontos P1, P2 e P4, respectivamente, 53,32; 57,85 e 54,73. Apenas o ponto P3 apresentou um IQA ruim, de 45,73 (Tabela 11), devido ao baixo valor encontrado na primeira coleta. Desta maneira, pode-se classificar a água da Lagoa do Gambá nos meses de maio (outono) e setembro (primavera) como de qualidade regular.

A utilização de um índice para imprimir a qualidade da água tem diversas vantagens, como a fácil assimilação do resultado por parte do público leigo, o maior *status* diante das variáveis isoladas e conseguir combinar em um único número adimensional diferentes parâmetros e suas respectivas medidas. No entanto, apesar

de fornecer uma avaliação integrada, o índice falha ao perder informações individuais das variáveis e da maneira como elas se relacionam (CETESB, 2016).

Quanto à diferença na análise do IQA com a ausência do valor da DBO, pelo item 4.1, percebeu-se que os resultados de IQA obtidos vão de encontro com os valores dos parâmetros separados. Em todos os pontos, pôde-se perceber que valores como *E. Coli*, OD, pH e fósforo foram expressivos tanto para piorar (*E. Coli*, pH e fósforo) quanto para melhorar (OD) esse índice. O que resultou em um panorama “regular” para a qualidade da lagoa como um todo. No entanto, é possível afirmar que a adição do parâmetro DBO ajudaria a qualificar o estado da lagoa de uma maneira mais detalhista, visto que, a sua falta não implicaria em falha na análise, devido ao seu peso não ser tão expressivo.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou a realização de análises na água presente na Lagoa do Gambá, constatação do nível de poluição encontrada e dos possíveis riscos aos quais a população está submetida. Além disso, também permitiu obter mais dados para conhecimento a respeito da lagoa e das possíveis causas de sua poluição.

Com a realização do cálculo do IQA, observou-se que, em geral, a Lagoa do Gambá possui um índice regular para a qualidade da água. Apenas o ponto P3 apresentou um IQA ruim, devido a primeira coleta que apresentou presença de bactérias *E. Coli* e turbidez elevadas. Este resultado de IQA pode se justificar pela possível contaminação por lançamento de esgotos domésticos e também lixo jogados na lagoa pelos próprios moradores.

Em relação ao IET, nas duas coletas obteve-se um índice trófico de classificação hipereutrófica. Este resultado caracterizou o estado eutrofizado que a água da lagoa apresenta e evidenciou melhor o nível de poluição em comparação com IQA. O alto nível de nutrientes como o fósforo resultou numa alta proliferação de algas e consequente presença da clorofila-a, e assim como IQA, pode-se ligar o resultado com o lançamento de esgotos domésticos que chegam a lagoa.

A partir da observação *in loco* e de imagens de satélite, foi possível constatar que as regiões as margens do corpo d'água apresentam pouca cobertura vegetal, resultado das construções próximas e da poluição física devido a deposição de lixo pelos moradores.

As análises da água em laboratório possibilitaram a quantificação dos parâmetros necessários para os cálculos do IQA, IET, observação da situação de cada um separado, e ainda um maior conhecimento a respeito da condição da lagoa.

Dada a percepção da contaminação por óleos na lagoa, torna-se necessário a medição dos óleos e graxos presentes na mesma, para caracterizar e quantificar esses poluentes. Bem como um estudo sobre a criação de um parque no entorno da lagoa, além desvio dos efluentes de suas proximidades.

Também podem ser estabelecidas metas mitigadoras com o intuito de reduzir a poluição hídrica e incentivar a utilização do espaço urbano. Em relação a poluição

por resíduos sólidos no entorno da mesma, é necessário que haja a conscientização a respeito do nível de poluição e prejuízos causados pelos resíduos jogados em seu entorno. Além disso, tais resíduos muitas vezes são oriundos do escoamento das chuvas, para isso é preciso que haja limpezas periódicas na lagoa para que sua harmonia paisagística melhore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 169p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BASSO, E. R. **Monitoramento e Avaliação da Qualidade de Água de Duas Represas e uma Lagoa no Município de Ilha Solteira, SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2006. 111p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA nº 357**. Brasília: MMA, 2005. 23p.

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). **Pluviômetros Automáticos**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 20 de jan. 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Apêndice D - Índices de Qualidade de Águas**. São Paulo: CETESB, 2016. 32p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2016**. São Paulo: CETESB, 2017. 287p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.651-660, 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento Básico**. Ministério da Saúde, Brasília: Funasa, 2015. 642p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudos e pesquisas 10: indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015, p. 99-103.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2016: Resumo Executivo**. Belo Horizonte: IGAM, 2017. 172p.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Relatório Brasileiro para o habitat III**. Brasília: 2016. Disponível em: <<http://habitat3.org/wp-content/uploads/National-Report-LAC-Brazil-Portuguese.pdf>>. Acesso em: 22 março 2018.

LIMA, E. B. M. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://wwwwp.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2001/teses/RONDON%20LIMA_EBN_02_t_D_est.pdf>. Acesso em: 21 jan 2018.

LIMA, M. A.; VALARINI, P. **Desenvolvimento de modelo conceitual metodológico de análise de impacto ambiental em áreas de agricultura irrigada**. In: Congresso de irrigação e drenagem. Campinas: Anais, 1996, p.427-446.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

MORAIS, E. B. de. **Indicadores Microbiológicos, Metais e Índice de Qualidade da Água (IQA) Associados ao Uso e Ocupação da Terra para Avaliação da Qualidade Ambiental da Microbacia do Rio Cabeça, na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) – Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, 2010.

PEREIRA, L.C., et al. **Balneabilidade e riscos à saúde humana e ambiental**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/balneabilidade_e_riscos_%C3%A0_saude_humana_e_ambiental.html>. Acesso em 28 mar 2018.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídrico**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH - UFRGS. v.1, n. 1. p. 20-36. 2004.

SANTI, L. J. de. **Efeitos das lagoas de tratamento de esgoto sobre seu entorno: Casos no Pontal do Paranapanema**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. 127p.

SANTOS, M. A. S. P., et al. **Qualidade da Água: estudo de casos, Sistema Rio Grande X Sistema Rio Claro**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, ed.13, Belo Horizonte: Anais/ABRH, 1999.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Ministério das Cidades. 2018. 218 p.

SOARES, P. F. **Projeto e análise de desempenho de redes de monitoramento da qualidade da água**. Maringá: UEM, 2003. Apostila do Programa de Mestrado da Geografia. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-18032002-121042/pt-br.php>>. Acesso em: 20 jan 2018.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP). **Relatório Técnico: Diagnóstico Ambiental Rápido da Lagoa do Gambá, Ouro Preto – MG**. Ouro Preto, 2006.

Organização das Nações Unidas (ONU). **World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). Working Paper No. ESA/P/WP/248.

VON SPERRLING, M. **Introdução à qualidade das Águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2005.

WASTEWATER, E.; METCALF e EDDY. **Treatment, disposal and reuse. Water resources and environmental engineering**. New York: McGraw-hill, 1991, p. 82-87.

ZANINI, H. L. H. T., et al. **Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul./ago. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000400017>>. Acesso em: 22 março 2018.