

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA. ESTUDO
DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA EM SÃO
FRANCISCO DE ITABAPOANA/RJ.

ADOLFO DE SOUZA RAMOS

MACAÉ-RJ
2019

ADOLFO DE SOUZA RAMOS

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA. ESTUDO
DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA EM SÃO
FRANCISCO DE ITABAPOANA/RJ.

Relatório de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientação: *D. Sc.* Vicente de Paulo S. Oliveira.
Co-orientação: *D. Sc.* Thiago Moreira R. Araújo

MACAÉ-RJ
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R175c

Ramos, Adolfo de Souza, 1990-.

Caracterização de parâmetros de qualidade da água: estudo de caso: Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba em São Francisco de Itabapoana/RJ /Adolfo de Souza Ramos. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

xii, 41 f.: il. color.

Orientador: Vicente de Paulo Santos de Oliveira, 1965-.

Coorientador: Thiago Moreira de Rezende Araújo, 1981-.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

Inclui referências.

1. Controle de qualidade da água - Paraíba do Sul, Rio, Bacia.
2. Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (RJ). 3. Água - Análise. 4. Abastecimento de água - São Francisco de Itabapoana (RJ). I. Oliveira, Vicente de Paulo Santos de, 1965-, orient. II. Araújo, Thiago Moreira de Rezende, 1981-, coorient. III. Título.

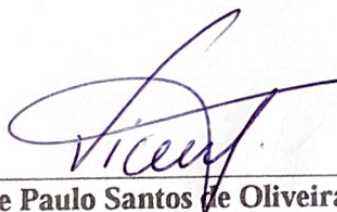
CDD 628.161098153

23.ed.

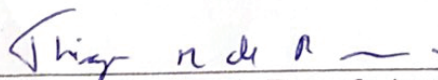
Dissertação intitulada **CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA. ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA EM SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA/RJ**, elaborada por **Adolfo de Souza Ramos** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em: 05/07/2019

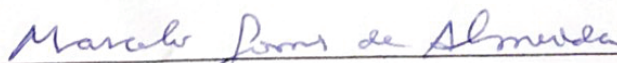
Banca Examinadora:



Vicente de Paulo Santos de Oliveira - Orientador
Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Thiago Moreira de Rezende Araújo - Coorientador
Doutor em Ciências Naturais / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF),
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Marcelo Gomes de Almeida
Doutor em Biociências e Biotecnologia / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, ao meu pai Fernando e a minha mãe Euzila pelo apoio que sempre me deram, a minha irmã Camila que sempre me incentiva e me aconselha e também a minha esposa Ráyra pela dedicação, paciência e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e acima de tudo a Deus, pois sem Teu sustento e amor eu não conseguiria chegar até aqui. Agradeço ao meu Pai Fernando por ser sempre esse exemplo de homem, exemplo de honestidade, à minha mãe que com sua paciência, sempre me tranquilizou e me deu esperança para passar por todas as dificuldades. À minha irmã que sempre está disposta a me ajudar, mesmo com todas nossas limitações esse amor maior do laço familiar sempre nos aproximou e sempre nos faz retornar a uma amizade sem igual.

Agradeço imensamente a minha esposa Ráyra, pela paciência, dedicação, pelos conselhos, pelos incentivos e por me aturar nos momentos mais difíceis e principalmente por fazer parte de mais uma essa etapa que se encerra.

Não posso me esquecer dos meus tios Ronaldo Ramos e Margarete Ramos que sempre me deram apoio, sempre se colocando à disposição para me ajudar e para me orientar nos momentos em que estive sem direção. Aos meus amigos de longa data, e também àquelas amizades que fiz nesse mestrado, tenho convicção que os levarei para sempre comigo, pois a vivência e as experiências que tivemos nessa etapa marcou uma grande amizade.

Agradeço ao meu orientador *D.Sc* Vicente Oliveira, pelo profissionalismo e pela força independente da hora e do dia, ao meu co-orientador *D.Sc*. Thiago Araújo, por ter me guiado no mundo da pesquisa, principalmente quando eu me sentia perdido. A professora *D.Sc* Maria Inês Pereira por toda disposição a ajudar e pelas colaborações para esta dissertação, suas dicas me fizeram ter uma visão muito mais crítica no mundo da pesquisa.

Agradeço toda a equipe do LabFoz - Laboratório de Qualidade das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul, principalmente a Carol Ramos, ao Gabriel e a todos os estagiários pelas ajudas nas coletas, nas análises e pela paciência para ensinar, não podendo esquecer dos motoristas pela boa vontade de ajudar nas saídas de campo.

Por fim, agradeço a todos que, me ajudaram direta e indiretamente para elaboração desta dissertação e ao governo federal do Brasil pela oportunidade de alcançar mais uma etapa da minha vida, com uma excelente estrutura física e docente das Instituições Federais.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.”

Augusto Branco

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – Percentual de parâmetros físico-químico e microbiológicos investigados nas análises de qualidade de água realizadas entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.....	10
Figura 2- Percentual de parâmetros inorgânicos investigados nas análises de qualidade de água realizadas entre 2014 e 2018 no Brasil.....	11
Figura 3 – Percentual dos métodos utilizados para análise microbiológica realizadas entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.	12
Figura 4 – Percentual dos métodos utilizados para coleta de amostra de água em artigos científicos publicados entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.	13
Figura 5 – Percentual de artigos científicos que calcularam o IQA e IET entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.	13

ARTIGO 2

Figura 1 – Comparação entre os anos de 2016 e 2018 para os nove parâmetros.....	28
---	----

LISTA DE IMAGENS

ARTIGO 2

Imagem 1 – Área de estudo com os pontos de coletas e as comunidades inseridas nas bacias hidrográficas do brejo da Cobiça e do brejo da Floresta da EEEG.....	34
---	----

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Número de parâmetros avaliados para caracterização da qualidade da água entre os anos de 2014 e 2018 de recursos hídricos superficiais nacional.	7
--	---

ARTIGO 2

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos pesquisados	23
Tabela 2 - Pluviometria de cidade de São Francisco de Itabapoana/RJ nos anos de coleta.	24
Tabela 3 - Parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água com sua respectiva metodologia.	25
Tabela 4 - Teste de diferença significativa bilateral (teste t de <i>student</i>) entre os anos de 2016 e 2018 em sete pontos de coletas de água na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Microsiemens por centímetro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Preservação Ambiental
APHA	American Public Health Association
C.Term.	Coliforme Termotolerantes.
C.total	Coliforme Total.
CE	Condutividade Elétrica.
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cianob.	Cianobactérias
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DBO _{5,20}	Demanda Química de Oxigênio, período de 5 dias à 20°C.
df	Número de amostras
DQO	Demanda Química de Oxigênio.
E.Coli	Escherichia Coli.
EEEG	Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.
EEMA	Estação Ecológica Mata dos Ausentes
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
ha	Hectares
HPLC/CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IAP	Índice de Qualidade da água bruta para fins de abastecimento público.
IB	Índice de Balneabilidade.
IET	Índice de Estado Trófico.
IFF	Instituto Federal Fluminense.
IFFluminense	Instituto Federal Fluminense.
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
INEA	Instituto Estadual do Ambiente.
IQA	Índice de Qualidade das Águas.
IQAR	Índice de qualidade de água em reservatórios.
ISO	International Standartization Organization.
IVA	Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática.
L	Litro
LabFoz	Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul.
MF	Membrana Filtrante.
mL	Mililitros
mL-1	Miligramas por litro
mm	Milímetros
N	Nitrogênio
NBR	Normas Brasileiras.
NMP	Número Mais Provável
NTU	Nephelometric Turbidity Unit.
OD	Oxigênio dissolvido.
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogênionico.
RJ	Rio de Janeiro
SDT	Sólidos Dissolvidos Total.
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente.

SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação.
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
t	Teste t de student
Temp.	Temperatura.
TM	Tubos Múltiplos.
Turb.	Turbidez
UC	Unidade de Conservação.
UNT	Unidades Nefelometrica de Turbidez.
USGS	U.S. Geological Survey
WHO	World Health Organization

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA. ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA EM SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA/RJ.

RESUMO

O monitoramento frequente da qualidade dos recursos hídricos, com o intuito de identificar mudanças em parâmetros preestabelecidos, proporciona um melhor manejo, onde, ações mitigadoras podem ser tomadas caso ocorram alguma contaminação ou alteração no ecossistema aquático. Assim, utilizando técnicas e coletas periódicas, pode-se gerar dados importantes para uma melhor gestão dos recursos hídricos. O município de São Francisco de Itabapoana, localizado no norte do estado do Rio de Janeiro, apresenta uma área territorial expressiva de 1.122,438 km² sendo o 5º maior do estado, com uma população de 41.191 habitantes, apresentando uma forte participação na agropecuária. O município conta com o maior remanescente contínuo de Mata Estacional Semidecidual de todo estado do Rio de Janeiro que também é denominada “mata de tabuleiro”. Com o intenso processo de desmatamento desse remanescente, a área ainda florestada foi enquadrada como área “crítica” e em 2002 foi transformada em Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG). Com 3.270 ha de extensão, a EEEG é umas das vinte áreas de proteção integral do estado do Rio de Janeiro e a única unidade de conservação (UC) às margens esquerda do rio Paraíba do Sul. Este trabalho analisou a qualidade da água da microbacia do brejo da Floresta e microbacia do brejo da Cobiça, por meio de parâmetros físico-químico e biológicos. As amostras de água foram coletadas em sete pontos, com intervalos de três meses entre as coletas, durante doze meses, de forma a abranger a área alagada da EEEG. Dois pontos de coleta localizam-se fora dos limites da EEEG e cinco pontos em seu interior. Foram avaliados os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. Os dois primeiros parâmetros foram analisados *in loco* e os demais no LabFoz - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul no Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. As amostras foram coletadas e analisadas de acordo com as normas descritas no *standard methods for examination of water and wastewater 21th*. A EEEG ainda sofre ação antropogênica das comunidades em seu entorno, principalmente das atividades agropecuárias.

Palavras-chave: Unidade de conservação, análise de água, bacia do Paraíba do Sul.

***CHARACTERIZATION OF WATER QUALITY PARAMETERS. CASE STUDY:
GUAXINDIBA'S STATE ECOLOGICAL STATION IN SÃO FRANCISCO DE
ITABAPOANA/RJ.***

ABSTRACT

Frequent monitoring of the quality of water resources in order to identify changes in pre-established parameters provides better management, where mitigating actions can be taken if contamination or change in the aquatic ecosystem occurs. Thus, using techniques and periodic collections, important data can be generated for better management of water resources. The municipality of São Francisco de Itabapoana, located in the north of the state of Rio de Janeiro, has a significant territorial area of 1,122,438 km² and is the 5th largest in the state, with a population of 41,191 inhabitants, with a strong participation in agriculture. The municipality has the largest continuous remnant of seasonal semideciduous forest in the entire state of Rio de Janeiro, which is also called “board forest”. With the intense deforestation process of this remnant, the still forested area was classified as a “critical” area and in 2002 was transformed into Guaxindiba State Ecological Station (EEEG). With 3,270 ha of extension, EEEG is one of the twenty integral protection areas of the state of Rio de Janeiro and the only conservation unit (UC) on the left banks of the Paraíba do Sul river. This work analyzed the water quality of the Forest swamp and Cobiça swamp microbasin, through physicochemical and biological parameters. Water samples were collected at seven points, with three-month intervals between collections, for twelve months, to cover the flooded area of the EEEG. Two collection points are located outside the EEEG boundaries and five within them. Temperature, dissolved oxygen, total dissolved solids, pH, turbidity, biochemical oxygen demand, electrical conductivity, total and thermotolerant coliforms were evaluated. The first two parameters were analyzed in loco and the others in the LabFoz - Paraíba do Sul River Mouth Water Monitoring Laboratory at the Campos dos Goytacazes Innovation Hub. Samples were collected and analyzed according to the standards described in the standard methods for examination of water and wastewater 21th. The EEEG still suffers anthropogenic action of the surrounding communities, mainly of the agricultural activities.

Keywords: conservation unit, water analysis, Paraíba do Sul basin.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE IMAGENS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	viii
RESUMO.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: QUALIDADE DA ÁGUA: PARÂMETROS E MÉTODOS MAIS UTILIZADOS PARA ANÁLISE DE ÁGUA DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	04
RESUMO.....	04
<i>ABSTRACT</i>	04
1. INTRODUÇÃO.....	05
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	07
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	07
4. CONCLUSÃO.....	14
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
ARTIGO CIENTÍFICO 2: ANÁLISE TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA NO INTERIOR DO RIO DE JANEIRO, BRASIL.....	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Área de estudo.....	21
2.2 Levantamento de dados de campo.....	21
2.3 Métodos estatísticos multivariados.....	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4. CONCLUSÃO.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
APÊNDICES.....	36
ANEXOS.....	38

APRESENTAÇÃO

O conceito de qualidade da água vai muito além da simples caracterização da fórmula molecular H₂O, isso devido a sua capacidade de transportar partículas e de ser um solvente universal, incorporando e diluindo diversos tipos de impurezas, componentes químicos e microbiológicos por onde ela percorre (VON SPERLING, 2005).

A qualidade da água está diretamente relacionada aos fenômenos naturais e também às atividades do homem. Von Sperling (2005) diz que *“a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica”*, ou seja, caso haja alteração na qualidade da água, um estudo deve ser feito em toda a bacia.

Straskraba e Tundisi (2013) denominam de qualidade hídrica o conjunto de características físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas de uma determinada amostra de água. O tipo de uso da água influencia na determinação dos parâmetros ideais de certo corpo hídrico. Esses parâmetros são estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que é responsável pelas diretrizes de enquadramento de corpo hídrico superficial que é feita por classes.

A resolução de número 357 do CONAMA de 2005 dispõe de aproximadamente cem parâmetros com os valores máximos permitidos para cada classe de corpo hídrico, divididos em água doce, água salobra e água salgada. O enquadramento de corpo hídrico torna-se completo devido ao grande número de parâmetros para cada classe, demandando alto investimento em análise.

O Brasil tem uma das maiores biodiversidades do mundo, porém as ações antrópicas levam toda essa diversidade a um estado crítico. Mesmo assim, o país tem se tornado líder mundial em conservação da biodiversidade, devido ao aumento das áreas protegidas (MITTERMEIER, et al. 2005). No ano 2000, foi criada a Lei nº 9.985 denominado Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, sendo um dos modelos de conservação mais sofisticados do mundo, indo além da manutenção da biodiversidade, possibilitando o uso do solo e dos recursos naturais sem prejuízo para o meio ambiente (BRASIL, 2011). O SNUC é composto por conjuntos de unidades de conservação federais, estaduais, municipais e particulares. Há unidades de proteção integral e uso sustentável que varia de acordo com a fragilidade e particularidade ambiental.

A Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) é uma unidade de conservação integral criada a partir do decreto nº 32.576 em 2002, permitindo somente atividades de pesquisa científica e aquelas com finalidades educativas, sendo a categoria mais restritiva das UC segundo o SNUC. Tendo 3.270 ha de extensão, com uma expressiva área alagada, Mata Atlântica remanescente e área agrícola e pastagem (INEA, 2010), correspondendo à apenas 2,91% do território municipal.

Muito conhecida popularmente como “Mata do Carvão” devido ao grande número de fornos de produção de carvão vegetal que havia instalado em seu arredor, é o maior remanescente contínuo de Mata Estacional Semidecidual de todo estado do Rio de Janeiro que também é denominada “mata de tabuleiro” (INEA, 2010).

Nesse contexto relacional é que o presente trabalho se propõe a realizar a caracterização da qualidade da água de sete pontos na bacia do ribeirão Guaxindiba ao qual está inserida a EEEG. As coletas de amostra de água serão realizadas trimestral durante doze meses, onde serão aproveitados os pontos de projetos realizados anteriormente com o propósito comparativo. Dois pontos de coleta então fora da área intangível da EEEG, um a montante do brejo da Cobiça e um a jusante do ribeirão Guaxindiba, ao qual tem como afluentes a microbacia do brejo da Cobiça e do brejo da Floresta. Três serão coletados no brejo da Cobiça, um ponto na lagoa Azul e um ponto na lagoa da Fazenda ao qual fazem parte da microbacia do brejo da Floresta. Estão sendo avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos como temperatura, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. *In loco* serão analisados a temperatura e o oxigênio dissolvido, e as demais análises serão realizadas no LabFoz - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul no Polo de Inovação em Campos dos Goytacazes. As coletas e as análises seguirão as normas descritas no *standard methods for examination of water and wastewater 21th*. Os parâmetros serão comparados com a resolução CONAMA nº 357/2005 e comparados a referências bibliográficas.

Esta dissertação de mestrado é composta por dois artigos, o primeiro de revisão bibliográfica e o segundo de comunicação científica, conforme as normas para defesa de dissertação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

O primeiro artigo intitulado “Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais”, realizou uma extensa revisão da literatura sobre os parâmetros e as metodologias mais utilizados nos últimos cinco anos para caracterização da qualidade da água de recursos hídricos superficiais em território brasileiro.

Neste artigo avaliou-se quantitativamente o número de vezes que cada parâmetro foi analisado segundo os parâmetros descritos na resolução CONANA nº 357/2005 para caracterização da qualidade da água. Nos parâmetros menos e mais avaliados, fazendo um levantamento da importância ou não daquele parâmetro para a análise da qualidade de água.

Para pesquisa dos artigos foram utilizadas as seguintes palavras chave: “qualidade de água”, “análise parâmetro qualidade de água” e “caracterização qualidade de água”. Através dos filtros foram excluídos artigos que continham as palavras: “água subterrânea”, “poços”,

“aquíferos”, “água de bebedouros”. Para as pesquisas utilizou-se a plataforma do Google Scholar® que localizou 1430 artigos. Devido ao grande número de artigos foi realizado um cálculo estatístico que apresentou um valor de aproximadamente 210 artigos que retratará a realidade com confiabilidade de 90% e margem de erro de 5%.

Esse artigo conclui que o número de parâmetros estabelecidos pelo CONANA nº 357/05, demanda alto custo de análise. Os indicadores adotados pela ANA – Agência Nacional de Águas demandam poucos parâmetros, porém nem sempre retratam a real condição do recurso hídrico, caso estejam contaminados por metais pesados, porém são ferramentas bastantes utilizadas para tomadas de decisões e gestão.

O segundo artigo denominado “Análise temporal da qualidade da água na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba no interior do Rio de Janeiro, Brasil”, avaliou e comparou parâmetros de qualidade da água em duas bacias hidrográficas inseridas na EEEG em São Francisco de Itabapoana no interior do Rio de Janeiro.

Foi realizada uma análise estatística para observação de variação significativa entre os anos de 2016 e 2018, e também foi feita uma correção dos parâmetros com os dados de chuva no período. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos como temperatura, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. *In loco* foram analisadas a temperatura e o oxigênio dissolvido, e as demais análises foram realizadas no LabFoz - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul no Polo de Inovação em Campos dos Goytacazes do IFFluminense. As coletas e as análises seguiram as normas descritas no *standard methods for examination of water and wastewater 21th*

Este artigo concluiu que estatisticamente não houve alteração significativa em cinco parâmetros, porém foram observadas alterações significativa em outros quatro parâmetros, também foram observados valores extremos em pontos degradados acima do máximo permitido pela resolução CONANA nº 357. O ponto mais degradado é o P5, referente à Lagoa Azul na localidade de Buena. À EEEG direta e indiretamente ainda recebe muitas influências das atividades em seu entorno, porém entre os dois anos analisados não houve nenhuma alteração significativa na região o que explica os dados estatísticos.

ARTIGO CIENTÍFICO¹**QUALIDADE DA ÁGUA: PARÂMETROS E MÉTODOS MAIS UTILIZADOS PARA ANÁLISE DE ÁGUA DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS****WATER QUALITY: PARAMETERS AND METHODS USED FOR WATER ANALYSIS OF SURFACE WATER RESOURCES**

Adolfo de Souza Ramos¹; Vicente de Paulo Santos de Oliveira¹; Thiago Moreira de Rezende Araújo¹.

¹Instituto Federal Fluminense (IFF), Campos dos Goytacazes, RJ. E-mails: (adolfosramos@gmail.com, vsantos@iff.edu.br, thiago_uenf@yahoo.com.br)

Artigo recebido em: 12/10/2018 e aceito para publicação em: 05/06/2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v19i2.12315>

Resumo: A preocupação com mensuração da qualidade da água tem adquirido cada vez mais destaque em âmbito mundial, face à crescente demanda de água para fins de abastecimento e uso agrícola, bem como a progressiva perda de potabilidade dos recursos hídricos disponíveis. A definição da qualidade da água é dependente do uso pretendido, pois devem ser considerados parâmetros físico, químicos e biológicos distintos para cada caso. O CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente classificou os corpos hídricos em nove classes, conforme o valor máximo permitido de determinados parâmetros e o tipo de uso das águas (denominada com enquadramento), sendo um importante critério no gerenciamento dos recursos hídricos. Foi objetivo do presente trabalho realizar uma revisão bibliográfica de artigos científicos referentes à análise da qualidade de águas superficiais, publicados nos últimos cinco anos (2014 a 2018) em diferentes regiões do Brasil. Enfoque foi dado na verificação dos métodos empregados e os parâmetros mais comumente avaliados na caracterização da qualidade da água. Para pesquisa dos trabalhos consultados foram pesquisadas as seguintes palavras chave: "análise qualidade de água", "análise parâmetro qualidade de água", "caracterização qualidade de água". A tabulação dos dados originou gráficos de percentual de parâmetros analisados conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. O cálculo do IQA apareceu em 25,5% dos artigos. O número de parâmetros estabelecidos pelo CONAMA nº 357/05, demanda grande investimento. Os indicadores adotados pela ANA – Agência Nacional de Águas demandam poucos parâmetros para análise, porém nem sempre retratam a real condição do recurso hídrico, caso estejam contaminados por metais pesados, porém são ferramentas bastantes utilizadas para tomadas de decisões e gestão.

Palavras-chave: CONAMA. Índice de Qualidade das Águas. Recursos hídricos superficiais.

Abstract: Concern about measuring water quality has become increasingly global, given the increasing demand for water for agricultural supply and use, as well as the progressive loss of potability of available water resources. The definition of water quality is depending on the intended use, since different physical, chemical and biological parameters must be considered for each case. CONAMA - National Environment Council classified the water bodies into nine classes, according to the maximum allowed value of certain parameters and the type of water use (called with the framework), being an important criterion in the management of water resources. It was the objective of the present work to carry out a bibliographical review of scientific articles referring to the analysis of surface water quality published in the last five years (2014 to 2018) in different regions of Brazil. Approach was given in the verification of the methods employed and the parameters most commonly evaluated in the characterization of water quality. The following keywords were searched for: "water quality analysis", "water quality parameter analysis", "water quality characterization". The data tabulation generated graphs of

¹Formato original publicado no prelo.

percentage of parameters analyzed according to CONAMA resolution nº 357/2005. The IQA calculation appeared in 25.5% of the articles. The number of parameters established by CONANA nº 357/05, demands great investment. The indicators adopted by the National Water Agency (ANA) require few parameters for analysis, but they do not always portray the real condition of the water resource if they are contaminated by heavy metals, but they are quite a tool used for decision making and management.

Palavras-chave: CONAMA. Water Quality Index. Surface water resources.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos passaram por alterações na qualidade de suas águas ao longo dos anos que comprometeram diretamente a manutenção dos seus múltiplos usos (ARRUDA, RIZZI e MIRANDA, 2015) porém, somente durante as últimas três décadas a preocupação com a qualidade da água foi extremamente sentida, de modo que, até agora, a qualidade adquiriu tanta importância quanto a quantidade de água. (ABBASI, 2012). Nesse sentido, a principal maneira para a constatação de alteração na qualidade da água, é o monitoramento contínuo *in situ* de determinados corpos hídricos. (OLIVEIRA, 2016; LIMA e SANTOS, 2016; SANTOS, 2018), incluindo as análises das mudanças climáticas como chuvas atípicas, secas severas e prolongadas e inundações que alteram a qualidade e a escassez da água (WHO, 2017; BRASIL, 2014).

A expansão urbanista juntamente com o adensamento populacional (SILVA, *et al.* 2017), a crescente industrialização e o crescimento populacional exigindo grandes áreas de cultivo de alimentos juntamente com a utilização de defensivos agrícolas e também da pecuária, têm se tornado grandes vilões ao meio ambiente, principalmente os recursos hídricos, sem contar a demanda cada vez maior de água. (BUCCI, 2015; SANTOS, *et al.* 2018; OLIVEIRA, 2016).

A intensificação das atividades antrópicas em uma bacia hidrográfica promove diversas possibilidades de contaminação, poluição e alterações na qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Essas atividades têm perturbado a dinâmica natural de reciclagem da água, empobrecendo muitos ecossistemas, e em alguns casos, sendo totalmente destruídos (BUCCI, 2015).

As águas superficiais doces, salobras e salinas são classificadas, de acordo com a resolução CONANA nº 357 de 17 de março de 2005, segundo a qualidade requerida para usos distintos, e são divididas em treze classes de qualidade.

Para cada um dos usos e classes de qualidade foram estabelecidos condições e padrões por meio de variáveis descritivas e quantitativas (CETESB, 2018), tais como materiais flutuantes não naturais, óleo e graxa, substâncias que propiciam gosto ou odor, corantes

provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos e; pH, DBO, OD, substâncias orgânicas, metais totais e dissolvidos, densidade de cianobactérias, teor de clorofila, entre outras (BRASIL, 2005) onde existem faixas de concentração permitidas. O limite máximo permissível das variáveis para cada classe de água é denominado de padrão de qualidade. (CETESB, 2018).

O termo qualidade da água não se restringe a determinação de certo grau de pureza da água, mas de suas características desejáveis para os diferentes usos. Essas características (físicas, químicas e biológicas) podem ser alteradas por poluentes de diversas origens sendo que a sobrecarga pode comprometer a disponibilidade e a qualidade da água para a população humana (SILVA, 2015; OLIVEIRA, 2016).

Segundo a Organização Mundial de Saúde - WHO (2017) a influência do uso da terra na qualidade da água deve ser levada em consideração na gestão dos recursos hídricos, principalmente com relação à modificação da cobertura da terra, atividades de extração, aplicação de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e outros produtos químicos, desenvolvimento residencial urbano ou rural e com particular atenção para o descarte de excrementos, saneamento, aterro e disposição de resíduos (SILVA, 2015).

Cada atividade antrópica impacta os recursos hídricos de formas específicas onde pode-se destacar principalmente os impactos gerados pelo esgoto doméstico que apresentam matéria orgânica biodegradável, microrganismos, nutrientes, fósforo, óleo, graxa, detergentes, metais, etc.; os depósitos de lixo que podem alcançar concentrações até 100 vezes maiores que do esgoto doméstico derivado da decomposição do lixo; e também podem ser observados grandes impactos derivados da mineração, principalmente através de metais pesados como mercúrio e arsênio (SILVA, 2015).

Os agrotóxicos, também denominados pesticidas, defensivos agrícolas ou agroquímicos (SOARES, FARIA e ROSA, 2017) é uma grande preocupação devido ao crescimento considerável dos seus usos nos últimos anos. Segundo, Pignati, Oliveira e Silva (2014) foram pulverizados cerca de cerca de 1,05 bilhões de litros de herbicidas, inseticidas e fungicidas nas lavouras brasileiras, e essas aplicações tendem a se deslocar principalmente para as águas superficiais e subterrâneas, como também para a atmosfera (GOMES, 2014).

O objetivo do presente trabalho foi apresenta o estado da arte da avaliação da qualidade da água de recursos hídricos superficiais do território brasileiro nos últimos cinco anos apresentando quantitativamente os principais e o número de vezes que cada parâmetro foi analisado baseando-se nos parâmetros descritos na resolução CONAMA nº 357/2005.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo teve como base a metodologia descritiva, com o emprego de pesquisa bibliográfica em artigos científicos publicados nos últimos cinco anos (2014 a 2018). Foram investigadas as metodologias mais utilizadas para a caracterização da qualidade de água e os parâmetros mais analisados nos corpos hídricos superficiais nas diferentes regiões brasileiras. Para pesquisa dos artigos foram utilizadas as seguintes palavras chave: “qualidade de água”, “análise parâmetro qualidade de água” e “caracterização qualidade de água”. Através dos filtros foram excluídos artigos que continham as palavras: “água subterrânea”, “poços”, “aquíferos”, “água de bebedouros”. Para as pesquisas utilizou-se a plataforma do Google Scholar[®] que localizou 1430 artigos. Devido ao grande número de artigos foi realizado um cálculo estatístico que apresentou um valor de aproximadamente 210 artigos que retratará a realidade com confiabilidade de 90% e margem de erro de 5%. Para a localização dos parâmetros e das metodologias foram analisadas a seção “Materiais e Métodos” de cada artigo onde os dados foram organizados conforme apresentado na Tabela 1, cuja tabulação originou gráficos de percentual de parâmetros baseando-se na resolução CONAMA nº 357/2005. Para a elaboração das figuras 1 a 5 foi utilizado o Microsoft Excel[®].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, parâmetros inorgânicos e parâmetros orgânicos descritos na resolução CONAMA nº357/2005 e aqueles que foram avaliados por artigo científico consultado são apresentados no Tabela 1.

Tabela 1 – Número de parâmetros avaliados para caracterização da qualidade da água entre os anos de 2014 e 2018 de recursos hídricos superficiais nacional (Continua)

Parâmetros	Número de vezes analisados	Percentual (%)
<i>Físico-Químicos e Microbiológicos</i>		
OD - Oxigênio Dissolvido	171	81,43
pH - Potencial Hidrogênionico	202	96,19
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio	123	58,57
DQO - Demanda Química de Oxigênio	27	12,86
Temperatura	140	66,67
Condutividade Elétrica	119	56,67

Tabela 1 – Número de parâmetros avaliados para caracterização da qualidade da água entre os anos de 2014 e 2018 de recursos hídricos superficiais nacional (Conclusão)

Turbidez	160	76,19
Coliformes Termotolerantes	122	58,10
Coliformes Totais	59	28,10
Sólidos Totais Dissolvidos	116	55,24
Clorofila	22	10,48
Cor	46	21,90
Cianobactérias	2	0,95
Parâmetros Inorgânicos		
Alumínio	13	6,19
Antimônio	0	0,00
Arsênio	5	2,38
Bário	4	1,90
Berílio	0	0,00
Boro	1	0,48
Cádmio	13	6,19
Chumbo	11	5,24
Cianeto	2	0,95
Cloreto	47	22,38
Clorofila	18	8,57
Cobalto	3	1,43
Cobre	12	5,71
Cromo	11	5,24
Ferro	40	19,05
Fluoreto	8	3,81
Fósforo	114	54,29
Lítio	0	0,00
Manganês	16	7,62
Mercúrio	3	1,43
Níquel	9	4,29
Nitrato	82	39,05
Nitrito	46	21,90
Nitrogênio	92	43,81
Prata	0	0,00
Selênio	1	0,48
Sulfato	22	10,48
Sulfeto	3	1,43
Urânio	0	0,00
Vanádio	1	0,48
Zinco	16	7,62

A figura 1 apresenta, de forma detalhada, o percentual de análises realizadas, demonstrando poucas avaliações da Demanda Química de Oxigênio – DQO, cianobactérias, cor e clorofila. Os parâmetros de OD, DBO, temperatura, nitrogênio, fósforo, coliformes termotolerantes, pH, turbidez e sólidos totais são os mais avaliados, relativamente, os mesmos fazem parte dos nove parâmetros para o cálculo do IQA – Índice de Qualidade das Águas.

O parâmetro menos avaliado nos últimos cinco anos foi a cianobactérias, aparecendo em apenas 1% (tabela 1 e figura 1). A resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe do valor máximo permitido (VMP) que varia de 2,0 a 10 mm³.L⁻¹ para recurso hídrico de água doce dependendo do uso desse recurso hídrico. Segundo o Ministério da Saúde, dentre os aproximadamente 150 gêneros presentes na maioria dos ecossistemas do nosso planeta, 40 estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina (BRASIL, 2015).

Para a análise de cianotoxinas as melhores alternativas são a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC/CLAE) e os testes imunoenzimáticos – ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay). Mesmo apresentando elevado custo para obtenção do equipamento, o custo analítico da HPLC/CLAE, quando comparado ao ELISA, é menor (BRASIL, 2015; RAMOS, *et al.*, 2014; DINIZ, 2016). As análises de cianotoxinas são laborosas e apresentam elevado custo analítico, podendo ser um dos principais fatores para as poucas avaliações nos últimos cinco anos. Outro fator importante é que a análise desse parâmetro é obrigatória somente para água de abastecimento humano pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2015) o que não foi o objetivo deste trabalho.

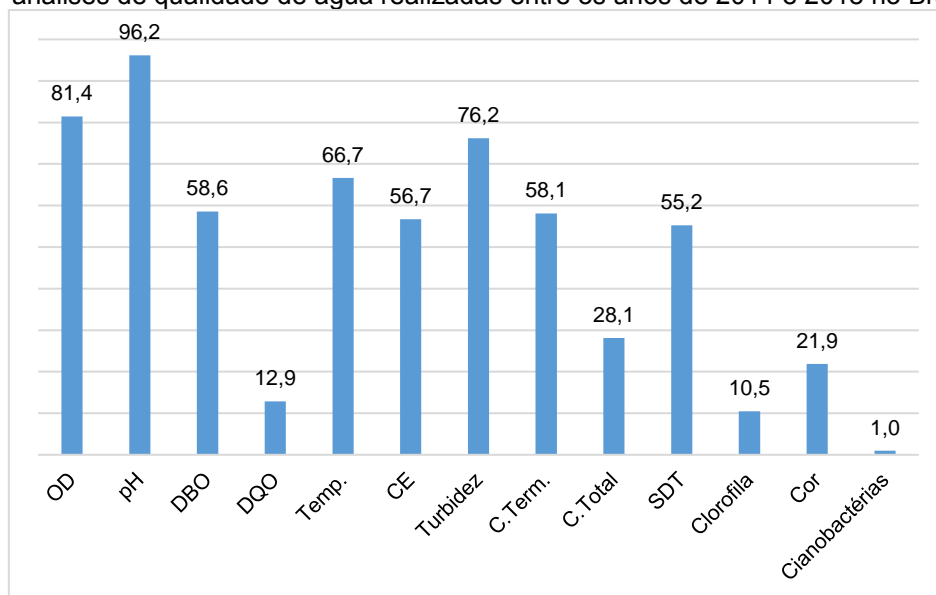
O pH foi o parâmetro mais avaliado nos últimos cinco anos, aparecendo em 96,2% dos artigos científicos como pode ser observado na figura 1. Segundo a *World Health Organization* – WHO (2017) o pH é um dos mais importantes parâmetros operacionais de qualidade da água. A Agência Nacional de Água – ANA afirma que este parâmetro afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9 (BRASIL, 2005). Alterações nos valores de pH da água pode aumentar a solubilidade de substâncias químicas que podem ser tóxicas aos organismos aquáticos. (BRASIL, 2014).

Vários processos são influenciados pelo pH, podendo destacar a desinfecção por cloro que preferencialmente necessita de valor inferior a 8 e valores muito abaixo a 7 pode ser corrosiva afetando diretamente as tubulações de distribuição, podendo influenciar até mesmo no revestimento de cimento na construção civil (WHO, 2017). O pH influencia diretamente na dissolução de metais pesados na água o que dificulta a recuperação de

diferentes metais-traço (VERMA *et al.*, 2018). Efeitos significativos também foram observados por Qian *et al.* (2019) no processo de desnitrificação em sistema de tratamento de esgoto onde o pH mais alcalino aumenta o acúmulo de nitrato e nitrito no sistema.

As análises de parâmetros inorgânicos também apresentam boa frequência em determinados parâmetros no período em estudo. A figura 2 demonstra um percentual maior de análise para os parâmetros fósforo (P), nitrogênio (N) e nitrato. O nitrato é resultado da decomposição do nitrogênio orgânico por microrganismos heterotróficos, e indica uma poluição relativamente recente (MARTINS, 2018). O uso de fertilizantes em terras agrícolas é considerado como uma das fontes mais comuns de poluição ambiental por nitrogênio e fósforo o que pode acarretar grandes impactos ao meio ambiente e à saúde humana. (DAMBENIECE-MIGLINIECE *et al.*, 2018; KANTER e BROWNLIE, 2019).

Figura 1 – Percentual de parâmetros físico-químico e microbiológicos investigados nas análises de qualidade de água realizadas entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.



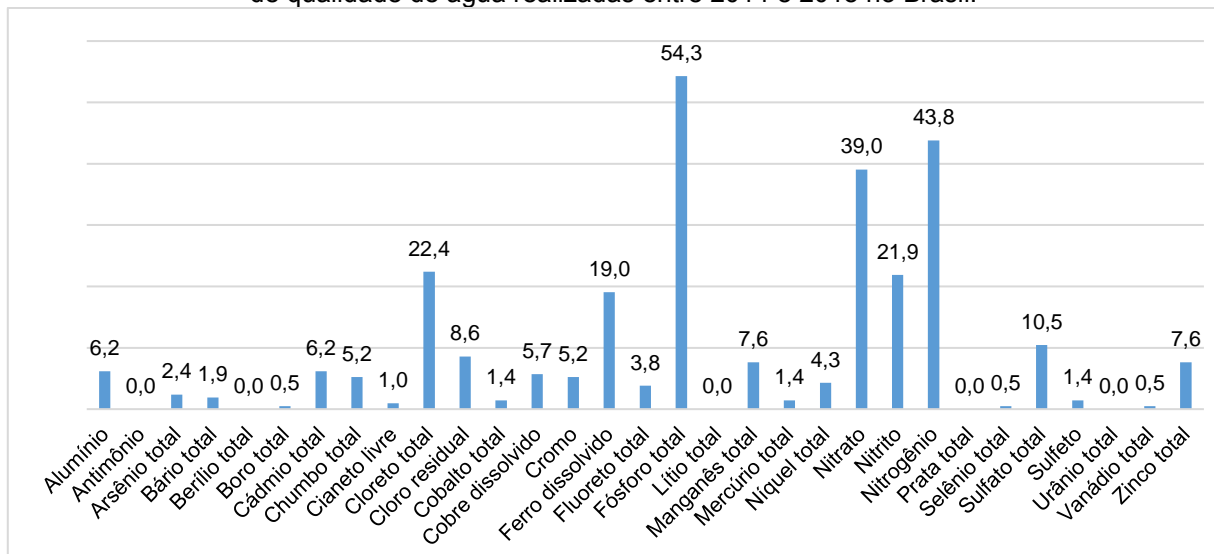
OD = Oxigênio dissolvido; **pH** = Potencial Hidrogênionico; **DBO** = demanda bioquímica de oxigênio; **DQO** = demanda química de oxigênio; **Temp.** = Temperatura; **CE** = Condutividade Elétrica; **Turb.** = Turbidez; **C.Term.** = Coliformes termotolerantes; **C.Total** = Coliformes total; **SDT** = sólidos dissolvidos totais; **Cianob.** = Cianobactéria.

A agricultura é a fonte dominante de poluição por nutrientes, já que o manejo ineficiente de esterco e fertilizante sintético leva a perdas significativas de nitrogênio e fósforo. Quimicamente, na natureza a forma “reativa” do N (qualquer forma diferente de N₂) pode converter-se em múltiplas formas químicas que podem causar grandes impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Já a química de P limita-se principalmente a meios aquosos. Concentrações elevadas de P nos corpos de água podem estimular o crescimento

excessivo de algas, levando à eutrofização (KANTER e BROWNLIE, 2019).

Alguns parâmetros não foram analisados no período estudo onde podemos destacar: antimônio, berílio total, lítio total, prata total e urânio. O elemento boro, cianeto, selênio e vanádio foram pouco avaliados, apresentando frequência de apenas 0,5% em cinco anos. O alto custo analítico e para obtenção de equipamentos, pode ser um fator importante para as poucas análises destes parâmetros.

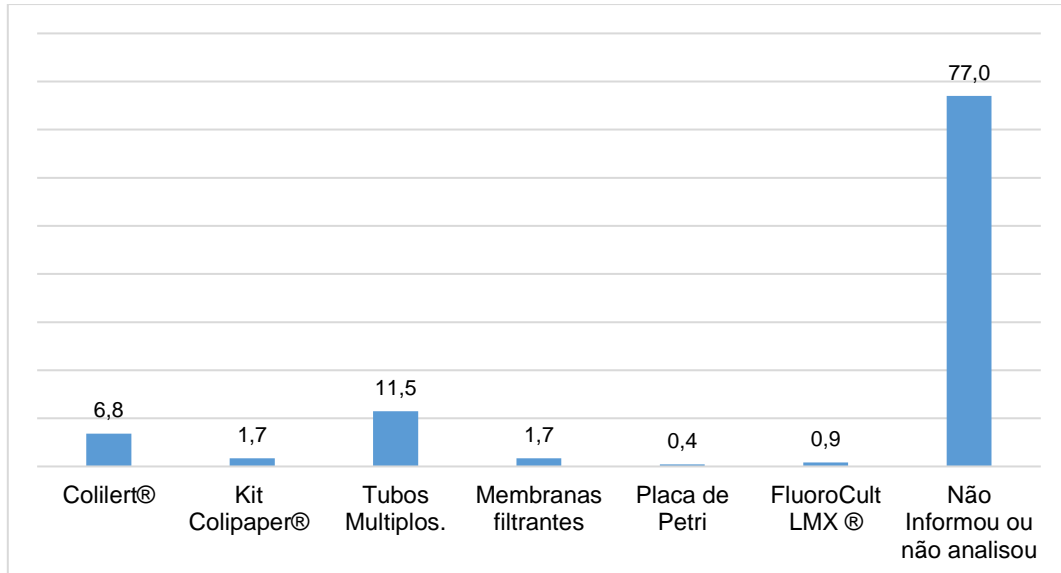
Figura 2- Percentual de parâmetros inorgânicos investigados nas análises de qualidade de água realizadas entre 2014 e 2018 no Brasil.



Com relação às análises microbiológicas, os métodos convencionais frequentemente usados para enumeração de coliformes são a Técnica de Múltiplos Tubos (TM) e Técnica de Membrana Filtrante (MF), sendo hoje o método de Substrato Cromogênico-Fluorogênico o mais comum (BRASIL, 2013). Porém o TM exige uma grande quantidade de meio de cultura e vidraria, sendo um método laborioso. O MF é uma metodologia com extensa utilização, sendo rápido e preciso para isolamento e identificação de colônias de bactérias (FRANÇA e OLIVEIRA, 2015). Baseia-se na filtração de um dado volume de amostra ou da amostra diluída através de uma membrana filtrante de porosidade adequada para reter as bactérias em análise (SILVA, *et al.* 2018). O MF não é muito eficaz para a caracterização de coliformes quando a turbidez da água está muito alta, ao qual dificulta o processo de filtragem. Outros métodos vêm surgindo ao decorrer dos tempos, onde se destacam os métodos rápidos, diminuindo o tempo necessário para se obter os resultados, simplificando o trabalho, custo e tempo (GREGHI, 2005). Através da Figura 3, pode-se observar que a Técnica de Múltiplos Tubos ainda é utilizada nas análises microbiológicas da água, mesmo com os métodos mais

rápidos e práticos, onde pode-se destacar o Colilert® que foi utilizado em 6,8% das análises. As análises microbiológicas têm papel fundamental na caracterização da qualidade da água.

Figura 3 – Percentual dos métodos utilizados para análise microbiológica realizadas entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil.



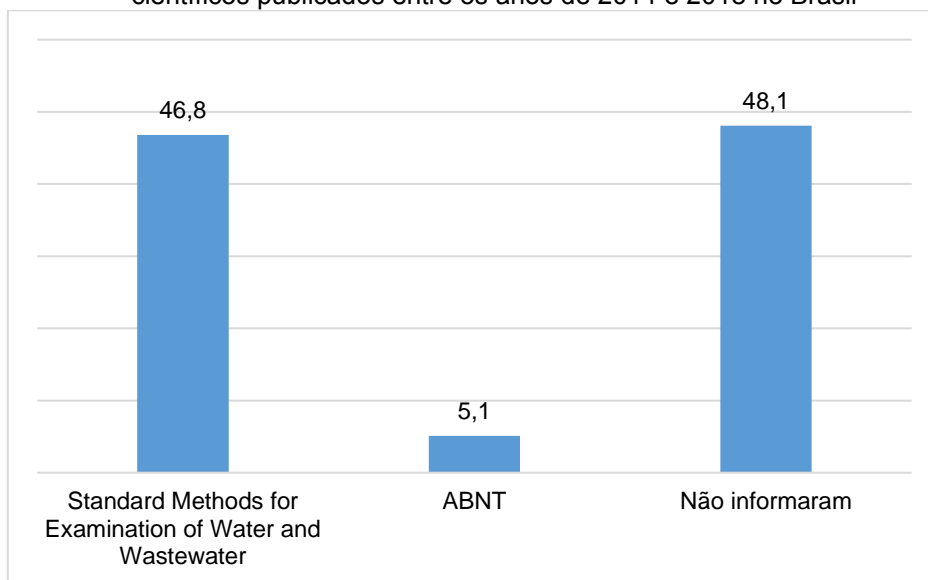
Antes de qualquer análise ou coleta de amostra de água, a metodologia que será utilizada é de fundamental importância para confiabilidade dos resultados, além de ser vital para a solução de um problema analítico. No Brasil, as metodologias mais utilizadas atendem especificamente às normas do *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater*, das normas publicadas pela *International Standardization Organization (ISO)* e as descritas na NBR 9898 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Nesse sentido, a figura 4 demonstra que entre os anos de 2014 e 2018 a metodologia mais utilizada foram as descritas no *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater* tendo uma frequência de 46,8%. Já a ABNT ocorreu em apenas 5,1% e aproximadamente 48% dos artigos não disponibilizaram as metodologias utilizadas.

O IQA – Índice de Qualidade das Águas foi adaptado e desenvolvido pelo CETESB a partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, ao qual é um indicador da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, 2017). Foi a partir do IQA, que os índices passaram a ser vistos como ferramentas importantes para redução da poluição ambiental e informação pública (VERÍSSIMO e FERREIRA, 2013). O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, onde valores próximos a zero (pior qualidade) a 100 (melhor qualidade), que também

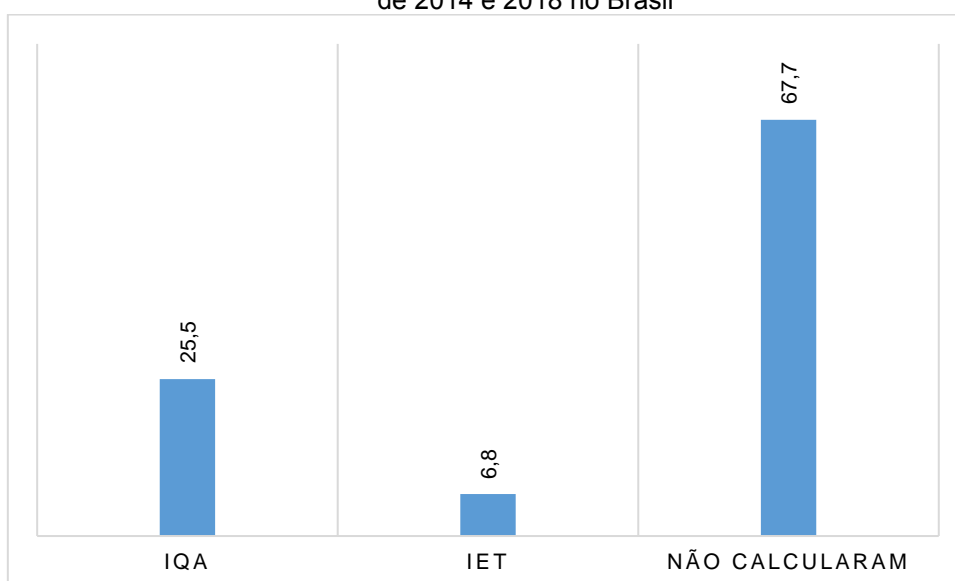
são dispostos em categorias, que variam com os Estados brasileiros, e podem ser representados por cores, o que facilita a assimilação dos resultados (FERREIRA, *et al.*, 2015; CETESB, 2017; VERÍSSIMO e FERREIRA, 2013).

Figura 4 – Percentual dos métodos utilizados para coleta de amostra de água em artigos científicos publicados entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil



Dos artigos públicos nos últimos cinco anos (figura 5), 25,5% utilizaram o cálculo de IQA para avaliar a qualidade da água superficial, 6,8% utilizaram o cálculo do IET e outros 67,7% não realizaram.

Figura 5 – Percentual de artigos científicos que calcularam o IQA e IET entre os anos de 2014 e 2018 no Brasil



IQA: Índice de Qualidade de Água; IET: Índice de Estado Trófico

Além do IQA a ANA disponibiliza em sua plataforma digital outros indicadores de qualidade totalizando sete índices para diferentes aplicabilidades: IAP - Índice de Qualidade da Água Bruta; IET – Índice de Estado Trófico; Índice de Contaminação por Tóxicos; IB – Índice de Balneabilidade; IVA - índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática; e o IQAR - Índice de Qualidade de Água em Reservatórios.

4 CONCLUSÃO

A partir dos dados e tabelas analisados, é possível inferir que a análise da qualidade de água é de extrema importância para uma boa gestão dos recursos hídricos devido ao aumento das grandes cidades do uso de agrotóxico e fertilizantes na agricultura, mineração etc. Observou-se que não há uma padronização referente ao número mínimo de parâmetros analisados para a caracterização da qualidade da água de recursos hídricos superficiais, ao qual está disposto no CONAMA nº 357/05 mais de cem parâmetros para enquadramento referente a cada classe de uso.

Os parâmetros que apresentaram poucas ou nenhuma avaliação como o DQO, clorofila, cianobactérias, antimônio, berílio, lítio, prata e urânio pode ser observado devido aos seus altos custos para obtenção de equipamentos, alto custo analítico e também a falta de metodologias e mão de obra qualificada.

O IQA vem sendo muito utilizado nas análises de água por ser um dos indicadores de qualidade da ANA – Agencia Nacional de Águas, porém o índice é falho quanto à caracterização de poluentes industriais e por agrotóxicos. Pode-se destacar que os parâmetros mais analisados conseqüentemente estão inseridos no IQA, como: pH, OD, coliformes termotolerantes, DBO_{5,20}, temperatura, nitrogênio, fósforo, turbidez e sólidos totais dissolvidos.

A metodologia *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater* foi a mais utilizada nos últimos anos conforme demonstrado na figura 4. Devido ao grande número de parâmetros para enquadramento dos corpos hídricos segundo a resolução CONAMA nº 357/05, é grande o investimento de análise, o IQA, por sua vez, demanda apenas nove parâmetros para a caracterização da qualidade da água, porém é limitado quanto à indicação de contaminação industrial e comercial. Por causa da variação do número de parâmetros analisados, o CONAMA deveria padronizar as análises, estabelecendo um número mínimo de parâmetros ou deve-se utilizar indicadores mais eficientes para uma real demonstração dos impactos aos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, S.A. **Water Quality Indices**, Elsevier B.V. p.353-356, 2012.
- ARRUDA, N.M.B.; RIZZI, N.E.; MIRANDA, T.L.G. **Análise multivariada na avaliação da qualidade de água do reservatório de foz do Areia, Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 37, p. 26-37. 2015.
- BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água**. 4. ed. – Brasília, 150 p, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Cianobactérias/cianotoxinas: procedimentos de coleta, preservação e análise**. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília, 2014.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, DF, 2005.
- BUCCI, H.S. *et al.* **Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG**. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 10, n. 4, Taubaté, 2015.
- CETESB. **Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2017.
- CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017**. São Paulo, 2018.
- DAMBENIECE-MIGLINIECE, L.; VEINBERG, A.; LAGZDINS, A. **The impacts of agricultural land use on nitrogen and phosphorus loads in the Mellupite catchment**. Energy Procedia, Elsevier ed. 147. p. 189–194. 2018.
- DINIZ, C.M. **Avaliação de métodos de detecção de genótipos de cianobactérias produtoras de cianotoxinas em amostras ambientais**. Dissertação de Mestrado em Biologia Molecular e Microbiana. Universidade do Algarve Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2016.
- FERREIRA, K.C.D. *et al.* **Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro**. Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 2, p. 277-286, Fortaleza, 2015.
- FRANÇA, A.T.; OLIVEIRA, R.V. **Análise microbiológica da água da seringa tríplice**. Revista UNINGÁ Review. Vol.24,n.2,pp.11-14. 2015)
- GOMES, M.A.F. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011** Embrapa Meio Ambiente, Documento 98, Jaguariúna, 2014.
- GRECHI, S.Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de**

coliforme totais e coliforme fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos. Dissertação Pós Graduação em Alimentos e Nutrição- Área de Ciências dos Alimentos para obtenção do Grau de Mestre, Araraquara, 2005.

KANTER, D.R.; BROWNLIE, W.J. **Joint nitrogen and phosphorus management for sustainable development and climate goals.** Environmental Science and Policy, Elsevier, Ed. 92, p. 1-8. 2019

LIMA, S.C.A.; SANTOS, C.A.B. **Educação e saúde pública: Determinação de cloro e *Escherichia coli*, na água utilizada para consumo no IFPE, campus Afogados da Ingazeira.** Revista Ouricuri, Paulo Afonso, Bahia, v.6, n.2, p. 029-041. 2016.

MARTINS, A.S. **Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na concentração de sólidos totais, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total do esgoto doméstico.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Uberlândia Faculdade De Engenharia Civil. Uberlândia, 2018.

OLIVEIRA, C.M. **Avaliação dos Impactos Ambientais e Qualidade de Águas Superficiais na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro - RJ.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

[PIGNATI, W.](#); [OLIVEIRA, N. P.](#); [SILVA, A. M. C.](#) **Vigilância aos agrotóxicos: quantificação do uso e previsão de impactos na saúde-trabalho-ambiente para os municípios brasileiros.** Ciênc. saúde coletiva [online]. vol.19, n.12, pp.4669-4678. 2014.

QIAN, W. *et al.* **Long-term effect of pH on denitrification: High pH benefits achieving partial-denitrification.** Bioresource Technology 278, p.444-449, 2019.

RAMOS, C.P.S.; *et al.* **Estudo da presença da toxina microcistina na água de reservatório de Mundaú (Garanhuns-PE) pelas metodologias ELISA e CLAE.** Revista Instituto Adolfo Lutz. p. 169-177, São Paulo, 2014.

SANTOS, L.F. **Avaliação da qualidade ambiental da baía do Guajará em Belém-PA.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2018.

SANTOS, R.C.L.; *et al.* **Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe.** Eng Sanit Ambient., v.23 n.1, 2018.

SILVA, L.P. **Hidrologia, Engenharia e Meio Ambiente.** Elsevier. ed.1, Rio de Janeiro, 2015.

SILVA, M.A.; *et al.* **Reflexos do uso da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do córrego Taboão, Guarulhos (SP).** Revista UNG – Geociências, Guarulhos-SP, v. 16, n. 1, p. 69-86, 2017.

SILVA, T.T.; *et al.* **Monitoramento da Qualidade da Água da Foz do Rio Santa Maria da Vitória e da Baía de Vitória – ES, Por Meio de Estudos Sistemáticos de Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos.** Rev. Virtual Quim. V. 10, N. 5. 2018.

SOARES, D.F.; FARIA, A.M.; ROSA, A.H. **Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.22, n.2, p.277-284, 2017.

VERÍSSIMO, F.A.R.; FERREIRA, M.I.P. **Aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) para caracterização do baixo curso do Rio São João.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 7 n. 2, p. 181-197, Campos dos Goytacazes, 2013.

VERMA, S. *et al.* **Dependence of precipitation of trace elements on pH in standard water.** Nuclear Inst, and Methods in Physics Research B 420, p. 18–22, 2018.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality.** ed. 40. 2017.

ARTIGO CIENTÍFICO 2¹

ANÁLISE TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ESTADUAL DE GUAXINDIBA NO INTERIOR DO RIO DE JANEIRO, BRASIL.

TEMPORAL ANALYSIS OF WATER QUALITY AT THE GUAXINDIBA STATE ECOLOGICAL STATION IN THE INTERIOR OF RIO DE JANEIRO, BRAZIL.

Adolfo de Souza Ramos - IFFluminense/PPEA

Thiago Moreira de Rezende Araújo – IFFluminense/PPEA

Vicente de Paulo Oliveira dos Santos – IFFluminense/PPEA

RESUMO

O uso e a ocupação do solo são fatores que podem contribuir na variação dos parâmetros da qualidade da água, afetando diretamente a biota, podendo levar a extinção de algumas espécies, caso as concentrações dos poluentes excedam os limites suportado por aquele ecossistema. As unidades de conservação são espaços naturais protegidos que apresentam importante relevância natural e social cuja finalidade é a manutenção do ecossistema e a preservação de espécies ameaçados. Este trabalho analisou e comparou parâmetros de qualidade da água em duas microbacias nos anos de 2016 e 2018 ao qual está inserida a EEEG - Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba por análises estatísticas. A EEEG é uma unidade de conservação de proteção integral localizada no município de São Francisco de Itabapoana, interior do Rio de Janeiro. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos como temperatura, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes. *In loco* foram analisadas a temperatura e o oxigênio dissolvido, e as demais análises foram realizadas no LabFoz - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul no Polo de Inovação em Campos dos Goytacazes do IFFluminense. As coletas e as análises seguiram as normas descritas no *standard methods for examination of water and wastewater 21th*. Estatisticamente houve alteração significativa na qualidade da água na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) em cinco parâmetros, excetuando os valores observados proveniente das sazonalidades. O ponto mais degradado é o P5, referente à Lagoa Azul na localidade de Buena. À EEEG direta e indiretamente ainda recebe

muitas influências das atividades em seu entorno, porém entre os dois anos analisados não houve nenhuma alteração significativa na região o que explica os dados estatísticos.

Palavras chave: EEEG; análise água; unidade de conservação.

ABSTRACT

Land use and occupation are factors that may contribute to the variation of water quality parameters, directly affecting the biota, and may lead to the extinction of some species, if the pollutant concentrations exceed the limits supported by that ecosystem. Conservation units are protected natural spaces that have important natural and social relevance whose purpose is the maintenance of the ecosystem and the preservation of threatened species. This study analyzed and compared water quality parameters in two watersheds in 2016 and 2018 to which the EEEG - Guaxindiba State Ecological Station is inserted by statistical analysis. EEEG is an integral protection conservation unit located in the municipality of São Francisco de Itabapoana, in the interior of Rio de Janeiro. Physicochemical and microbiological parameters such as temperature, total dissolved solids, dissolved oxygen, pH, turbidity, biochemical oxygen demand, electrical conductivity, total and thermotolerant coliforms were evaluated. On-site temperature and dissolved oxygen were analyzed, and the other analyzes were performed at LabFoz - Paraíba do Sul River Mouth Water Monitoring Laboratory at the IFFluminense Innovation Camp in Campos dos Goytacazes. The collections and analyzes followed the standards described in the standard methods for examination of water and wastewater 21th. Statistically there was a significant change in water quality at the Guaxindiba State Ecological Station (EEEG) in five parameters, except the values observed from seasonality. The most degraded point is P5, referring to the Blue Lagoon in Buena. Direct and indirect EEEG still receives many influences from the activities in its surroundings, but between the two years analyzed there was no significant change in the region, which explains the statistical data.

Keywords: EEEG; water analysis; conservation unit.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a falta de planejamento territorial das ações humanas e a sobre-exploração dos recursos hídricos têm causado a poluição, contaminação e o exaurimento destes recursos vitais (GUERREIRO, *et al.* 2018). É ressaltada ainda a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo com os mais diversos usos (SANTOS e MONTEIRO, 2018). Na escala de bacia hidrográfica, essas alterações podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas superficiais (FERRÃO, TORMAM e GUEDES, 2017).

A resolução CONAMA nº 357/2005 enquadra os corpos de água em classes, sendo cada classe referente aos seus respectivos usos, e inclui como Classe Especial os ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral (BRASIL, 2005). Por isso, pela legislação são garantidos os usos adequados dos recursos hídricos de acordo com a sua classificação num ambiente ecologicamente equilibrado que promova a qualidade de vida (SANTOS e MONTEIRO, 2018).

A criação de Unidades de Conservação (UCs) é uma importante estratégia para assegurar a conservação dos recursos naturais e a proteção da biodiversidade, porém, muitas vezes é gerado conflitos com as comunidades do entorno, pequenos produtores rurais e agricultores com o órgão gestor (SCALCO e GONTIJO, 2017). Assim como outras UCs no Brasil, a EEEG – Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba também sofre com esses conflitos principalmente na comunidade de Carrapato que está a poucos metros da EEEG.

Um dos grandes contribuidores da poluição do solo e das águas é o desenvolvimento da agricultura. Os fertilizantes sintéticos e agrotóxicos são utilizados nas lavouras com intuito de atender a grande demanda por alimentos devido ao crescimento populacional, mas intoxicam e matam diversos seres vivos, destruindo ecossistemas. A produção e o uso de adubos sintéticos, que geralmente apresentam substâncias que podem contaminar o solo, vem se intensificando progressivamente (SANTOS e OLIVEIRA, 2015). Na bacia do brejo da Floresta o maior impacto é provavelmente devido ao plantio de cana-de-açúcar principalmente pelo uso de herbicidas nos aceiros e adubos que são carregados pela água da chuva.

O uso da terra deve ser levado em consideração na análise da qualidade da água e para uma melhor gestão dos recursos hídricos, principalmente com relação à modificação da cobertura da terra, atividades de extração, aplicação de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e outros produtos químicos, desenvolvimento residencial urbano ou rural e com particular atenção para o descarte de excrementos, saneamento, aterro e disposição de resíduos (WHO, 2017; SILVA, 2015). Silva, 2015 ainda descreve que cada atividade antrópica impacta os recursos hídricos de formas específicas onde o monitoramento

é fundamental para ações mitigadoras. Os agrotóxicos, também denominados pesticidas, defensivos agrícolas ou agroquímicos (SOARES, FARIA e ROSA, 2017) é uma grande preocupação devido ao crescimento considerável dos seus usos nos últimos anos e a aplicações destes produtos tendem a se deslocar principalmente para as águas superficiais e subterrâneas, como também para a atmosfera (GOMES, 2014).

Este trabalho tem como objetivo a caracterização da qualidade da água dos recursos hídricos da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) no município de São Francisco de Itabapoana, interior do Rio de Janeiro por parâmetros físico químicos e microbiológicos, onde posteriormente foram comparados com trabalhos realizados anteriormente. Foram realizados testes estatísticos e também análises individualizadas de cada parâmetro afim de uma melhor avaliação das duas microbacias hidrográficas ao qual está inserida a EEEG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A EEEG (Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba), é uma unidade de conservação (UC) de proteção integral localizada no município de São Francisco de Itabapoana, norte do estado do Rio de Janeiro, criada a partir do Decreto Estadual nº 32.576 de 30 de dezembro de 2002 para proteger o maior remanescente contínuo de Mata Estacional Semidecidual do Estado, denominada “mata de tabuleiro”. Este remanescente conhecido como “mata do carvão”, teve sua área brutalmente reduzida para a produção de carvão e posteriormente pela retirada de madeira nobre como a ameaçadíssima peroba-de-campos. Este ecossistema é um dos mais ameaçados da mata atlântica fluminense (INEA, 2010).

A EEEG, inserida geograficamente nas coordenadas: 21° 21' 24,06" S e 41° 5' 27,15" O (canto superior esquerdo) e 21° 27' 32,94" S e 41° 4' 35,19" (canto inferior direito), possui uma área total de 3.270ha sendo 43,6% de áreas alagadas (lagoas e brejos), 36,6% de mata atlântica e 19,8% de área agrícola e pastagem (INEA, 2010).

2.2 Levantamento de dados de campo

A imagem 1, demonstra os pontos de coletas, as duas microbacias hidrográficas da EEEG e as comunidades inseridas nas mesmas. A esquerda (oeste) a microbacia do brejo da Cobiça com uma área de aproximadamente 11.600ha, a qual apresenta vários aglomerados populacionais que influenciam direta e indiretamente a qualidade da água que chega a UC. A direita (leste) a microbacia do brejo da Floresta com uma área de aproximadamente 2.280ha em sua maior parte de áreas degradada (pastagem

e área agrícola) e possui uma comunidade com poucos moradores. É possível observar nesta mesma bacia uma área reflorestada de aproximadamente 500ha em fase bem avançada. As duas microbacias são afluentes da bacia do Ribeirão Guaxindiba, ao qual o nome está associado à Estação Ecológica. Para a delimitação das bacias hidrográficas mostradas na imagem 1 foi utilizada o arquivo SRTM da USGS - U.S. Geological Survey que posteriormente foram corrigidas com arquivos atualizados da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável das Hidrográficas Brasileiras.

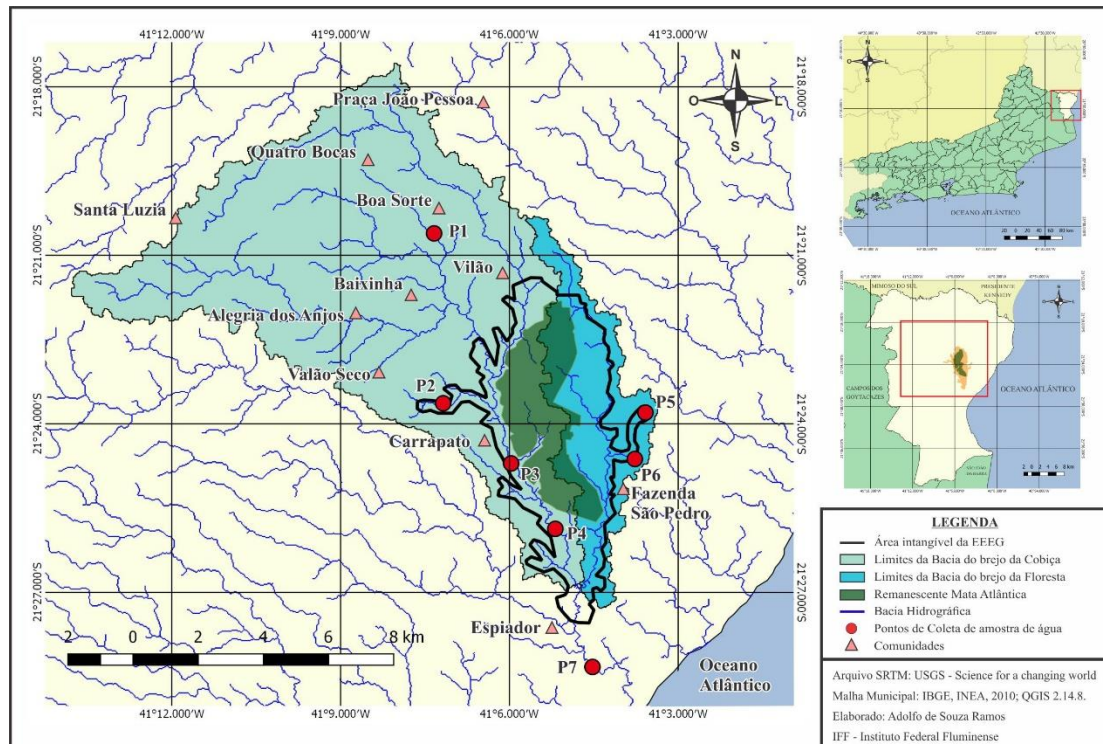


Imagem 1 – Área de estudo com os pontos de coletas e as comunidades inseridas nas bacias hidrográficas do brejo da Cobiça e do brejo da Floresta da EEG.

Fonte: Dos autores, 2019.

As coletas de amostras de água da EEG se dividiram em quatro saídas e ocorreram trimestralmente nas seguintes datas: 21 de março, 28 de junho, 28 de setembro e 14 de dezembro de 2018, de forma a abranger o período de alta e baixa precipitação na região. Os pontos selecionados foram os mesmo das análises realizadas por Santos (2016). As coordenadas e as descrições dos pontos de coletas podem ser melhor compreendidas na tabela 1.

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos pesquisados

Pontos de Coleta	Localização (WGS 84)	Descrição da localização
P1	21° 20' 38,63" S 41° 07' 22,15" O	Fora dos limites da EEEG – Montante (Bacia do brejo da Cobiça)
P2	21° 23' 41,29" S 41° 07' 09,32" O	Interior da EEEG – Braço do brejo da Cobiça (Bacia do brejo da Cobiça)
P3	21° 24' 42,35" S 41° 50' 58,14" O	Interior da EEEG – Meio do brejo da Cobiça (Bacia do brejo da Cobiça)
P4	21° 25' 52,20" S 41° 05' 11,00" O	Interior da EEEG – Jusante brejo da Cobiça (Bacia do brejo da Cobiça)
P5	21° 23' 48,00" S 41° 03' 34,90" O	Interior da EEEG – Lagoa Azul (Bacia do brejo da Floresta)
P6	21° 24' 31,46" S 41° 04' 12,93" O	Interior da EEEG – Lagoa da Fazenda (Bacia do brejo da Floresta)
P7	21° 28' 37,83" S 41° 04' 28,35" O	Fora dos limites da EEEG – Jusante do Ribeirão Guaxindiba

Fonte: Dos autores, 2019.

O P1 (ponto 01) está localizado na localidade de Boa Sorte a montante na bacia do brejo da Cobiça. Este ponto não apresenta atividade agrícola e pecuária nas proximidades, tendo apenas uma residência e uma fábrica de farinha desativada, ambas com uma distância de aproximadamente cem metros do corpo hídrico, sendo o ponto de controle da bacia. O ponto é raso e apresenta muita vegetação como árvores e taboa em seu interior. Os pontos P2, P3 e P4 estão localizados na comunidade de Carrapato a qual apresenta forte atividade agrícola e uma densidade populacional maior. O P2 localiza-se em um braço do brejo da Cobiça onde foi observado o uso da água para irrigação e para dessedentação de animais. Os pontos P3 e P4 estão localizados um ao meio (P3) e o outro (P4) a jusante do brejo da Cobiça respectivamente. O P3 apresenta atividade agrícola bem próxima ao corpo hídrico e também há atividade pecuária. O P4 localiza-se em uma estrada construída dentro do brejo da Cobiça pelos próprios moradores, onde há apenas um local para a passagem (manilha) da água. Segundo moradores locais, a água verte pela estrada em período de alta precipitação.

Os pontos P5 e P6 localizam-se no lado leste da EEEG. O P5 na Lagoa Azul e o P6 na Lagoa da Fazenda, conforme imagem 1. A lagoa Azul sofreu uma grande redução de seu espelho d'água provavelmente devido à baixa precipitação anual que apresenta valores próximos aos do semiárido brasileiro com precipitação igual ou menores que 800 mm.ano⁻¹ (BRASIL, 2017) onde pode ser observado na tabela 2. A construção de uma estrada dividindo a lagoa Azul da lagoa da Fazenda pode ser um fator importante na redução do seu espelho d'água. A junção das duas bacias da EEEG (bacia do brejo da Cobiça e bacia da Floresta) forma o brejo do Espiador que é afluente do ribeirão

Guaxindiba. A tabela 2 apresenta a pluviometria da cidade de São Francisco de Itabapoana nos dois períodos de coleta onde pode se destacar o ano de 2016 que apresentou precipitação de 504,2 mm.

Tabela 2 - Pluviometria de cidade de São Francisco de Itabapoana/RJ nos anos de coleta.

Mês/Anos	2016 (mm)	2018 (mm)
Janeiro	94,07	84,07
Fevereiro	46,00	136,38
Março	44,25	140,35*
Abril	-	97,52
Maió	-*	51,44
Junho	41,40*	-*
Julho	-*	43,17
Agosto	23,43	51,29
Setembro	-	23,00*
Outubro	50,60	17,25
Novembro	83,03	101,43
Dezembro	121,42	62,01*
Total Anual	504,2	807,91

* Meses de coleta

Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil – INB.

Devido ao grande número de pequenos agricultores ao longo das bacias o ponto 07 foi escolhido com intuito de relatar as possíveis influencias destas atividades nos recursos hídricos. A coleta *in situ* foi realizada de forma manual diretamente ou coletadas utilizando um bastão de madeira acoplado a um béquer de 1000 mL nos brejos e nos locais de difícil acesso à água (P1, P2, P3, P4 e P5). Em cada ponto era coletado 1,50L divididos em três frascos de plásticos de 500mL, para a realização das análises físico-químicas. Já para as análises microbiológicas coletava-se por ponto 100mL de amostra em fraco de vidro devidamente esterilizado. Após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas antes das análises. Os parâmetros analisados foram: oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), potencial Hidrogênionico (pH), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes e coliformes totais. Os dois primeiros parâmetros foram determinados *in loco* e as demais análises foram realizadas no Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul (LabFoz) seguindo a metodologia da *Standard Methods for Water and Wastewater, 21th*. A tabela 3 apresenta de forma detalhada os parâmetros descritos acima com suas respectivas metodologias.

Tabela 3 - Parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água com sua respectiva metodologia.

Parâmetro	Método de análise	Metodologia APHA
Oxigênio Dissolvido ¹	Método de Membrana-Eletrodo	4500-O G
Condutividade ¹	Método potenciométrico	2510 B
Sólidos totais dissolvidos ¹	Método potenciométrico	
pH ¹	Método potenciométrico	4500 - H+ B
Turbidez ¹	Método nefolométrico	2130
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}) ¹	Método Respirométrico	5210 D
Coliformes termotolerantes ²	Método da Enzima Substrato – utilizando meio de cultivo <i>Colilert</i> ®	9223 B
Coliformes totais ²	Método da Enzima Substrato – utilizando meio de cultivo <i>Colilert</i> ®	9223 B

¹Parâmetros físico-químicos. ²Parâmetros microbiológicos.

Fonte: Adaptado de Santos, 2016.

2.3 Métodos estatísticos multivariados

Após a verificação da normalidade (teste de Shapiro-Wilk), apenas o parâmetro temperatura apresentou dados normais ao qual foram aplicados testes diferenciados (testes paramétricos). Utilizando o teste de correção de Spearman (exceto para a temperatura) foi feita a correlação dos oito parâmetros com a média de precipitação mensal relacionadas aos meses das análises. Para a variável temperatura foi utilizada o teste de correlação de Pearson. Para testar a diferença significativa entre os anos de 2016 e 2018 foi utilizado o teste-t de student para dados emparelhados ao nível de significância $p < 0,05$. Em todos os métodos utilizou-se o software estatístico “R Studio”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba ainda vem sofrendo com impactos diretos e indiretos pelas atividades em seu entorno principalmente pelo mau uso do solo que acarreta em grande assoreamento de seus recursos hídricos e também pelo carreamento de nutrientes.

Os recursos hídricos em unidades de conservação de proteção integral são classificados como “classe especial” segundo a resolução CONANA nº 357, de 17 de março de 2005, porém a mesma não descreve os limites máximo e mínimos permitidos apenas descreve nos Art.13 que “Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água”, com isso, os resultados desta pesquisa foram comparados com os limites máximos permitidos dispostos para recursos hídricos de classe I, ao qual apresenta valores mais conservadores da qualidade da água. (BRASIL, 2005).

Após as análises laboratoriais foram aplicados testes estatísticos para uma melhor avaliação dos resultados. Após o teste de normalidade observou-se que apenas a temperatura apresentou normalidade

dos seus dados, desta forma, para os demais parâmetros foram utilizados testes não-paramétricos como o teste de Spearman que correlacionou cada parâmetro com a precipitação respectiva ao mês de coleta conforme tabela 2.

Após elaboração de uma matriz de correlação de Spearman, foram escolhidos os parâmetros cujos testes apresentaram significância confirmadas ($p < 0,05$). O OD da amostragem realizada em 2016 apresentou correlação negativamente forte ($\rho = -0,83$; $p < 0,05$) com a precipitação no período e coliformes termotolerantes da amostragem realizada em 2018 apresentou correlação positiva moderada ($\rho = 0,40$; $p < 0,05$) com a precipitação. Os demais parâmetros apresentaram correlação bem fraca a fraca com a precipitação nos dois períodos. A análise de correlação da temperatura (Pearson) apresentou correlação positiva moderada ($\rho = 0,40$; $p < 0,05$) para o ano de 2016 com a precipitação. Para análise das médias realizou-se o teste de hipótese para dados emparelhados (teste t de *student*) para avaliar a diferença significativa entre os anos de 2016 e 2018 como pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4 - Teste de diferença significativa bilateral (teste t de *student*) entre os anos de 2016 e 2018 em sete pontos de coletas de água na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.

Parâmetros	Média 2016	Média 2018	Diferença da Média	Erro Desvio	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior	t	df	p-value
pH	6,32	5,96	0,35	1,75	-0,44	1,15	0,93	20	0,3635
Temp. (°C)	21,37	28,21	-6,84	2,13	-7,81	-5,87	-14,74	20	3,34.10⁻¹²*
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	9684,48	8069,40	1615,08	12077	1206,39	12201,22	2,54	20	0,01934*
STD (ppm)	4865,52	112,21	4753,31	6659,73	1721,84	7784,78	3,27	20	3,82.10⁻³*
OD (mg.L^{-1})	3,76	6,34	-2,58	4,97	-4,85	-0,32	-2,38	20	0,0271*
DBO (mg.L^{-1})	2,86	3,19	-0,33	5,92	-3,03	2,36	-0,26	20	0,7990
Turbidez (NTU)	35,41	35,23	0,18	39,46	-17,78	18,15	0,02	20	0,9833
C.Totais (NMP.100ml ⁻¹)	2027,07	1887,99	139,09	1049,00	-338,41	616,59	0,61	20	0,5503
C.Termo (NMP.100ml ⁻¹)	845,38	64,04	781,33	906,40	368,74	1193,92	3,95	20	7,90.10⁻⁴*

*Diferença significativa entre as duas médias ($p\text{-value} < 0,05$); pH = Potencial Hidrogênionico; Temp. – Temperatura; CE = Condutividade Elétrica; STD = Sólidos Totais Dissolvidos; OD = Oxigênio Dissolvido; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; C.Total = Coliformes Totais; C.Termo = Coliformes Termotolerantes; t = Teste t de *student*; df = número de amostras.

Fonte: Dos autores, 2019.

Observando a tabela 4 pode-se inferir que há alteração significativa ($p\text{-value} < 0,05$) nos parâmetros temperatura, OD, CE, STD e coliformes termotolerantes tendo apenas nas duas primeiras uma variação negativa, ou seja, o valor da temperatura e de oxigênio dissolvido em 2016 é menor que de 2018.

A temperatura da água no ano de 2018 apresentou temperaturas maiores que as observadas em 2016, um dos fatos mais relevantes é que as análises de 2018 foram coletadas também no mês de dezembro (verão) ao qual está relacionado à temperatura mais elevada.

Segundo Matic (2013) a temperatura da água depende do clima e da incidência de radiação solar sobre o corpo hídrico, da composição geológica, da condutividade térmica das rochas, dentre outras. A temperatura mais elevada, acarreta em uma menor densidade da água consequentemente reduzindo a dissolução de oxigênio dissolvido, que pode ser de origem antropogênica pela adição de efluentes com temperatura elevada. (CETESB, 2017; AMORIM *et al*, 2017). Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, em sua plataforma digital, a temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade, onde também pode afetar os organismos aquáticos quanto aos seus crescimentos e reprodução caso a temperatura da água atinja valores fora da sua faixa de tolerância.

O parâmetro OD (Figura 1B) apresentou variabilidade sazonal nos dois períodos analisados, onde a diferença entre os dois anos é estatisticamente significativa ($p < 0,05$), ou seja, há variação significativa, apresentando valores nos períodos de estiagem de 1,29 a 8,19 mg.L^{-1} , e de 2,81 a 8,38 mg.L^{-1} no mês de junho e setembro de 2018 e abril e junho de 2016, respectivamente. No período chuvoso, os valores variaram de 0,76 mg.L^{-1} (março de 2018) e 8,27 mg.L^{-1} (dezembro de 2018). No ano de 2016 as análises foram realizadas apenas no período de baixa precipitação (maio, junho e julho). Os limites estabelecidos pelo CONAMA nº 357, o oxigênio dissolvido não deve ser não inferior a 5 mg.L^{-1} (BRASIL, 2005).

Segundo CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), o Oxigênio Dissolvido (OD) é um fator limitante para manutenção da vida aquática. Em casos de lançamentos de efluentes, durante o processo de degradação da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. A concentração do oxigênio está diretamente relacionada com a temperatura, bem como a solubilidade desse gás depende ainda da pressão atmosférica e da salinidade da água. A solubilidade do oxigênio na água diminui à medida que a temperatura aumenta (LEIRA, 2017).

A condutividade elétrica dos sete pontos analisados, apresentaram um número menor de valores extremos (*ouliers*) no ano de 2018 comparados com 2016 (Figura 1C), porém não houve alteração significativa ($p > 0,05$). Os *ouliers* dos dois anos são referentes à Lagoa Azul (P5) chegando a 26.430 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ em 2016 e 11.440 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ em 2018.

A condutividade elétrica (CE) é um indicador da concentração total dos íons na água (BELLUTA, *et al*. 2016). A CE é um parâmetro de fácil determinação e de suma importância, ela pode indicar a carga de diferentes elementos na água. Assim quanto maior for à quantidade de íons presentes

(cátions e ânions) dissolvidos na água maior será a sua condutividade (LÖBLER, BORBA e SILVA, 2015).

Valores médios de condutividade elétrica entre 16,00 e 193,60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ foram observados na sub-bacia do Córrego da Fazenda Glória em uma Área de Proteção Permanente (APA) no município de Taquaritingua/SP (BRUNINI, SILVA e PISSARA, 2017). Na Área de Proteção Ambiental na bacia do rio Pandeiros foram encontrados valores entre 2 e 540 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (SANTOS, *et al.* 2017). A resolução CONANA n° 357/2005 não dispõe de valores máximo e mínimos para condutividade elétrica, porém, em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2014).

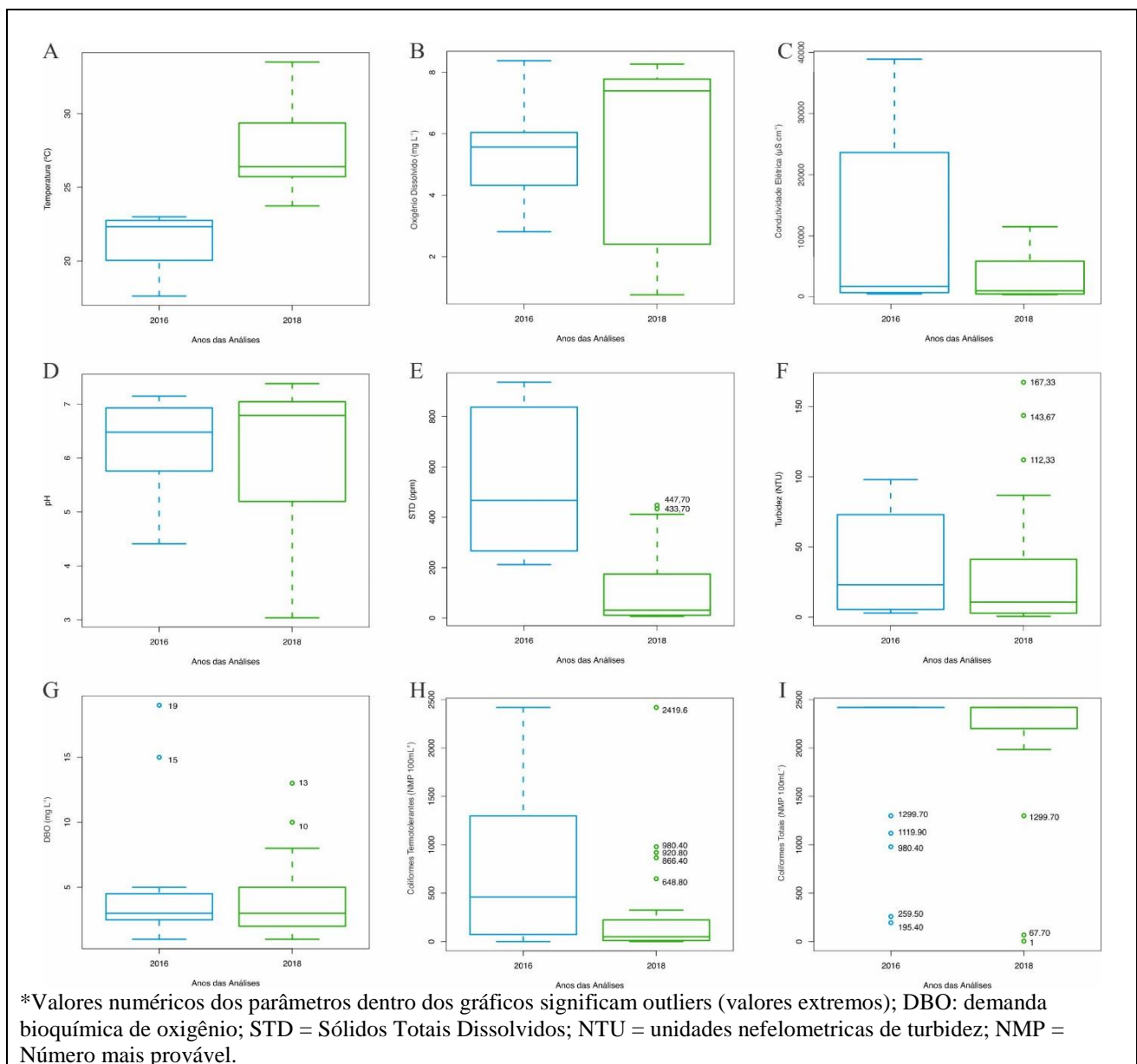


Figura 1 - Comparação entre os anos de 2016 e 2018 para os nove parâmetros. Temperatura (A), oxigênio dissolvido (B), condutividade elétrica (C), pH (D), sólidos totais dissolvidos (E), turbidez (F), demanda bioquímica de oxigênio (G), coliformes termotolerantes (H) e coliformes totais (I).
Fonte: Dos autores, 2019.

O pH nos dois períodos (figura 1D) demonstra uma média entre 6,48 e 6,79 respectivamente, não havendo alteração significativa ($p > 0,05$), estando dentro da faixa descrito no CONANA nº 357 que é de 6,00 a 9,00 (BRASIL, 2005). Após uma avaliação individualizada dos parâmetros, foram observados valores abaixo do permitido nos P5 e P6 nos dois períodos que varia entre 3,04 e 3,89 ambos no período de seca em 2018.

Segundo Von Sperling (2005) o potencial hidrogeniônico está diretamente associada aos sólidos e gases dissolvidos que pode ser de origem natural: dissolução de rochas, oxidação de matéria orgânica, absorção de gases atmosféricos e fotossíntese; ou antropogênica: despejos domésticos ou industriais. Santo *et al.* (2017) observou valores de pH entre 3,8 e 9 na APA da bacia do rio Pandeiros em Minas Gerais. Valores de pH entre 6,5 e 7,8 foram observados por Campos *et al.* (2019) na Estação Ecológica Mata dos Ausentes (EEMA) em Senador Nordestino Gonçalves em Minas Gerais. Excetuando os pontos 5 e 6, todos os pontos observados apresentam valores de pH dentro do permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005.

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) representa o montante de uma gama de compostos solubilizados na água, seja na forma coloidal, molecular ou iônica, indicando a massa total de matéria dissolvida por unidade de volume de água (FELIPPE e NETO, 2019). A resolução CONANA nº 357/2005 permite um valor máximo de 500mg.L^{-1} (BRASIL, 2005). Entre os anos de 2016 e 2018 não houve alteração significativa ($p > 0,05$), porém valores de STD acima do permitido foram observados no ano de 2016 no P4 de 936mg L^{-1} , já em 2018 o valor máximo foi observado em dezembro no P5, apresentando um valor de $447,7 \text{mg.L}^{-1}$ estando dentro dos limites máximos permitidos.

Observando os cálculos estatísticos (teste t) a turbidez não apresentou diferença significativa entre os anos analisados ($p > 0,05$), porém valores extremos (*outliers*) foram obtidos no ano de 2018 que chegaram a 167,33, 112,33 e 143,67 NTU no ponto 3 (P3) nos meses de junho, setembro e dezembro respectivamente, ao qual se apresenta acima do máximo permitido na resolução CONANA nº 357/2005 que é de até 40 NTU (BRASIL, 2005). Este ponto de coleta apresenta processo de assoreamento devido a remoção da cobertura vegetal e também pela atividade agrícola que é realizada às margens do corpo d'água muitas vezes sem a utilização de técnicas apropriadas, também foi observada em todas as campanhas a presença de atividade pecuária onde é feita a dessedentação dos animais. As origens naturais da turbidez estão relacionadas a dissolução de rochas, argila e silte e também por algas e outros microrganismos, mais também podem ter origem antropogênicas como despejos de efluentes domésticos e industriais e pela erosão do solo. (VON SPERLING, 2005). Além de ser uma medida da “clareza da água” este monitoramento permite estudar o transporte de sedimentos em rios e uma possível erosão em bacias hidrográficas (VOICHICK, TOPPING e GRIFFITHS, 2018).

Valores de aproximadamente 33 NTU foi observado por Santos *et al.* (2017) na APA do rio Pandeiro, e valores de 5,54 NTU foi observado por Campos *et al.* (2019) na Estação Ecológica Mata dos Ausentes em Minas Gerais, ambos dentro do permitido pela legislação.

Segundo Silva, (2016) um dos principais parâmetros para se determinar a qualidade de um curso de água e pela medição da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é um indicativo da quantidade de matéria orgânica contida na água. Entre os anos analisados a DBO dos recursos hídricos da EEEG não apresentou alteração significativa ($p > 0,05$), porém valores acima do permitido foram observados no P1 e P7 de 2016, chegando a valores de 15 e 19 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ respectivamente e, 6 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ no P4 e de 8 a 13 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ no P6 em 2018. O valor máximo permitido de $\text{DBO}_{5,20}$ segundo o CONAMA nº 357/2005 é de até 5 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$.

A matéria orgânica vegetal e animal presente nos corpos d'água é uma característica de primordial importância pois é ela a responsável pelo consumo de oxigênio dissolvido pelos micro-organismos que também podem estar relacionados ao despejo de efluentes domésticos e industriais. (VON SPERLING, 2005). Este consumo de oxigênio é denominado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e é um dos principais problemas em corpos hídricos. Campos *et al* (2019) descreve que a análises de DBO retratam de forma indireta o teor de matéria orgânica nos corpos d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido.

Valores acima do permitidos também foi observado na Estação Ecológica Mata dos Ausentes em Minas Gerais chegando a 13,73 no período de seca e 21,17 no período chuvoso e valores entre 6 e 8 foi observado por Ferreira, *et al.* (2018) no Parque Estadual Mata do Limoeiro em Minas Gerais. Os resultados de DBO neste estudo possivelmente apontam uma elevada concentração de matéria orgânica nas águas, causado pela presença de carga orgânica e de micro-organismos decompositores, o que pode provocara redução das concentrações de OD na água (MENESCAL, 2018).

Para a comparação entre os anos para o parâmetro de coliformes termotolerantes há alteração significativa positiva ($t = 3,95$; $p < 0,05$), ou seja, o valor de 2018 é menor que os analisados em 2016. Com esse dado podemos inferir que em termos de coliformes termotolerantes houve uma melhora significativa em relação a 2016. O valor máximo permitido para classe I de água doce é de 200 NMP.100mL^{-1} segundo CONAMA nº 357/2005. Foram observados valores atípicos apenas em 2018 onde pode-se destacar o P1 que apresentou valor superior a 2419,60 NMP.100mL^{-1} . Também foram observados valores acima do permitido nos pontos P2, P5 e P6 chegando a 1225,00, 1151,00 e 1083,00 NMP.100mg.L^{-1} respectivamente. A presença de coliformes termotolerantes, principalmente a *Escherichia coli* (*E.coli*), na água indica poluição, com o risco potencial da presença de organismos patogênicos (CETESB, 2018).

Também foram observados valores acima do permitido pela legislação no Parque Estadual Mata

do Limoeiro em Minas Gerais (variando entre 110 NMP.100mL⁻¹ a 16.000 NMP.100mL⁻¹). Em um estudo realizado por Pinheiro *et al.* (2014) em uma área rural na bacia do Rio Duas Mamas com remanescente de mata atlântica, demonstrou concentrações de coliformes termotolerantes superiores aos padrões ambientais estabelecidos pela legislação em áreas próximas as de mata nativa, comparados com outros pontos de coleta na mesma bacia. Já em um estudo realizado por Gardiman Junior e Simoura (2015) próximo à um fragmento remanescente de mata atlântica na bacia do rio Jucu, valores acima do permitidos também foram observados em toda a extensão da bacia, porém concentrações menores de coliformes termotolerantes foram observados em pontos próximos à mata nativa.

A *E.coli* é um importante parâmetro na análise da qualidade da água devido a indicação de contaminação recente por fezes humanas ou de animais de sangue quente. É encontrada também em esgoto domésticos e efluentes industriais (VON SPERLING, 2005). Os valores encontrados na EEEG podem estar atrelados às atividades pecuárias em seu entorno, pelo fato das residências estarem à uma distância significativa dos corpos hídricos. Todas as residências possuem fossa séptica ou sumidouros não sendo observados lançamentos de esgoto a céu aberto (INEA, 2010), porém de alguma forma os recursos hídricos estão recebendo contaminação por fezes humanas ou de animais.

Os coliformes totais não apresentam diferença significativa nos dois anos ($p > 0,05$), *outliers* foram observados nos dois períodos sendo o ano de 2018 apresentado dados mais dispersos. As bactérias coliformes totais (excluindo *E.coli*) ocorrem tanto em esgoto como em águas naturais, valores elevados de coliformes totais não caracteriza contaminação por microrganismos patogênicos, onde podem ser classificados como “coliformes ambientais” aparecendo em solos e em corpos d’água não contaminados, portanto esse parâmetro analisa outros organismos vivos livres e não intestinal (VON SPERLING, 2005; CETESB, 2018; WHO, 2017). Eles não são úteis como um indicador de patógenos fecais, mas podem ser usados para avaliar a limpeza e a integridade dos sistemas de distribuição e a presença potencial de biofilmes (WHO, 2017).

4. CONCLUSÃO

Em vista das análises e dos testes estatísticos, pode-se inferir que não houve alterações significativas nos parâmetros pH, turbidez, DBO e coliformes termotolerantes, nos recursos hídricos da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) entre os anos de 2016 e 2018, já nos parâmetros temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e coliformes termotolerantes houve alteração significativas segundo as análises estatísticas.

Nas análises individualizadas, foram observados valores extremos (*outliers*) em vários pontos no decorrer das campanhas de coletas nos dois anos, principalmente nos períodos mais chuvosos o que

inclui valores acima do permitido pela legislação. A não alteração significativa na qualidade da água pode ser justificada pelo fato de não ter havido nenhuma alteração significativa no entorno da EEEG, mantendo-se as mesmas atividades agrícolas e pecuárias, salvo o reflorestamento de aproximadamente 500ha na parte superior do lado leste da EEEG. O ponto mais degradado é a Lagoa Azul (P5) que apresenta uma redução significativa do seu espelho d'água, pH ácido e perda da conexão com sua bacia hidrográfica devido a construção de uma estrada, que pode ser um fator importante na sua deterioração. Todos os pontos de coletas nesta bacia, apresentou pH ácido, o que pode ser uma característica da bacia do brejo da Floresta, devido a formação do solo ou por ação antropogênica da agricultura pois não foi observada nenhuma residência ou indústria nas proximidades.

O brejo da Cobiça (P3) também vem sofrendo com o assoreamento devido as atividades agrícolas que são realizadas a poucos metros de suas margens. O fluxo natural desta bacia foi alterado após a construção de uma estrada em seu interior ao qual a água flui apenas por uma manilha que não suporta o volume de água em período chuvoso, fazendo a água verter por cima da estrada. O P7 (Ribeirão Guaxindiba) também apresenta um grande processo de assoreamento principalmente após sua retificação. As bacias do brejo da Cobiça e do brejo da Floresta vem sofrendo impactos diretos e indiretos das atividades em seu entorno. Após as comparações e testes estatísticos conclui-se que não há variação significativa dos parâmetros na maioria dos parâmetros e alteração significativa em outro. Nos últimos anos não houve alteração nas atividades próximas a EEEG, logo as influências e impactos permanecem as mesmas. Recomenda-se a realização de campanhas junto as comunidades e produtores rurais por parte da administração da UC de forma a obter a melhoria da qualidade de água. A lagoa Azul é o recurso hídrico mais sensível da unidade de conservação sendo necessárias intervenções para sua revitalização como o remanejamento da manilha na estrada permitindo a reconexão com sua bacia hidrográfica e também o reflorestamento do seu entorno deveria ser priorizado.

6. REFERÊNCIAS

- AMORIM, J. F.; *et al.* **Análise espacial da qualidade da água em função da introdução de efluentes industriais - riacho Mussurú/Paraíba/Brasil.** Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 5: Congestas. 2017. ISSN 2318-7603
- BELLUTA, I. *et al.* **Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP).** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 09, n. 01, p 305-318, 2016.
- BRASIL, Resolução nº 107º/2007 **Ministério da Integração Nacional Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE,** Recife, 2017.
- BRASIL. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA,** Brasília, 2015.
- BRUNINI, R.G.; SILVA, M.C.; PISSARRA, T.C.T. **Efeito do Sistema de Produção de Cana-de-Açúcar na Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas.** Revista Agrarian. v.10, n.36, p. 170-180, Dourados, 2017.
- CAMPOS, S. G. *et al.* **Estação Ecológica Mata dos Ausentes (EEMA), Senador Modestino Gonçalves/Minas Gerais, e seus desafios: análise da vazão e qualidade dos corpos d'água na região do seu entorno.** Geochimica Brasiliensis – Sociedade Brasileira de Geoquímica, v. 33, n. 2, p. 165-174, 2019. DOI: 10.21715/GB2358-2812.2019332165
- CETESB. **Apêndice D. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade.** Relatório de Qualidade das Águas Superficiais. São Paulo. 2014.
- CETESB. **Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – L5.2002, ed. 5, 2018.
- CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Série Relatórios, 2017.
- FELIPPE, M. F.; NETO, J. O. A. **Comparação de técnicas de obtenção de sólidos totais dissolvidos nas águas: contribuição para os estudos de desnudação geoquímica.** Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 20, n 1, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1440>
- FERRÃO, A.L.L.C.; TORMAM M.F.; GUEDES, H.A. **Análise da variabilidade anual da qualidade da água de uma bacia hidrográfica do rio grande do sul, Brasil.** ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp. 2017.
- FERREIRA, et al. **Gestão e uso dos recursos hídricos e a expansão do agronegócio: água para quem e para quem?** Ciência & Saúde Coletiva, ed. 21(3) p.743-752, Ceará. 2016.
- GARDIMAN JUNIOR, B.S.; SIMOURA, L.T. **Cobertura florestal e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil.** Scientia Plena. v.12, n. 1, 2016. DOI: 10.14808/sci.plena.2016.010201
- GOMES, M.A.F. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011** Embrapa Meio Ambiente, Documento 98, Jaguariúna, 2014.

GUERREIRO, J. V. R. *et al.* **Carta de Fragilidade Ambiental como instrumento de planejamento e conservação de unidades aquíferas: o caso da bacia do rio Clarinho, SP.** Caderno de Geografia, v.28, n.53, 2018. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2018v28n53p385

INEA. **Plano de Manejo – Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba – EEG.** Governo do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Estado do Ambiente – SEA, Instituto Estadual do Ambiente – INEA, Rio de Janeiro, 2010.

LEIRA, M. H. *et al.* **Qualidade da água e seu uso em pisciculturas.** PUBVEST – Medicina Veterinária e Zootecnia, Paraná, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.11-17>

LÖBLER, C. A.; BORBA, W. F.; SILVA, J. L. S. **Relação entre a pluviometria e a condutividade elétrica em Zona de Afloramento do sistema Aquífero Guarani.** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez. , p. 115–121. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/105902/2179460X15833>

MATIC, N.; *et al.* **Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia).** Journal of Geochemical Exploration, n. 132, p. 90–110, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.007>

MENESCAL, M.T.A.P. **Cianobactérias e cianotoxinas em uma floração no reservatório Joanes I.** Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

PINHEIRO, A. *et al.* **Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 19, n. 3, p. 127-139. 2014.

SANTOS, A.P.R.; MONTEIRO, L.R.L. **Determinação da qualidade microbiológica da água em nascente da unidade de conservação em Filadélfia Tocantins.** Revista Desafios. v. 5, n. Especial, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2018v5nEspecialp74>

SANTOS, *et al.* **Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais.** Revista Espinhaço, ed. 6 (2) p. 36-46, 2017.

SANTOS, M.A.M. **Avaliação da qualidade de água dos mananciais da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba com diferentes usos e ocupações do solo.** Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2016.

SANTOS, T.R.; OLIVEIRA, H.S.; **Agroecologia como temática de educação ambiental na preservação dos ecossistemas através da redução de agrotóxicos no contexto rural.** REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, 2015.

SCALCO, R. F.; GONTIJO, B. N. **Possibilidades de desafetação e recategorização em unidades de conservação de proteção integral: as UCS da Porção Central do Mosaico do Espinhaço (Minas Gerais/Brasil).** Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege). p. 247-276, v. 13, n. 22, set./dez. 2017. DOI: 10.5418/RA2017.1322.0010

SILVA, A. **Análise da cinética da DBO de um curso de água superficial. A desoxigenação da água e sua influência na demanda bioquímica de oxigênio.** Novas Edições Acadêmicas, 2016.

SILVA, A.M.R.B. **Avaliação da qualidade da água bruta superficial das barragens de Bitá e Utinga de Suape aplicando estatística e sistemas inteligentes.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife,

2015.

SOARES, D.F.; FARIA, A.M.; ROSA, A.H. **Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.22, n.2, p.277-284, 2017.

VOICHICK, N.; TOPPING, D.J. e GRIFFITHS, R. E. **Technical note: False low turbidity readings from optical probes during high suspended-sediment concentrations.** Hydrology Earth System Sciences, v. 22, p. 1767–1773, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-1767-2018>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais. v. 1, ed.3, 2005.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum.** 2017.

APÊNDICES

Apêndice A – Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, análise de 2016 (SANTOS, 2016) e análises ano de 2018. (Continua).

Ensaio/Mês/ Ano	pH	Temp.	CE	STD	OD	DBO 5,20	Turb.	C.Totais	C.Termo.
		°C	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	mg.L^{-1}	mg.L^{-1}	mg.L^{-1}	NTU	NMP.100mL ⁻¹	NMP100mL ⁻¹
P1 - 05/16	6,23	18,49	637,0	319,0	7,57	15,00	98,00	>2419,6	>2419,6
P1 - 06/16	6,48	23,00	621,0	311,0	-	5,00	66,00	>2419,6	1986,3
P1 - 07/16	6,43	22,68	626,0	313,0	4,32	-	39,00	>2419,6	488,4
MÉDIA P1 - 2016	6,38	21,39	628,00	314,33	5,95	10,00	67,67	-	-
P1 - 03/18	7,05	25,90	333,6	8,0	1,36	-	9,90	>2419,6	>2419,6
P1 - 06/18	7,05	24,73	417,5	10,3	1,70	1,00	5,67	>2419,6	248,63
P1 - 09/18	7,02	26,17	418,1	11,0	8,19	2,00	8,06	>2419,6	158,38
P1 - 12/18	7,23	29,00	386,80	11,0	7,85	3,00	4,00	>2419,6	69,63
MÉDIA P1 - 2018	7,09	26,45	388,98	10,08	4,77	2,00	6,91	-	-
P2 - 05/16	6,17	21,01	422,0	221,0	4,06	3,00	41,00	>2419,6	74,40
P2 - 06/16	5,56	22,33	439,0	219,0	-	-	2,90	195,40	6,30
P2 - 07/16	5,00	22,64	423,0	212,0	6,00	-	3,60	1299,70	2,00
MÉDIA P2 - 2016	5,58	21,99	428,00	217,33	5,03	3,00	15,83	-	-
P2 - 03/18	6,54	26,60	301,0	6,7	3,67	1,00	50,07	>2419,6	1151,00
P2 - 06/18	6,72	25,07	327,5	7,0	3,73	1,00	5,70	>2419,6	159,25
P2 - 09/18	6,93	30,37	352,2	8,0	7,70	2,00	9,02	>2419,6	54,63
P2 - 12/18	7,04	29,70	323,33	8,0	7,77	2,00	5,46	>2419,6	96,38
MÉDIA P2 - 2018	6,81	27,93	326,02	7,42	5,72	1,50	17,56	-	-
P3 - 05/16	6,57	20,04	1226,0	615,0	4,24	-	75,00	>2419,6	72,60
P3 - 06/16	7,00	22,27	1255,0	837,0	-	2,00	75,00	980,40	461,10
P3 - 07/16	6,51	22,75	1320,0	936,0	5,78	0,00	73,00	>2419,6	432,20
MÉDIA P3 - 2016	6,69	21,69	1267,00	796,00	5,01	1,00	74,33	-	-
P3 - 03/18	7,07	25,70	818,2	29,3	2,36	4,00	21,52	>2419,6	811,00
P3 - 06/18	6,53	26,83	771,3	24,3	1,63	3,00	167,33	>2419,6	53,50
P3 - 09/18	6,54	32,67	853,1	28,7	7,47	4,00	112,00	>2419,6	202,00
P3 - 12/18	6,79	33,50	710,37	28,7	7,37	4,00	143,67	>2419,6	116,63
MÉDIA P3 - 2018	6,73	29,68	788,27	27,77	4,71	3,75	111,13	-	-
P4 - 05/16	6,37	17,62	1550,0	775,0	8,06	3,00	74,00	>2419,6	1046,20
P4 - 06/16	5,76	22,21	1673,0	837,0	-	-	37,00	>2419,6	1299,70
P4 - 07/16	5,45	22,80	1907,0	936,0	5,22	3,00	23,00	>2419,6	142,90
MÉDIA P4 - 2016	5,86	20,88	1710,00	849,33	6,64	3,00	44,67	-	-
P4 - 03/18	6,92	24,77	940,9	34,7	3,58	7,00	11,45	>2419,6	1225,50
P4 - 06/18	7,19	23,73	933,4	31,3	1,29	3,00	86,83	>2419,60	34,38

Apêndice A – Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, análise de 2016 (SANTOS, 2016) e análises ano de 2018. (Conclusão).

P4 - 09/18	6,71	27,27	1008,6	34,7	8,06	6,00	52,23	1986,30	54,63
P4 - 12/18	7,15	27,00	906,93	34,7	7,81	5,00	26,50	>2419,60	33,13
MÉDIA P4 - 2018	6,99	25,69	947,44	33,85	5,19	5,25	44,25	-	-
P5 - 05/16	6,28	18,94	29220,0	14610,0	6,04	-	9,90	>2419,60	<1,00
P5 - 06/16	5,72	22,36	25647,0	12820,0	-	2,00	6,70	259,5	<1,00
P5 - 07/16	4,41	22,78	26430,0	13217,0	5,33	0,00	4,50	1119,90	15,80
MÉDIA P5 - 2016	5,47	21,36	27099,00	13549,00	5,69	1,00	7,03	-	-
P5 - 03/18	3,26	25,03	9660,0	409,7	4,52	-	0,57	4,10	1,25
P5 - 06/18	3,26	25,90	10555,7	412,0	7,75	-	1,70	<1,00	<1,00
P5 - 09/18	3,34	31,80	11290,0	433,7	7,54	-	1,67	<1,00	<1,00
P5 - 12/18	3,04	32,90	11440,0	433,7	7,43	-	0,78	<1,00	<1,00
MÉDIA P5 - 2018	3,22	28,91	10736,42	422,27	6,81	-	1,18	-	-
P6 - 05/16	6,83	18,22	3890,0	1945,0	5,58	3,00	5,50	>2419,60	523,75
P6 - 06/16	7,04	22,33	3915,0	1958,0	-	-	9,60	>2419,60	3024,5
P6 - 07/16	7,14	22,81	4030,0	2015,0	5,55	1,00	4,50	>2419,60	724,25
MÉDIA P6 - 2016	7,00	21,12	3945,00	1972,67	5,57	2,00	6,53	-	-
P6 - 03/18	6,50	25,97	2984,7	125,7	2,44	13,00	31,13	>2419,60	1083,00
P6 - 06/18	3,80	26,17	5787,0	223,0	6,65	1,00	0,71	>2419,60	<1,00
P6 - 09/18	3,89	29,53	6030,0	233,0	7,79	10,00	0,78	1299,70	<1,00
P6 - 12/18	3,77	28,90	5800,0	233,0	7,62	8,00	0,89	67,70	<1,00
MÉDIA P6 - 2018	4,49	27,64	5150,42	203,67	6,13	8,00	8,38	-	-
P7 - 05/16	6,93	18,38	23600,0	11820,0	8,38	4,00	77,00	>2419,60	1046,20
P7 - 06/16	7,15	22,28	35657,0	17830,0	-	-	5,30	>2419,60	2419,60
P7 - 07/16	7,07	22,79	38886,0	19430,0	2,81	19,00	13,10	>2419,60	2419,60
MÉDIA P7 - 2016	7,05	21,15	32714,33	16360,00	5,60	11,50	31,80	-	-
P7 - 03/18	6,79	25,20	474,9	14,7	0,76	2,00	13,67	>2419,60	406,88
P7 - 06/18	6,85	25,77	1420,3	51,3	1,47	3,00	55,27	>2419,60	56,00
P7 - 09/18	6,97	26,20	1651,6	61,3	8,18	5,00	32,30	>2419,60	311,13
P7 - 12/18	7,38	29,20	1210,4	61,3	8,27	4,00	19,20	>2419,60	25,38
MÉDIA P7 - 2018	7,00	26,59	1189,30	47,15	4,67	3,50	30,11	-	-
VMP*	6 a 9	-	-	500	6	3	40	200	0

pH = Potencial Hidrogênionico; Temp. – Temperatura; CE = Condutividade Elétrica; STD = Sólidos Totais Dissolvidos; OD = Oxigênio Dissolvido; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; C.Total = Coliformes Totais; C.Termo = Coliformes Termotolerantes; NTU = Unidade nefelométrica de turbidez; NMP = Número mais provável. VMP = Valor máximo permitido – classe 1, água doce – CONAMA nº 357/2005.

Fonte: Dos autores, 2019.

ANEXOS

Anexo 1 – Local e condições do ponto de coleta 1 (P1) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.

Anexo 2 – Local e condições do ponto de coleta 2 (P2) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.

Anexo 3 – Local e condições do ponto de coleta 3 (P3) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.

Anexo 4 – Condições do ponto de coleta 4 (P4) no ano de coleta. (A) montante; (B) jusante.



Fonte: Dos autores.

Anexo 5 – Condições do ponto de coleta 5 (P5) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.

Anexo 6 – Condições do ponto de coleta 6 (P6) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.

Anexo 7 – Condições do ponto de coleta 7 (P7) no ano de coleta.



Fonte: Dos autores.