

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

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

ANNELISE MARTINS DE SOUSA

MACAÉ - RJ
2020

ANNELISE MARTINS DE SOUSA

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

Dissertação apresentada 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.

Orientador: DSc. Thiago Moreira de Rezende Araújo

Coorientador: DSc. Luis Felipe Umbelino dos Santos

MACAÉ - RJ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S725c Sousa, Annelise Martins de, 1990-.
Caracterização espaço-temporal da qualidade da água da Lagoa de Cima,
Campos dos Goytacazes-RJ. / Annelise Martins de Sousa. — Macaé, RJ, 2020.
51 f.: il. color.

Orientador: Thiago Moreira de Rezende Araújo, 1981-.
Coorientador: Luis Felipe Umbelino dos Santos, 1978-.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em
Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2020.
Inclui referências.
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.
Linha de Pesquisa: Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

1. Controle de qualidade da água - Cima, Lagoa de (Campos dos
Goytacazes, RJ). 2. Água - Análise. 3. Água - Conservação - Cima, Lagoa de
(Campos dos Goytacazes, RJ). 4. Água doce - Legislação - Brasil. 5. Gestão
ambiental. I. Araújo, Thiago Moreira de Rezende, 1981-, orient. II. Santos, Luis
Felipe Umbelino dos, 1978-, coorient. III. Título.

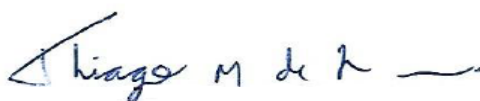
CDD 628.161098153

(23. ed.)

Dissertação intitulada **CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ**, elaborada por **Annelise Martins de Sousa** 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 de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovada em: 17 de dezembro de 2020.

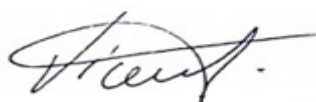
Banca Examinadora:



Thiago Moreira de Rezende Araújo
Doutor em Ciências Naturais / Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador



Luis Felipe Umbelino dos Santos
Doutor em Ecologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Coorientador



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



Camila Ramos de Oliveira Nunes
Doutora em Ciências Naturais / Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Aloisio e Heleilza, pelo apoio e incentivo,
à minha família e aos meus amigos.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter permitido que eu chegasse até aqui.

Aos meus orientadores Thiago e Umbelino, pela orientação, dando todo o suporte necessário, e pela confiança para a realização deste trabalho.

À técnica em química Carol e aos bolsistas do LabFoz, pelo auxílio nas análises, especialmente ao Higor, pela grande ajuda na saída de campo para coleta das amostras.

Ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense) pelo suporte no transporte da saída de campo.

Aos professores Camila e Vicente por terem aceitado avaliar este trabalho, contribuindo com suas valiosas observações e sugestões.

Aos professores, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos amigos Carol, Kamila, Léo e Luana, por tornarem esses dias de mestrado mais “leves” com todo o incentivo, apoio e carinho e por todos os momentos que compartilhamos.

Às minhas amigas de infância, por estarem sempre comigo, mesmo que às vezes de longe.

À toda minha família, em especial ao meu pai Aloisio pelo apoio e incentivo, e à minha mãe Heleilza pela dedicação e zelo. Vocês são fundamentais para que eu consiga chegar tão longe.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1. Localização da Bacia de Drenagem do Rio Imbé (RI) e Lagoa de Cima (LC).....	04
Figura 2. Localização dos pontos de amostragem na LC.....	05
Figura 3. Valores de salinidade encontrados para as amostras de água da LC.....	07
Figura 4. Valores de pH encontrados para as amostras de água da LC.....	07
Figura 5. Valores de turbidez encontrados para as amostras de água da LC.....	08
Figura 6. Valores de CE e STD encontrados para as amostras de água da LC.....	08
Figura 7. Valores de OD encontrados para as amostras de água da LC.....	09
Figura 8. Valores de temperatura encontrados para as amostras de água da LC.....	09
Figura 9. Valores de DBO encontrados para as amostras de água da LC.....	10

ARTIGO 2

Figura 1. Mapa de localização da LC.....	17
Figura 2. Localização dos pontos de amostragem na LC.....	18
Figura 3. Precipitação acumulada nos 30 dias anteriores à saída de campo.....	24
Figura 4. Dendrograma obtido da análise de agrupamento hierárquico (HCA) para os pontos das saídas S1 e S2.....	29
Figura 5. Gráficos <i>biplot</i> obtidos na análise de componentes principais (PCA).....	30

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Descrição e localização dos pontos de amostragem.....	05
Tabela 2. Análises e métodos utilizados.....	06
Tabela 3. Valores encontrados para os parâmetros microbiológicos das amostras de água da LC.....	10

ARTIGO 2

Tabela 1. Descrição e localização dos pontos de amostragem.....	18
Tabela 2. Análises realizadas, métodos e/ou equipamentos utilizados.....	19
Tabela 3. Parâmetros cromatográficos utilizados na análise do nitrato.....	19
Tabela 4. Parâmetros que integram o IQA e seus respectivos pesos.....	21
Tabela 5. Classificação do IQA.....	22
Tabela 6. Valores médios obtidos e a estimativa dos desvios padrão para os parâmetros que integram o IQA-NSF, referentes as saídas 1 (S1 – 16/04/2019) e 2 (S2 – 01/10/2019).....	25
Tabela 7. Resultados obtidos no cálculo do IQA-NSF através das médias e produtórios ponderados e sua classificação, referentes a saída 1 (S1) – 16/04/2019.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA – Área de Proteção Ambiental
BDRILC – Bacia de Drenagem do Rio Imbé e Lagoa de Cima
CE – Condutividade Elétrica
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO_{5,20} – Demanda Bioquímica de Oxigênio
FMPA – Faixa Marginal de Proteção Ambiental
GPS – *Global Position System*
HCA – *Hierarchical Cluster Analysis*
IFFluminense – Instituto Federal Fluminense
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
IQA – Índice de Qualidade da Água
km – quilômetro
LabFoz- Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas
LC – Lagoa de Cima
LD – Limite de Detecção
LQ – Limite de Quantificação
m – Metro
NMP – Número Mais Provável
NSF – *National Sanitation Foundation*
OD – Oxigênio Dissolvido
pH – Potencial Hidrogeniônico
PCA – *Principal Components Analysis*
PICG – Polo de Inovação Campos dos Goytacazes
RI – Rio Imbé
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
STD – Sólidos Totais Dissolvidos
UC – Unidade de Conservação
UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

RESUMO

As águas doces são imprescindíveis para a manutenção da vida na Terra e para o desenvolvimento econômico mundial. Apesar disso, a quantidade e qualidade da água vem sendo ameaçada em decorrência do seu uso excessivo e pela ocupação desordenada do solo. O estudo da qualidade da água é essencial para identificar as consequências que essas ações podem gerar em um corpo hídrico e para criar meios para atender determinado uso da água. Para avaliar a qualidade da água utiliza-se de parâmetros indicadores, podendo ser biológicos, físicos ou químicos. A caracterização desses parâmetros de forma independente tem grande importância, uma vez que permitem uma análise individual dos elementos que estão alterando a qualidade da água, mas por outro lado, a grande quantidade, acaba dificultando a interpretação dos seus resultados. Os índices de qualidade da água surgiram da necessidade de resumir esses resultados em um único valor numérico, possibilitando uma compreensão geral da qualidade da água do corpo hídrico e facilitando a interpretação dos dados. Dessa forma, o objetivo desta dissertação foi fazer uma caracterização da qualidade da água da Lagoa de Cima (LC), através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e da aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA). As coletas das amostras foram realizadas em seis pontos distribuídos ao longo da lagoa, um ponto no rio Imbé e um ponto no rio Urubu, e ocorreram em duas campanhas, nos meses de abril de 2019 e outubro de 2019, contemplando as variações no espaço e no tempo. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Análises e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense). As determinações foram feitas, em sua maioria, em triplicata e os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for examination of water & wastewater 23rd*. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e com trabalhos científicos similares. O IQA utilizado foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e calculado em planilha de *Excel*, utilizando tanto a fórmula da média quanto a do produtório ponderado. Os resultados demonstraram que as águas da Lagoa de Cima apresentaram qualidade compatível com a Classe 2 / águas doces e sua classificação segundo o IQA é “BOA”. Espera-se que este trabalho possa auxiliar os gestores no desenvolvimento de ações para a conservação e o uso sustentável desse corpo hídrico.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Parâmetros de qualidade. IQA. Gestão ambiental.

**SPATIO-TEMPORAL CHARACTERIZATION OF WATER QUALITY OF LAGOA DE CIMA,
CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ, BRAZIL**

ABSTRACT

Fresh water is essential for the maintenance of life on Earth and for the world's economic development. Despite this, the quantity and quality of water has been threatened due to its excessive use and disorderly land occupation. The study of water quality is essential to identify the consequences that these actions can have on a water body and to create means to meet a given water use. In order to evaluate water quality, indicator parameters are used, which can be biological, physical or chemical. The characterization of these parameters independently is very important, since they allow an individual analysis of the elements that are affecting the water quality, but on the other hand, the large quantity, ends up making the interpretation of their results difficult. The water quality indices arose from the need to summarize these results in a single numerical value, enabling a general understanding of the water quality of the water body and facilitating the interpretation of the data. Thus, the objective of this dissertation was to make a characterization of the water quality of Lagoa de Cima, through physico-chemical and microbiological parameters and the application of the Water Quality Index (WQI). The samples were collected at six points distributed along the lagoon, one point at Imbé river and one point at Urubu river and will take place in two campaigns, April 2019 and October 2019, taking into account the variations in space and time. The physico-chemical and microbiological analyses were realized at the Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) of the Polo de Inovação Campos dos Goytacazes / Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense). The determination was made in triplicate, and the methods of analysis followed the technical standards established by the Standard Methods for examination of water & wastewater 23rd. The obtained results were compared to the standards established by Resolution nº 357/2005 of the Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) and compared with similar scientific works. The WQI utilized was developed by National Sanitation Foundation (NSFWQI) and was calculated in an Excel spreadsheet, using the weighted average and weighted product formula. The results showed that the water of Lagoa de Cima presented quality compatible with Class 2 / fresh water and its classification according to the WQI is "GOOD". It is hoped that the results obtained here may assist managers to develop actions for the conservation and sustainable use of this water body.

Keywords: Water resources. Quality parameters. WQI. Environmental management.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ.....	03
INTRODUÇÃO.....	03
MATERIAL E MÉTODOS.....	03
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	06
CONCLUSÃO.....	11
REFERÊNCIAS.....	11
ARTIGO CIENTÍFICO 2: CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ, ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODO.....	16
2.1. Área de estudo.....	16
2.2. Coleta e análise das amostras.....	17
2.3. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	20
2.4. Análise estatística dos dados.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4. CONCLUSÃO.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO.....	37

APRESENTAÇÃO

A Lagoa de Cima, situada no município de Campos dos Goytacazes/RJ, é um corpo hídrico de grande importância econômica e social para essa região. É um local bastante procurado por banhistas, para recreação e lazer durante os finais de semana e, principalmente, no verão, além de ser fonte de sustento de muitos pescadores que vivem no seu entorno.

No ano de 1992, a lagoa foi instituída como uma Área de Proteção Ambiental (APA) pela Lei Municipal nº 5394/92, fazendo-se necessário a elaboração de um Plano de Manejo (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 1992). Nesse documento técnico são estabelecidos o zoneamento da APA e as normas que devem reger o uso da área e o manejo dos seus recursos naturais, de acordo com os objetivos gerais da Unidade de Conservação. Porém, passados quase 30 anos da sua criação, o plano de manejo ainda não foi concluído. Além disso, anteriormente já havido sido considerada uma Área de Interesse Especial do interior do Estado pelo Decreto nº 9760, de 11 de março de 1987 (RIO DE JANEIRO, 1987).

Essas legislações possuem elementos que têm como objetivo central proporcionar a proteção da Lagoa de Cima, conciliando interesses econômicos, sociais e turísticos. De acordo com Rezende *et al.* (2006), essa área vem passando por um forte processo de desenvolvimento nos últimos anos, devido à crescente taxa de ocupação populacional e seu grande potencial turístico. Portanto, a avaliação da qualidade da água nesse local se torna uma ferramenta importante para obtenção de informações sobre as condições desse importante recurso hídrico. Esses dados podem contribuir na tomada de decisões quanto à sua gestão ambiental, visando a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais.

Nesse sentido, o presente estudo teve como principal objetivo fazer uma caracterização espacial e temporal da qualidade da água da Lagoa de Cima, através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e da aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA). Como produto da dissertação foram obtidos dois (02) artigos científicos.

O primeiro artigo (Artigo Científico 1) foi intitulado “**Caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água da Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes/RJ**”. O artigo se encontra formatado de acordo com as normas do evento no qual ele foi apresentado. Nele foram discutidos os resultados obtidos na segunda saída de campo (S02), que ocorreu no dia 01/10/2019, em seis pontos de amostragem ao longo da lagoa, um ponto no rio Imbé e um ponto no rio Urubu, ambos afluentes da lagoa, abrangendo diferentes usos e ocupação do solo no entorno. Os resultados obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, onde a Lagoa de Cima se apresentou com qualidade compatível às águas doces / classe 2 e

demonstraram a importância da determinação da qualidade da água dos rios Imbé e Urubu, afluentes da lagoa.

O segundo artigo (Artigo Científico 2) teve como título **“Caracterização espaço-temporal da qualidade da água da Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes-RJ, através do Índice de Qualidade da Água (IQA)”**. Neste artigo foram levantados os resultados encontrados nas duas saídas de campo, realizadas nos dias 16/04/2019 e 01/10/2019, fazendo uma análise da variação espacial e temporal dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, verificando sua conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05, a aplicação do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e a comparação com trabalhos similares. Os resultados mostraram que, no geral, a Lagoa de Cima apresentou qualidade “BOA”. O IQA possibilitou uma compreensão geral da qualidade da água e uma fácil interpretação dos dados.



ARTIGO CIENTÍFICO 1

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

Annelise Martins de Sousa^{1, x}, Luana Santana Cintra¹, Carolina Ramos de Oliveira Nunes¹, Luis Felipe Umbelino dos Santos¹ & Thiago Moreira de Rezende Araújo¹
(¹IFFluminense, Rodovia Amaral Peixoto km 164, Imboassica, Macaé, Rio de Janeiro, 27932-050, Brasil; ^xAutor de correspondência: annelisemartinss@gmail.com)

INTRODUÇÃO

As águas doces continentais são essenciais para manter a vida na Terra e para o desenvolvimento econômico do mundo. No entanto, a qualidade e quantidade da água vem sendo acometida em virtude do seu uso excessivo em atividades antrópicas, incluindo nesses usos as águas superficiais e subterrâneas (Tundisi, 2003; Tundisi, 2006a; Tundisi, 2006b). O estudo da qualidade da água é imprescindível para identificar as consequências que essas ações podem gerar em um corpo hídrico, e para criar meios para atender determinado uso da água.

A Legislação Brasileira, através das Resoluções CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000, que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras (BRASIL, 2000) e CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005), estabelece limites máximos e/ou mínimos para diversos parâmetros de qualidade da água.

A Lagoa de Cima (LC), localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ, objeto deste estudo, é um corpo hídrico de grande importância social para a região onde se encontra, sendo um local bastante procurado para recreação e lazer durante os finais de semana e, principalmente, no verão, além de ser fonte de sustento de muitos pescadores que ali vivem. De acordo com Rezende *et al.* (2006), esses fatores contribuíram para o forte processo de aumento populacional que a lagoa vem sofrendo nos últimos anos.

A Lei Municipal nº 5394, de 24 de dezembro de 1992, instituiu a Lagoa de Cima como uma Área de Proteção Ambiental (APA), um tipo de Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável, fazendo-se necessário a elaboração de um Plano de Manejo. Esse documento estabelece o zoneamento e as normas que devem reger o uso da área e o manejo dos recursos naturais, de acordo com os objetivos gerais da UC. O mesmo deve ser elaborado em um prazo de 5 (cinco) anos após sua criação, sendo ainda inexistente para o local (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 1992). Sendo assim, é de suma importância a obtenção de dados sobre a qualidade da sua água para que eles venham a auxiliar na tomada de decisões quanto à sua gestão e conservação.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar variáveis da qualidade da água da LC, através da caracterização de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso e nos rios Imbé e Urubu, afluentes da lagoa.

MATERIAL E MÉTODOS

A Lagoa de Cima (LC) (21°46'01''S 41°31'00''W), Figura 1, está situada no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, a cerca de 28 km de distância do seu centro urbano. Possui uma área de 15 km² de espelho d'água, 4 m de profundidade, aproximadamente, e um tempo de residência da água de 29 dias, em média. É formada através da confluência dos rios Imbé e Urubu, e suas águas são drenadas pelo rio Ururáí, um dos principais abastecedores de água doce da Lagoa Feia (Bidegain *et al.* 2002; Rezende *et al.* 2006).

Um ponto que causa bastante preocupação é a ocupação desordenada da faixa marginal de proteção ambiental (FMPA) da LC que, segundo a Lei N° 12651 de 25 de maio de 2012, é de 100 m a partir da margem na sua cota mais alta, quando a lagoa se encontra em uma área rural (BRASIL, 2012). Esse espaço, muitas vezes, é ocupado por estradas, comércios, residências, cercas, pastagens e lavouras, tendo apenas 18 % do seu entorno coberto por mata ciliar (Bidegain *et al.*, 2002; Rezende *et al.*, 2006).

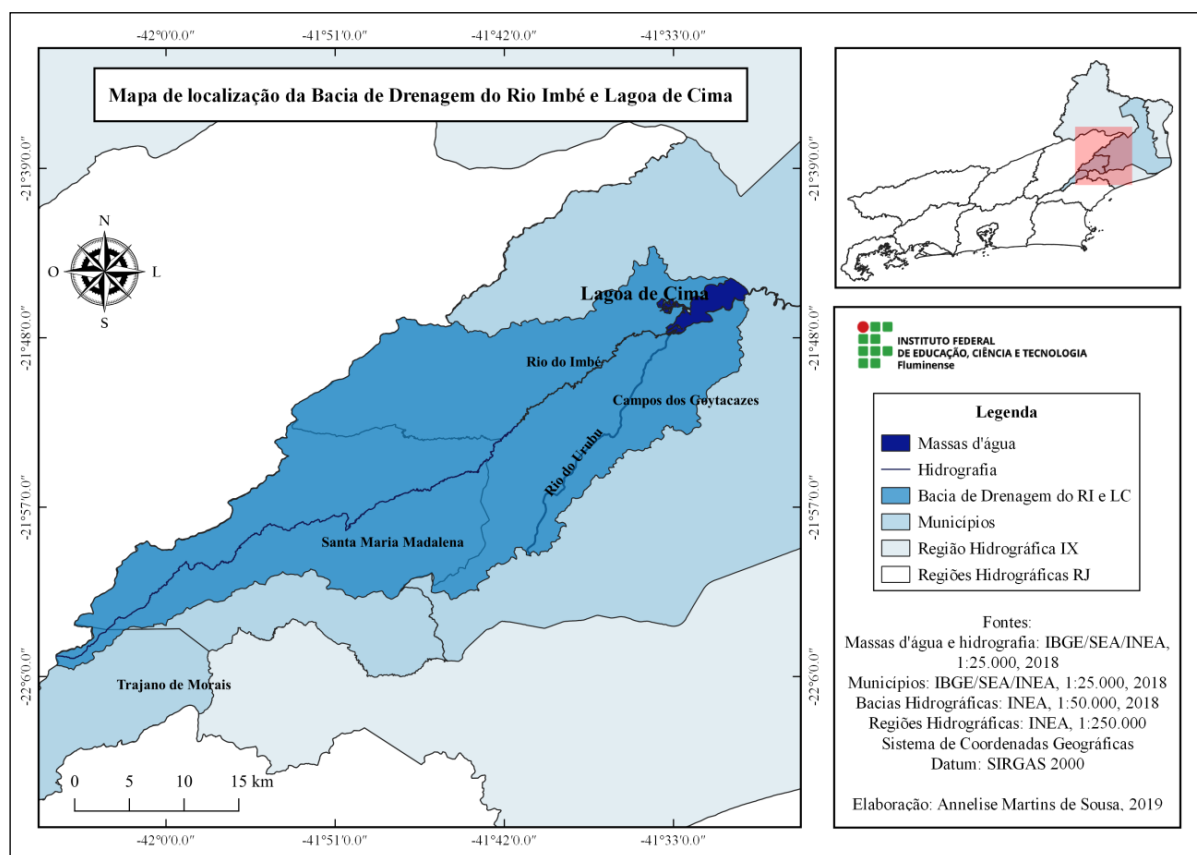


Figura 1. Localização da Bacia de Drenagem do Rio Imbé (RI) e Lagoa de Cima (LC).

Fonte: Autores (2019)

Com relação às coletas, foram escolhidos 8 pontos de amostragem ao longo da lagoa e nos rios Imbé e Urubu, georreferenciados através do sistema de posicionamento de satélite *Global Position System* (GPS) da marca Garmin modelo GPSMAP 76Cx (Figura 2 e Tabela 1). As amostras foram coletadas a cerca de 20-30 cm da superfície, em 01/10/2019, dia parcialmente nublado com sol e sem precipitação. A precipitação acumulada no mês anterior à data da saída de campo (01/09 - 30/09) foi de 72,8 mm, dados da Estação Automática Campos dos Goytacazes-A607 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).



Figura 2. Localização dos pontos de amostragem na LC.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

Tabela 1. Descrição e localização dos pontos de amostragem.

Pontos	Descrição	Coordenadas
P1	Início da lagoa (Confluência dos rios Imbé e Urubu)	21°47'08''S 41°32'11''W
P2	Comunidade Santa Rita (Próximo ao Iate Clube)	21°46'58''S 41°31'11''W
P3	Comunidade São Benedito (Residências e concentração de banhistas)	21°46'04''S 41°31'46''W
P4	Comunidade São Benedito (Maior concentração de banhistas e residências nas margens)	21°45'27''S 41°31'04''W
P5	Comunidade Santa Rita (Presença de gado nas margens)	21°46'05''S 41°30'08''W
P6	Final da lagoa (Comunidade da Barra do Ururá)	21°45'37''S 41°29'13''W
P7	Rio Urubu (Local com água estagnada)	21°47'53''S 41°33'16''W
P8	Rio Imbé (Presença de gado nas margens)	21°47'52''S 41°33'16''W

As análises foram realizadas em triplicata, sendo que os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura foram determinados no local de amostragem e os demais parâmetros no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense). Os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for examination of water & wastewater 21th*.



Na Tabela 2, encontram-se listados os parâmetros e métodos utilizados na caracterização da qualidade da água da LC.

Tabela 2. Análises e métodos utilizados.

Análise	Metodologia
Coliformes totais, termotolerantes e <i>E. coli</i>	Método Colilert®
Demanda bioquímica de oxigênio	Aparelho de medição de DBO Aqualytic (Modelo AL 606)
Condutividade elétrica	Condutivímetro de bancada Digimed (Modelo DM32)
Salinidade e sólidos totais dissolvidos	Sonda multiparâmetros Hana Instruments (Modelo HI9829)
Oxigênio dissolvido e temperatura (<i>in loco</i>)	Oxímetro portátil Alfakit (Modelo AT 160)
Turbidez	Turbidímetro de bancada MS TecnoPON Instrumentação (Modelo TB 1000)
Potencial Hidrogeniônico	pHmetro de bancada Thermo Orion Star (Modelo A214)

Os dados gerados foram calculados em planilhas eletrônicas e analisados estatisticamente obtendo-se a média e a estimativa do desvio padrão das variáveis em cada ponto amostral. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pelas Resoluções CONAMA n° 357/2005 e n° 274/2000, e com trabalhos científicos similares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o artigo 42 da Resolução CONAMA n° 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, a Lagoa de Cima (LC) se enquadra como um corpo hídrico de água doce classe 2, onde as águas podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Ainda segundo a Resolução CONAMA n° 357/05, as águas doces são definidas como aquelas que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, o que pode ser comprovado com os resultados de salinidade obtidos (entre 0,012 e 0,029 ‰, Figura 3) que a LC se trata de um corpo hídrico de água doce. Além disso, foi possível observar que o ponto 7 (P7) apresentou valor mais discrepante dos demais (0,029 ‰).

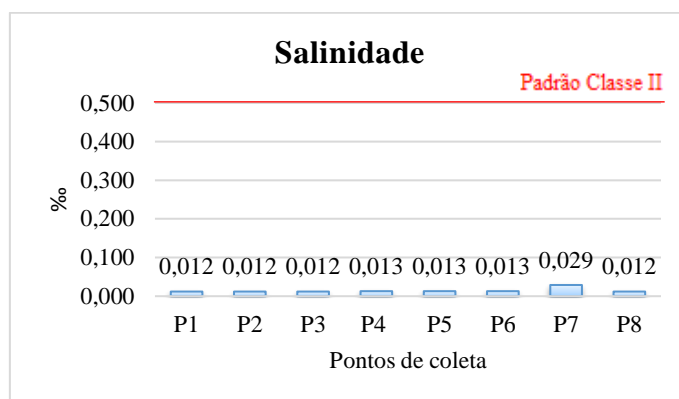


Figura 3. Valores de salinidade encontrados para as amostras de água da LC.
 Fonte: Autores (2020)

Com relação aos resultados obtidos nas análises de pH (Figura 4), observa-se que todos os pontos se encontram dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA n° 357/05 (pH entre 6,0 e 9,0, linha em vermelho). O P7 foi o que apresentou o menor valor (6,21), enquanto o P6 apresentou o maior valor (7,55), caracterizando um corpo hídrico com pH próximo a neutralidade.

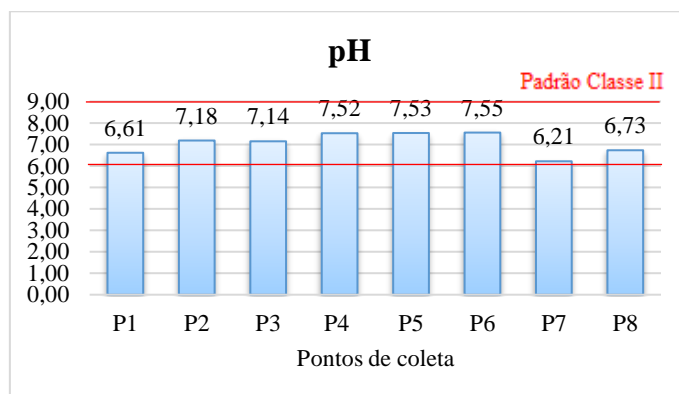


Figura 4. Valores de pH encontrados para as amostras de água da LC.
 Fonte: Autores (2020)

Quanto aos valores obtidos de turbidez (Figura 5), todos os pontos se encontravam bem abaixo do limite máximo preconizado pela Resolução já mencionada (100 UNT). Foi possível observar que o P7 foi o que apresentou o menor valor (2,07 NTU) e o P8 apresentou o maior valor (16,58 NTU). Isso pode estar relacionado ao fato de que o P7 está localizado em um ponto onde as águas ficam mais estagnadas, não ocorrendo o revolvimento dos sólidos em suspensão, e o P8 se encontra dentro do rio Imbé, onde há uma maior turbulência das águas, revolvendo os sólidos em suspensão.

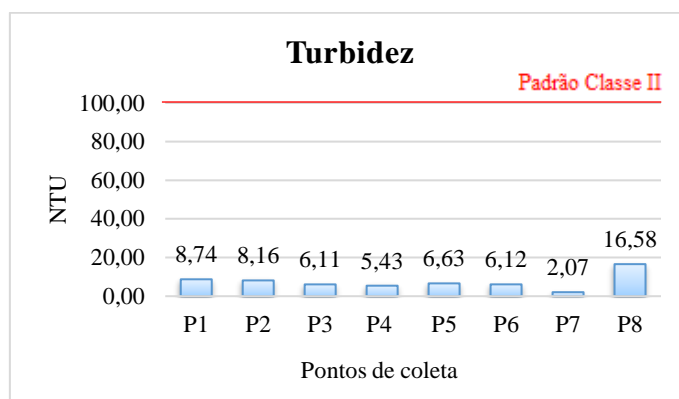


Figura 5. Valores de turbidez encontrados para as amostras de água da LC.
Fonte: Autores (2020)

Com relação aos valores de condutividade elétrica (CE), não há limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para este parâmetro. Todavia, Von Sperling (2014), ao relacionar a determinação de condutividade com o grau de contaminação do corpo hídrico, indica que o valor máximo para água doce não poluída é de até $100,00 \mu\text{S cm}^{-1}$. Portanto, todos os pontos apresentaram valores abaixo do limite máximo (Figura 6), sendo que o P7 foi o ponto que apresentou o valor mais discrepante, enquanto os demais apresentaram valores bem próximos uns dos outros. Quanto aos valores do parâmetro sólidos totais dissolvidos (STD), foi possível observar que todos os pontos apresentaram valores bem abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução (500,00 ppm), onde o P7 apresentou valor mais alto (43,17 ppm), enquanto os demais apresentaram valores bem próximos (entre de 18,37 e 20,63 ppm). Observando a figura 6, é possível perceber a relação direta entre os parâmetros CE e STD.

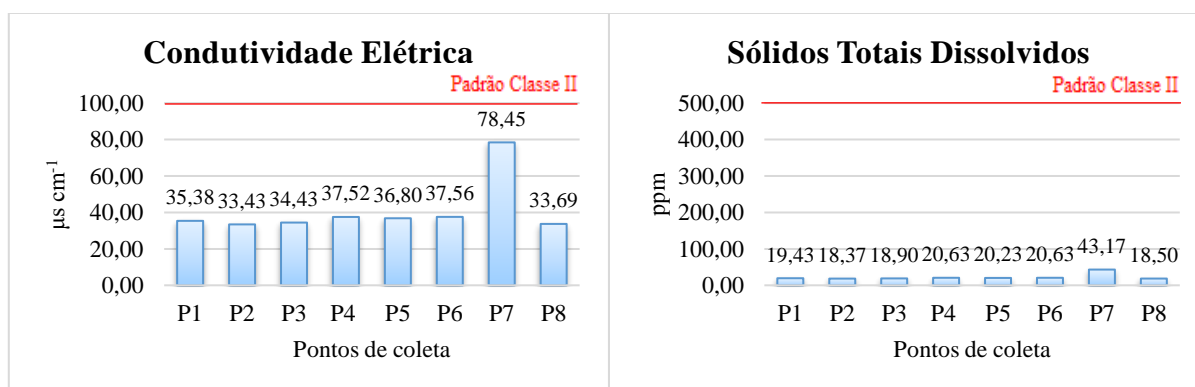


Figura 6. Valores de CE e STD encontrados para as amostras de água da LC.
Fonte: Autores (2020)

Os resultados obtidos para o parâmetro oxigênio dissolvido (OD), Figura 7, indicam que, dos pontos analisados, o P7 foi o único que apresentou valor abaixo do estabelecido pela legislação, que é de $\geq 5,0 \text{ mg L}^{-1}$. Isso pode estar relacionado ao fato de que o P7 está localizado em um ponto onde as águas ficam mais paradas, dificultando a sua aeração. A taxa de OD em níveis satisfatórios é essencial para a manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais (CETESB, 2017a). Valores de OD bem inferiores à saturação podem indicar a presença de matéria orgânica (Von Sperling, 2005).

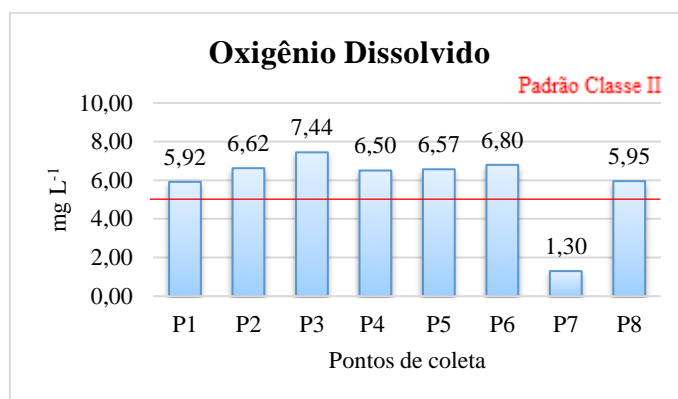


Figura 7. Valores de OD encontrados para as amostras de água da LC.
Fonte: Autores (2020)

Variações na temperatura fazem parte do regime climático normal, dependendo das estações do ano e do período do dia, por exemplo. A temperatura desempenha um papel essencial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas, devendo ser analisadas em conjunto com outros parâmetros, como o OD (CETESB, 2017a). Analisando a figura 8, é possível observar que o P6 foi o que apresentou a menor temperatura (22,6 °C), sendo que este foi o primeiro ponto a ser analisado e coletado (às 10:00 h, aproximadamente), e o P3 foi o que apresentou maior temperatura (25,0 °C), sendo um dos últimos a ser analisado e coletado (às 12:00 h, aproximadamente). Dessa forma, pode-se observar a relação da variação da temperatura da água com o período do dia.

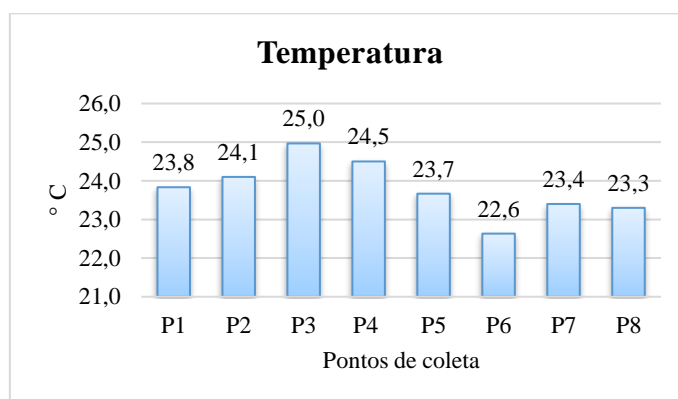


Figura 8. Valores de temperatura encontrados para as amostras de água da LC.
Fonte: Autores (2020)

Na figura 9 é possível observar os valores encontrados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), onde todos os pontos apresentaram-se dentro do limite máximo preconizado pela Resolução. Ela representa, de forma indireta, a quantidade de matéria orgânica no corpo hídrico, sendo as bactérias as responsáveis por fazerem a sua oxidação. Elas utilizam o oxigênio no seu processo respiratório, podendo ocasionar a redução da concentração de OD no meio. Valores elevados de DBO_{5,20} podem ser provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, possivelmente esgoto sanitário, podendo induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando a morte de peixes e outras formas de vida aquática (Von Sperling, 2005; CETESB, 2017a).

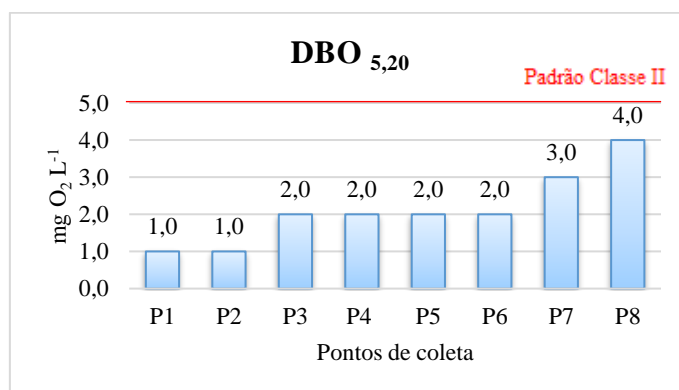


Figura 9. Valores de DBO encontrados para as amostras de água da LC.
Fonte: Autores (2020)

Na tabela 3 constam os valores obtidos para os parâmetros microbiológicos coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* das amostras de água da Lagoa de Cima.

Tabela 3. Valores encontrados para os parâmetros microbiológicos das amostras de água da LC.

Ponto	Parâmetros		
	Coliformes totais (NMP/100mL)	Col. termotolerantes (NMP/100mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)
P1	> 2419,6	267,9	214,3
P2	157,6	1,25	1,0
P3	1553,1	2,5	2,0
P4	248,1	2,5	2,0
P5	178,5	< 1,25	< 1,0
P6	214,2	1,25	1,0
P7	> 2419,6	113,6	90,9
P8	> 2419,6	431,0	344,8
*CONAMA nº 274/00	-	≤ 2500	≤ 2000
**CONAMA nº 357/05	-	≤ 1000	-

Onde: Col. termotolerantes: coliformes termotolerantes; NMP: número mais provável; *Valores máximos permitidos para uso de recreação de contato primário; **Valores máximos permitidos para os demais usos, considerando água doce/classe 2.

Os coliformes termotolerantes foram quantificados utilizando o fator de correção de 1,25 sobre o resultado de *Escherichia coli* (*E. coli*), de acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D (CETESB, 2017b).

Não há determinação dos limites máximos de coliformes totais na água nas Resoluções CONAMA nº 274/00 e 357/05. Quanto aos termotolerantes, para uso de recreação de contato primário, deverão ser seguidos os padrões de qualidade de balneabilidade estipulados na Resolução CONAMA nº 274/00. Para os demais usos, considerando-se água doce/classe 2, de acordo com a CONAMA nº 357/05, não deverá ser ultrapassado o limite de 1000 NMP para coliformes termotolerantes por 100 mL em 80 % ou mais de, pelo menos, 6 amostras coletadas durante o período de um ano. A *E. coli* é regulamentada pela Resolução CONAMA nº 274/00, onde diz que um corpo hídrico pode ser dividido em duas categorias quanto à sua balneabilidade: própria, podendo ser subdividida em excelente, muito



boa ou satisfatória; ou imprópria. Considera-se imprópria para banho quando o valor obtido na última amostragem ultrapassar 2500 NMP para coliformes termotolerantes ou 2000 NMP para *E. coli* por 100 mL, entre outras ocorrências.

Ressalta-se que a periodicidade de coleta utilizada neste trabalho não foi a estabelecida pela legislação, já que não foram obtidas um conjunto de amostras em um período de cinco semanas, para balneabilidade, e um total de seis amostras ao longo de um ano, com frequência bimestral, para os demais usos.

Observa-se que os pontos P1, P7 e P8 foram os que apresentaram maiores valores de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*, podendo ser provenientes de atividades que ocorram em torno dos rios Imbé e Urubu. Durante a saída de campo foi possível observar a presença de gados às margens dos rios citados, e como o P1 é o ponto da lagoa mais próximo à confluência desses rios, pode acabar sofrendo alguma interferência dessas atividades.

CONCLUSÃO

A Lagoa de Cima apresentou, no dia avaliado, qualidade compatível com a classe 2/água doce, para os parâmetros físico-químicos e DBO_{5,20}. Esses parâmetros apresentaram-se dentro dos limites preconizados pela legislação brasileira, a Resolução CONAMA nº 357/05. Faz-se necessário destacar a limitação em seguir a metodologia proposta, quanto aos parâmetros microbiológicos coliformes termotolerantes e *E. coli*, da CONAMA nº 274/00, para avaliar a balneabilidade da lagoa, e da CONAMA nº 357/05, para os demais usos.

Ressalta-se também, ser de grande importância a determinação da qualidade da água ao longo dos rios Imbé e Urubu, bem como seus usos e ocupação do solo, uma vez que os corpos d'água são acometidos por qualquer tipo de intervenção que ocorra em sua bacia e, pelos resultados encontrados, eles podem estar contribuindo negativamente para a qualidade da água da Lagoa de Cima.

AGRADECIMENTOS

Ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense.

REFERÊNCIAS

Bidegain P, Bizerril C, Soffiati A (2002) Lagoas do Norte Fluminense - Perfil Ambiental. Rio de Janeiro: Semads. 148p.

Brasil (2000) Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA Nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

Brasil (2005) Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Brasil (2012) Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Campos dos Goytacazes (1992) Lei Municipal Nº 5.394, de 24 de dezembro de 1992. Cria, com base no Art. 225, § 1º, III, da Constituição da República no Art. 8º da Lei Federal Nº 6.902, de 27 de abril de 1981,



no Art. 258, III da Constituição do Estado, e no Art. 243, V, da Lei Orgânica, a Área de Proteção Ambiental da Lagoa de Cima.

CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017a) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acessado em 26 de junho de 2019.

CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017b) Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acessado em 23 de setembro de 2018.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológicos - Estação automática. Disponível: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYwNw==. Acessado em 26 de fevereiro de 2020.

Rezende CE *et al.* (2006) Diagnóstico ambiental da área de proteção ambiental Lagoa de Cima. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro: Centro de Biociências e Biotecnologia: Laboratório de Ciências Ambientais. 148p.

Tundisi JEM (2006a) Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Médio Tocantins (TO). Tese de Doutorado. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

Tundisi JG (2003) Água no século XXI: Enfrentando a escassez. São Carlos: Editora RiMa. 251p.

Tundisi JG (2006b) Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Revista USP 70: 24-35.

Von Sperling M (2014) Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Editora UFMG. 592 p.

Von Sperling M (2005) Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Editora UFMG, 452 p.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ, ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

SPATIO-TEMPORAL CHARACTERIZATION OF WATER QUALITY OF “LAGOA DE CIMA”, CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ, BRAZIL, THROUGH WATER QUALITY INDEX (WQI)

Annelise Martins de Sousa - IFFluminense/PPEA

Luis Felipe Umbelino dos Santos - IFFluminense/PPEA

Thiago Moreira de Rezende Araújo - IFFluminense/PPEA

RESUMO

Os IQA surgiram com o intuito de resumir os parâmetros de qualidade da água em um valor único, e assim, facilitar a interpretação dos dados. Assim sendo, o objetivo deste artigo foi fazer uma caracterização espaço-temporal da qualidade da água da Lagoa de Cima (LC), no município de Campos dos Goytacazes-RJ, através da aplicação do IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e da análise estatística multivariada dos seus parâmetros. As amostras de água foram coletadas em 2 saídas de campo, onde 6 pontos estavam localizados na lagoa, 1 ponto no rio Imbé e 1 ponto no rio Urubu, ambos tributários da lagoa. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no LabFoz, do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes/IFFluminense. O IQA-NSF foi calculado em planilha de *Excel*, utilizando tanto a fórmula da média ponderada quanto a do produtório ponderado. A primeira saída de campo (S1) aconteceu no dia 16/04/2019, sendo a precipitação acumulada nos 30 dias anteriores de 40 mm, onde quase todos os pontos apontaram qualidade “BOA” ($70 < \text{IQA} \leq 90$), exceto um ponto que apresentou qualidade “RAZOÁVEL” ($50 < \text{IQA} \leq 70$), quando se utilizou o produtório. A segunda saída (S2) ocorreu no dia 01/10/2019, onde a precipitação acumulada no mês anterior foi de 72,8 mm. Esta apresentou melhores resultados, entre “ÓTIMA” ($90 < \text{IQA} \leq 100$) e “BOA” ($70 < \text{IQA} \leq 90$), e dois pontos com qualidade “RAZOÁVEL” ($50 < \text{IQA} \leq 70$). O maior volume de água devido às chuvas pode ter sido um fator contribuinte para a melhoria na qualidade da água, pois há uma maior dissolução na carga de poluentes.

Palavras-chave: Recursos hídricos. CONAMA 357/2005. PCA. HCA.

ABSTRACT

The WQI were created in order to summarize water quality parameters in a single value, and so, to facilitate data interpretation. Therefore, this article aimed to make a spatio-temporal characterization of the water quality of “Lagoa de Cima”, Campos dos Goytacazes/RJ, Brazil, through Water Quality Index developed by the National Sanitation Foundation (NSF) and multivariate statistical analysis of parameters that compose it. Water samples were collected in two field trips, where six points were located at the lagoon, one point at the Imbé river and one point at the Urubu river, both tributaries of the lagoon. The physical-chemical analyses were carried out at the LabFoz, of the Polo de Inovação Campos dos Goytacazes/IFFluminense. The NSF WQI was calculated in an Excel spreadsheet, using the weighted average and weighted product formula. The first field trip (S1) happened on April 16, 2019, the accumulated precipitation in the previous 30 days of 40 mm, where almost all points indicated “GOOD” quality ($70 < WQI \leq 90$), except one point that presented “MEDIUM” quality ($50 < WQI \leq 70$), when the weighted product was used. The second field trip (S2) occurred on October 01, 2019, where the accumulated precipitation in the previous 30 days was 72.8 mm. This one presented better results, between “EXCELLENT” ($90 < WQI \leq 100$) and “GOOD” ($70 < WQI \leq 90$), and two points with “MEDIUM” quality ($50 < WQI \leq 70$). The greater volume of water due to rains may have contributed to the improvement of water quality, because there is a greater dissolution in the pollutant load.

Keywords: *Water resources. CONAMA 357/05. PCA. HCA.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água se dá em função das condições naturais, pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica, e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, por meio da geração de despejos domésticos ou industriais, bem como na aplicação de agrotóxicos no solo, contribuindo na introdução de compostos na água.

O monitoramento contínuo da qualidade da água é indispensável para identificar as consequências que essas ações podem acarretar em um corpo hídrico e para assegurar seus usos múltiplos. Para caracterização da qualidade da água, utiliza-se parâmetros indicadores (biológicos, físicos ou químicos), que são inúmeros, sendo eles definidos de acordo com os objetivos do estudo (BRAGA *et al.*, 2005; MEDRONHA *et al.*, 2013; SOUZA, 2015) ou das legislações vigentes.

A Legislação Brasileira, por exemplo, através das Resoluções CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000), CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e

CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), e da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde MS nº 5 de 28 de setembro de 2017, em seu **Anexo XX** (BRASIL, 2017), determinam limites máximos e/ou mínimos para as concentrações de variáveis de qualidade, relacionados aos critérios de balneabilidade das águas brasileiras, ao enquadramento dos corpos de água, ao lançamento de efluentes e à potabilidade, respectivamente.

A caracterização individual de parâmetros da qualidade da água é muito importante, no entanto, não possibilita uma avaliação geral do corpo hídrico (SOUZA, 2015). O Índice de Qualidade da Água (IQA) surgiu da necessidade de se ter um único valor numérico que levasse em consideração os parâmetros mais significativos para a caracterização da qualidade das águas e que possibilitasse uma compreensão geral, facilitando a interpretação dos dados e comunicação entre os profissionais e o público (BROWN *et al.*, 1970).

O IQA permite avaliar a qualidade da água bruta que será destinada ao abastecimento público após passar pelo tratamento convencional. Ele se mostra sensível à contaminação dos corpos hídricos principalmente pelo lançamento de esgotos domésticos, a qual ainda é a principal influência sobre a qualidade das águas no Brasil (ANA, 2013).

Segundo dados da Agência Nacional das Águas - ANA (2017), 43% da população brasileira é atendida com rede coletora e estação de tratamento de esgotos e 12% é atendida por solução individual (fossa séptica), totalizando 55% da população com esgotamento sanitário adequado. Em contrapartida, 18% da população tem seus esgotos coletados, mas não são tratados e 27% não possuem coleta nem tratamento de esgotos, indicando um total de 45% da população sem tratamento de esgotos. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, no ano de 2018, do volume de esgoto gerado, apenas 46,3% foi tratado, e do esgoto coletado, 74,5% foi tratado (BRASIL, 2019).

Nesse sentido, muitos órgãos governamentais ligados às Secretarias Estaduais de Meio Ambiente (INEA, CETESB, IGAM) e diversos estudos no Brasil utilizam o IQA-NSF, ou similar ao mesmo, para avaliar a qualidade das águas, sendo que as faixas de valores utilizadas por cada um podem variar de acordo com os estados.

Costa *et al.* (2020) avaliaram a qualidade da água do rio Piabanha, pertencente à região montanhosa do Estado do Rio de Janeiro, através da análise de quinze parâmetros, cálculo do IQA e análises estatísticas multivariadas. Os resultados mostraram que os parâmetros coliformes e DBO foram os que mais impactaram o IQA, estando acima do limite máximo permitido pela legislação brasileira. Quanto aos parâmetros que não fazem parte do IQA, as concentrações de amônio e fósforo total violaram a legislação. Comparando os resultados dos anos de 2012 e 2019, foi observado uma melhora na qualidade geral da água. Quanto a sazonalidade, as estações secas apresentaram melhores

índices de qualidade da água do que as chuvosas, visto que as chuvas transportam sedimentos e poluentes para dentro dos rios.

Decker *et al.* (2018), por exemplo, avaliaram a qualidade das águas superficiais da Lagoa dos Patos, Pelotas-RS, comparando com os limites aceitáveis estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico para o Fósforo (IET_{PT}). Os resultados mostraram altas concentrações de fósforo total, nitrogênio total, turbidez e sólidos totais, e com poucas alterações sazonais e espaciais. O IQA classificou as águas como de qualidade “razoável” e o IET_{PT} classificou as águas como “hipereutróficas”. Além disso, as análises demonstraram contaminação na água por efluentes domésticos sem tratamento.

A Lagoa de Cima é uma Área de Proteção Ambiental (APA) instituída no ano de 1992 e ainda não possui o seu plano de manejo. É uma área utilizada para recreação, lazer e atividades desportivas e assim sendo, torna-se necessário conhecer a qualidade da água visando fornecer informações para a gestão municipal responsável por esta unidade. Diante disso, o presente artigo teve como objetivo fazer uma caracterização espaço-temporal da qualidade da água da Lagoa de Cima (LC), Campos dos Goytacazes-RJ, por meio da aplicação do Índice de Qualidade da Água desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (IQA-NSF) e da análise estatística multivariada dos parâmetros que o compõe.

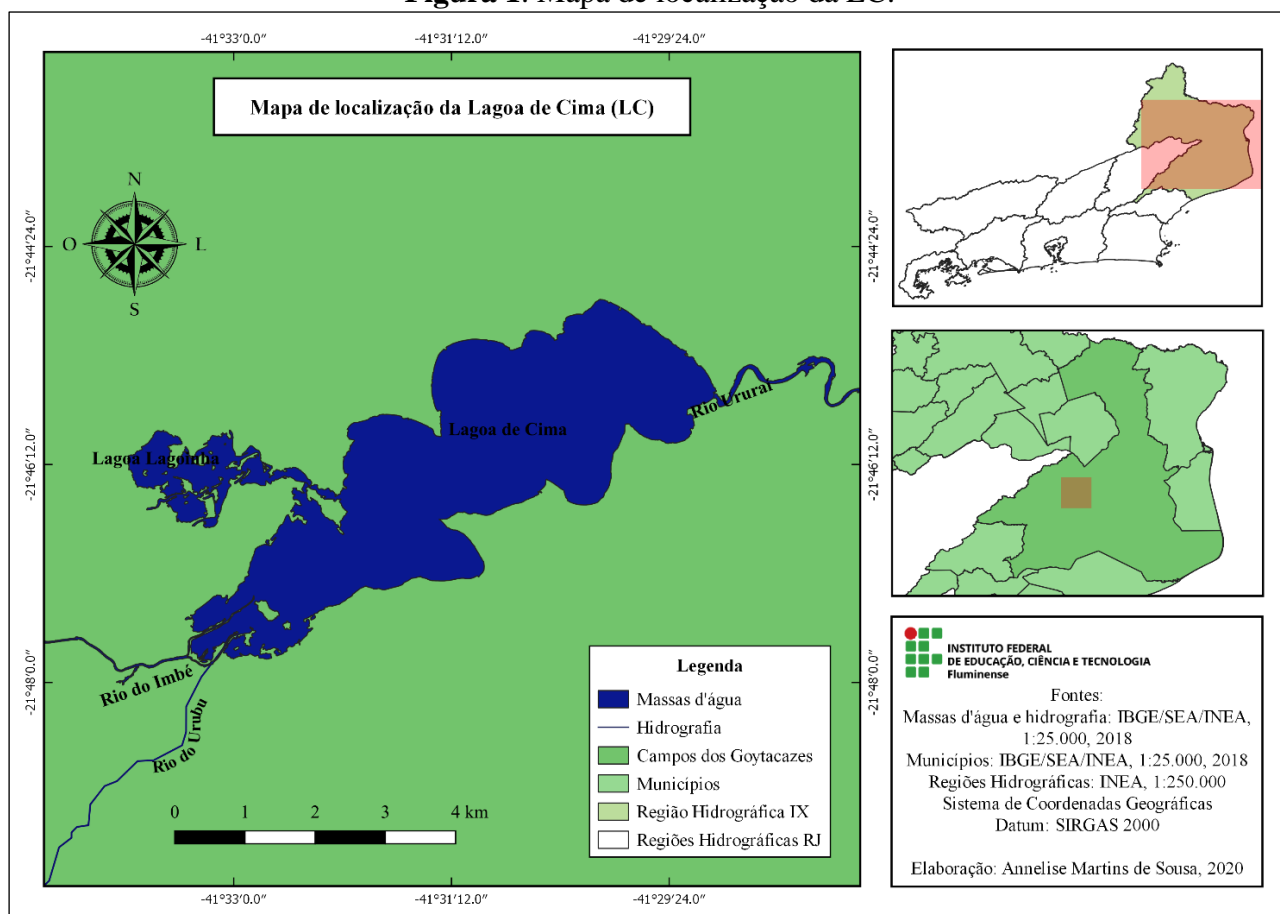
2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Área de estudo

A Lagoa de Cima (LC) possui um espelho d'água de aproximadamente 15 km² de área, 18 km de perímetro, 4 m de profundidade e o tempo de residência da água é de 29 dias, em média. Sua formação se dá através do encontro dos rios Imbé e Urubu, e por três córregos pequenos, e suas águas seguem pelo rio Ururaí, que é um dos principais abastecedores de água doce da Lagoa Feia. Está localizada no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), a cerca de 28 km de distância do centro urbano (BIDEGAIN *et al.*, 2002; REZENDE *et al.*, 2006).

No entorno da LC encontram-se três localidades diretamente conectadas ao espelho d'água: as comunidades de Santa Rita, São Benedito e Barra do Rio Ururaí (REZENDE *et al.*, 2006). É um corpo d'água muito importante para a região, pois é bastante frequentado pela população durante os fins de semana, principalmente no verão. Também é fonte de sustento de muitos pescadores que vivem no seu entorno.

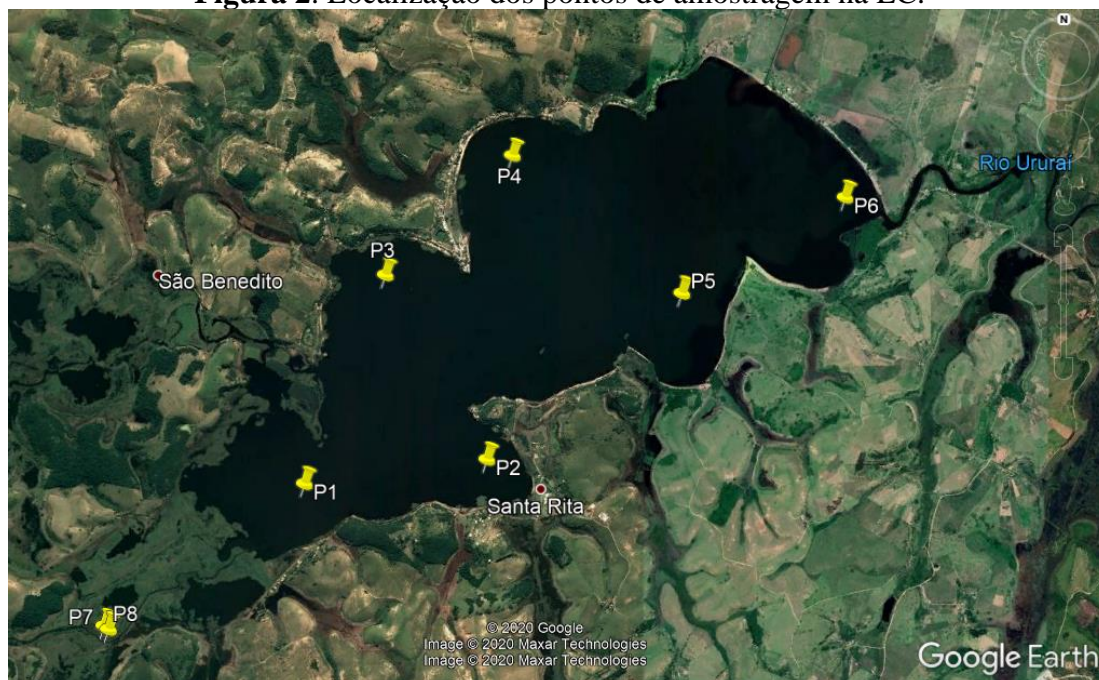
Figura 1. Mapa de localização da LC.



Fonte: Elaboração própria.

2.2. Coleta e análise das amostras

Foram definidos seis (6) pontos ao longo da lagoa, um (1) ponto no Rio Imbé e um (1) ponto no Rio Urubu, totalizando oito (8) pontos para coleta de amostras, buscando contemplar as variações espaciais. Eles foram georreferenciados através do sistema de posicionamento de satélite *Global Position System (GPS)* da marca Garmin modelo GPSMAP 76Cx (Figura 2 e Tabela 1). As amostras foram coletadas a cerca de 20-30 cm da superfície, nos dias 16/04/2019 e 01/10/2019, dias parcialmente nublados e sem precipitação.

Figura 2. Localização dos pontos de amostragem na LC.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2020.

Tabela 1. Descrição e localização dos pontos de amostragem.

Pontos	Descrição	Coordenadas
P1	Início da lagoa (Confluência dos rios Imbé e Urubu)	21°47'08''S 41°32'11''W
P2	Comunidade Santa Rita (Próximo ao Iate Clube)	21°46'58''S 41°31'11''W
P3	Comunidade São Benedito (Residências e concentração de banhistas)	21°46'04''S 41°31'46''W
P4	Comunidade São Benedito (Maior concentração de banhistas e residências nas margens)	21°45'27''S 41°31'04''W
P5	Comunidade Santa Rita (Presença de gado nas margens)	21°46'05''S 41°30'08''W
P6	Final da lagoa (Comunidade da Barra do Ururai)	21°45'37''S 41°29'13''W
P7	Rio Urubu (Local com água estagnada)	21°47'53''S 41°33'16''W
P8	Rio Imbé (Presença de gado nas margens)	21°47'52''S 41°33'16''W

Após as coletas, as amostras foram armazenadas e conservadas em frascos apropriados, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Análises e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense (PICG/IFFluminense) para realização das determinações. Na Tabela 2, encontram-se os parâmetros e métodos/equipamentos utilizados na caracterização da qualidade da água da LC. Os métodos seguiram as normas técnicas

estabelecidas pelo *Standard Methods for examination of water & wastewater 23rd*. Ressalta-se que os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura foram mensurados no local da amostragem. As análises foram realizadas em triplicata, exceto os parâmetros coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio e resíduo total.

Tabela 2. Análises realizadas, métodos e/ou equipamentos utilizados.

Análise	Método/Equipamento
Oxigênio dissolvido e temperatura (<i>in loco</i>)	Oxímetro portátil Alfakit (Modelo AT 160)
Coliformes termotolerantes e <i>E. coli</i>	Método Colilert®
Potencial Hidrogeniônico	pHmetro de bancada Thermo Orion Star (Modelo A214)
Demanda bioquímica de oxigênio	Aparelho de medição de DBO Aqualytic (Modelo AL 606)
Nitrato	Cromatografia iônica
Fósforo total	*Método 4500-P(E) Espectrofotômetro UV-Visível Gehaka (Modelo Vis 340-G UV-Vis)
Turbidez	Turbidímetro de bancada MS Tecnoyon Instrumentação (Modelo TB 1000)
Resíduo (sólido) total	*Método 2540-B

*Métodos referentes ao *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition* (APHA, 2017).

De forma mais detalhada, a análise do parâmetro nitrato foi realizada em um cromatógrafo de íons da Metrohm (modelo 883 Basic IC Plus), com sistema de supressão, acoplado a um amostrador automático (modelo 863 Compact Autosampler) e a um detector de condutividade elétrica da Metrohm. Na Tabela 3, tem-se as especificações dos parâmetros cromatográficos utilizados.

Tabela 3. Parâmetros cromatográficos utilizados na análise do nitrato.

Parâmetros	Especificações
Fase móvel	NaHCO ₃ (1,0 mmol L ⁻¹) e Na ₂ CO ₃ (3,2 mmol L ⁻¹)
Solução do supressor	H ₂ SO ₄ (0,10 mol L ⁻¹)
Coluna	Metrosep A Supp 5 - 150/4.0 da Metrohm
Pressão	10,0 mPa
Volume injetado	20 µL
Tempo da corrida	20 minutos

Para essa análise as amostras foram previamente filtradas em membrana de acetato de celulose hidrofílico de 45 µm de porosidade e diâmetro de 25 mm, marca Filtrilo, acoplada a seringa *luer lock* e, posteriormente, injetadas no cromatógrafo.

A curva analítica para a quantificação do nitrato foi obtida utilizando-se o método da padronização externa, a partir de soluções com concentrações de nitrato iguais a 0,10; 1,00; 2,50; 5,00 e 10,00 mg L⁻¹ preparadas a partir da diluição de uma solução padrão na concentração de 1000 mg L⁻¹ de nitrato, marca SpecSol/Brasil. A equação da reta e o coeficiente de correlação (r) obtidos foram, respectivamente, $y = 0,1058 x - 0,0094$ e 0,9983. Foram calculados também os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) utilizando o método baseado em parâmetros da curva analítica como recomenda Ribani *et al.* (2004), onde foram encontrados os valores de 0,0261 mg L⁻¹ para o LD e 0,0791 mg L⁻¹ para o LQ. Após a análise do nitrato, em mg L⁻¹, foi feita a conversão para mg de N L⁻¹.

O fósforo total foi determinado por espectroscopia UV/Vis, método do ácido ascórbico, após preparo adequado das amostras. Em um volume de 500 mL da amostra foi adicionado 1,00 mL de H₂SO₄, 30,00% m/v, e 15,00 mL de (NH₄)₂S₂O₈, 4,00% m/v. A solução foi aquecida até que o volume chegasse abaixo de 100 mL, e então, foi adicionado fenolftaleína, solução de NaOH, 6,00 mol L⁻¹, até a mistura ficar rosa claro, e por fim, o volume foi ajustado para 100,0 mL. Posteriormente, a análise seguiu a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition* (APHA, 2017) item 4500-P E. Para a curva analítica foram preparadas soluções com concentrações de fósforo iguais a 0,00500; 0,0125; 0,0250; 0,0500; 0,1000 e 0,2000 mg L⁻¹ obtidas a partir da diluição de uma solução padrão de fósforo na concentração de 1000 mg L⁻¹ (da Hexis/Brasil) e também passaram pelo procedimento de concentração das amostras. A equação da reta e o coeficiente de correlação (r) encontrados foram, respectivamente, $y = 2,4283 x + 0,0432$ e 0,9940.

A determinação dos sólidos totais foi realizada através do aquecimento de 50,00 mL de amostra, em cápsula de porcelana, em estufa (SolidSteel, modelo SSDi – 85 L) a 105 °C até peso constante.

2.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA ou WQI do inglês *Water Quality Index*) foi desenvolvido nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation* (NSF), WQI-NSF ou IQA-NSF, e corresponde a um número obtido pela média ponderada das qualidades de água (q) de nove parâmetros que integram o índice e seus respectivos pesos (w) (Equação 1):

$$IQA - NSF = \sum_{i=1}^n w_i q_i \quad (1)$$

Onde:

IQA-NSF: Índice de Qualidade da Água, um número variando entre 0 e 100;

w_i: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído pela sua importância para a conformação global de qualidade (Tabela 4);

q_i: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”;

n: número de parâmetros que integram o cálculo do IQA-NSF (BROWN *et al.*, 1970; CETESB, 2017a).

Tabela 4. Parâmetros que integram o IQA e seus respectivos pesos.

PARÂMETROS	UNIDADE	PESO (W)
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	0,17
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	mg L ⁻¹	0,10
Temperatura da água	°C	0,10
Nitrato	mg L ⁻¹	0,10
Fósforo total	mg L ⁻¹	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Resíduo total	mg L ⁻¹	0,08

Fonte: BROWN *et al.*, 1970; MCCLELLAND, 1974; SPERLING, 2014.

As curvas de qualidade da água de cada parâmetro foram formuladas pela NSF, onde a CETESB realizou uma pequena adaptação ao utilizar N total ao invés de nitrato. Além disso, a CETESB propôs curvas de ajuste dos parâmetros (equações representativas) com o intuito de simplificar sua utilização em planilhas. Dessa forma, ao se obter os valores das concentrações, seleciona-se a equação que se encontra dentro da faixa de valores do parâmetro para o cálculo das respectivas notas individuais q_i (q₁ a q₉) (VON SPERLING, 2014).

Contudo, foi observado que o cálculo de IQA-NSF pela média ponderada não tem a sensibilidade de refletir adequadamente o efeito de um único parâmetro de baixo valor na qualidade geral da água, sendo uma escolha mais adequada quando todos os parâmetros estão dentro de uma faixa razoável de qualidade. Surgiu então a proposta de se utilizar o produtório ponderado para o cálculo do IQA-NSF (Equação 2). Esse é mais sensível ao efeito de um único parâmetro ruim na qualidade geral da água (McCLELLAND, 1974).

$$IQA - NSF = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

O IQA é utilizado mundialmente e acabou sofrendo variações em diferentes regiões do mundo. Porém, a maioria dos IQA são baseados no desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (WQI-NSF) (BROWN *et al.*, 1970). Em 1975, o IQA-NSF foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), onde o nitrato foi substituído pelo nitrogênio total, e posteriormente adotado por outros estados brasileiros, sendo hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil. Os valores de IQA-NSF são classificados em faixas (Tabela 5), porém essas faixas podem variar entre os estados (ANA, 2020).

Tabela 5. Classificação do IQA.

Categoria	ÓTIMA	BOA	RAZOÁVEL	RUIM	PÉSSIMA
Ponderação	90 < IQA ≤ 100	70 < IQA ≤ 90	50 < IQA ≤ 70	25 < IQA ≤ 50	IQA ≤ 25

Fontes: NOORI *et al.*, 2019; ANA, 2020.

Muitos estudos usando o modelo IQA-NSF aplicaram outras entradas, além dos parâmetros definidos, que afetam o resultado e a classificação da qualidade da água. O IQA-NSF calculado pode ser diferente devido ao uso de parâmetros não originais (como fosfato e sólidos totais dissolvidos/sólidos totais suspensos ao invés de fósforo total e sólidos totais, respectivamente) (NOORI *et al.*, 2019).

Por fim, a utilização de índices de qualidade de água tem se mostrado uma opção vantajosa, pois diminui tempo, custos e fornece resultados de fácil interpretação (SOUZA, 2015).

No presente trabalho o IQA-NSF foi calculado utilizando-se os parâmetros inicialmente preconizados pela *National Sanitation Foundation* (NSF), Tabela 4, através da média ponderada (Equação 1) como também do produtório (Equação 2). A partir das fórmulas, criou-se uma planilha para o cálculo das qualidades de cada parâmetro e do IQA-NSF no software *Excel*, de modo a automatizá-lo.

2.4. Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise multivariada de dados, mais especificamente a Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Components Analysis*) e a Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA – *Hierarchical Cluster Analysis*). Elas são empregadas quando o objetivo é observar como as amostras se correlacionam, como são semelhantes de acordo com as variáveis aplicadas (MOITA NETO, 2004).

Para as análises foi utilizado o software gratuito PAST 3.25. Inicialmente foi necessário realizar o pré-tratamento dos dados através do seu ranqueamento (Equação 3), conforme descrito por Nonato *et al.* (2007), devido às diferenças nas escalas dos parâmetros escolhidos.

$$X_{ik}^* = \frac{X_{ik} - \bar{X}_i}{s_i} \quad (3)$$

Onde:

\bar{X}_i : é a média dos pontos de amostragem para o i-ésimo parâmetro;

s_i : estimativa do desvio padrão.

A técnica de análise de componentes principais (PCA) tem como objetivo modificar um conjunto original de variáveis observadas em um novo conjunto de variáveis, as componentes principais. A característica principal dessas componentes é que são obtidas em ordem decrescente de máxima variância, sendo calculadas de modo que a primeira componente principal (CP1) explique o máximo da variabilidade total dos dados; a segunda (CP2) explique o máximo da variabilidade restante dos dados, sendo não-correlacionada com a primeira, e assim por diante (GUEDES *et al.*, 2012).

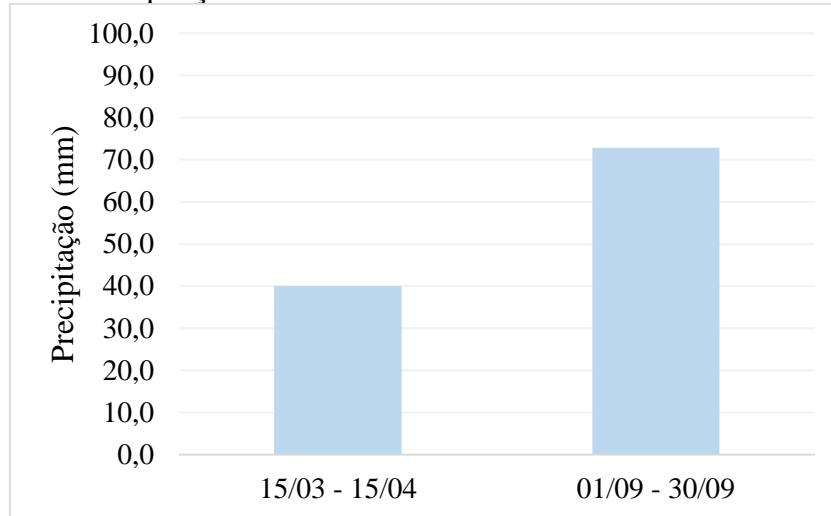
A técnica de agrupamento hierárquico (HCA) correlaciona as amostras através de associações, agrupando entre si amostras similares, gerando um dendrograma (diagrama). Quanto maior a semelhança entre as amostras, menor a distância entre os pontos (MOITA NETO; MOITA, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Lagoa de Cima ainda não teve seu enquadramento realizado e, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto não estabelecidos os respectivos enquadramentos, as águas doces são classificadas como classe 2 (BRASIL, 2005). Portanto, os resultados aqui demonstrados serão comparados tomando essa classificação para a área de estudo.

A Figura 3 ilustra a precipitação acumulada no mês anterior às datas das saídas de campo (Saída 01: 15/03–15/04 e Saída 02: 01/09 – 30/09), dados da Estação Automática Campos dos Goytacazes-A607 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

Figura 3. Precipitação acumulada nos 30 dias anteriores à saída de campo.



Fonte: INMET, 2019.

A Tabela 6 sumariza as médias e os desvios padrão dos parâmetros que integram o IQA-NSF nas saídas 1 e 2. Cabe destacar que na primeira saída de campo (16/04/2019) não houve coleta nos pontos 7 e 8.

Tabela 6. Valores médios obtidos e a estimativa dos desvios padrão para os parâmetros que integram o IQA-NSF, referentes as saídas 1 (S1 – 16/04/2019) e 2 (S2 – 01/10/2019).

Saídas	Pontos	Parâmetros								
		OD (mg L ⁻¹)	C Term (NMP/ 100mL)	pH	DBO _{5,20} (mg L ⁻¹)	Temp (°C)	Nitrato (mg N L ⁻¹)	P total (ppm)	Turb (UNT)	Res Total (mg L ⁻¹)
S1	P1	5,65 ± 0,12	344,4	6,87 ± 0,01	5,0	27,6 ± 0,1	0,075 ± 0,002	0,019 ± 0,000	13,63 ± 0,07	68,0
	P2	5,69 ± 0,07	1,25	6,85 ± 0,02	3,0	27,8 ± 0,1	0,041 ± 0,000	0,012 ± 0,000	12,13 ± 0,06	124,0
	P3	5,93 ± 0,05	< 1,25	6,93 ± 0,02	2,0	28,9 ± 0,0	0,051 ± 0,002	0,012 ± 0,000	6,57 ± 0,03	70,0
	P4	5,69 ± 0,17	1,25	7,06 ± 0,02	3,0	30,0 ± 0,1	0,065 ± 0,000	0,019 ± 0,000	7,81 ± 0,09	58,0
	P5	6,09 ± 0,07	< 1,25	6,98 ± 0,02	3,0	28,2 ± 0,1	0,072 ± 0,000	0,014 ± 0,000	9,26 ± 0,04	78,0
	P6	6,25 ± 0,10	< 1,25	7,01 ± 0,02	2,0	28,3 ± 0,1	0,067 ± 0,000	0,014 ± 0,000	8,01 ± 0,01	30,0
	P7	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	P8	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S2	P1	5,92 ± 0,03	267,9	6,61 ± 0,00	1,0	23,8 ± 0,5	0,116 ± 0,000	0,011 ± 0,000	8,74 ± 0,01	78,0
	P2	6,62 ± 0,04	1,25	7,18 ± 0,00	1,0	24,1 ± 0,4	0,096 ± 0,002	0,005 ± 0,000	8,16 ± 0,01	18,0
	P3	7,44 ± 0,06	2,5	7,14 ± 0,02	2,0	25,0 ± 0,4	0,121 ± 0,002	0,008 ± 0,000	6,11 ± 0,01	10,0
	P4	6,50 ± 0,01	2,5	7,52 ± 0,00	2,0	24,5 ± 0,3	0,081 ± 0,002	0,013 ± 0,000	5,43 ± 0,01	36,0
	P5	6,57 ± 0,05	< 1,25	7,53 ± 0,01	2,0	23,7 ± 0,4	0,073 ± 0,000	0,007 ± 0,000	6,63 ± 0,02	54,0
	P6	6,80 ± 0,03	1,25	7,55 ± 0,02	2,0	22,6 ± 0,4	0,055 ± 0,002	0,005 ± 0,000	6,12 ± 0,07	46,0
	P7	1,30 ± 0,02	113,6	6,21 ± 0,02	3,0	23,4 ± 0,3	Não detectado	0,005 ± 0,000	2,07 ± 0,01	24,0
	P8	5,95 ± 0,04	431,0	6,73 ± 0,01	4,0	23,3 ± 0,7	0,115 ± 0,002	0,023 ± 0,000	16,58 ± 0,07	44,0
CONAMA n° 274/00⁽¹⁾		-	≤2500	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA n° 357/05⁽²⁾		≥ 5	≤1000	6 - 9	≤ 5	-	10	0,050 ⁽³⁾	100	-

Onde: OD: oxigênio dissolvido; C Term: coliformes termotolerantes; pH: potencial hidrogeniônico; DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio; Temp: temperatura; N: nitrogênio; P total: fósforo total; Turb: turbidez; Res total: resíduo total; mg L⁻¹: miligramas por litro; NMP/100mL: número mais provável por 100 mililitros; °C: graus Celsius; ppm: partes por milhão; UNT: unidade nefelométrica de turbidez. ⁽¹⁾ Valores máximos permitidos para uso de recreação de contato primário; ⁽²⁾ Valores máximos, mínimos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2; ⁽³⁾ Para ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico. *Não foram coletadas amostras nessa saída.

Fazendo uma análise individual dos resultados encontrados para cada parâmetro, comparando-os com a legislação e com trabalhos similares, é possível observar qual(ais) deles pode(m) estar contribuindo para uma diminuição na qualidade da água.

O parâmetro oxigênio dissolvido (OD) apresentou valores médios entre 5,65-6,25 mg L⁻¹ na saída de campo 1 (S1) e valores entre 1,30-7,44 mg L⁻¹ na saída de campo 2 (S2). Nessa, o ponto 7 (P7) foi o que apresentou o menor valor encontrado, o qual estava bem abaixo do valor mínimo permitido pela Resolução CONAMA n° 357/05, enquanto os demais se apresentaram dentro dos limites estabelecidos. Comportamento parecido foi observado por Rezende *et al.* (2006) ao avaliar a qualidade da água da Lagoa de Cima, onde o ponto referente ao Rio Urubu foi o único que se apresentou abaixo do limite estabelecido. O oxigênio geralmente é introduzido nas águas por meio de processo físicos (aeração) e da fotossíntese (ANA, 2019), e como esse rio tem característica de um sistema lântico, sua aeração acaba sendo dificultada, o que pode ter contribuído para o baixo valor de OD encontrado.

Para a quantificação dos coliformes termotolerantes foi utilizado o fator de correção de 1,25 sobre o resultado de *Escherichia coli* (*E. coli*), como proposto no Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D (CETESB, 2017a). Para uso de recreação de contato primário, deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade estabelecidos na Resolução CONAMA n° 274/00, a qual menciona que um corpo hídrico pode ser classificado em duas categorias quanto à sua balneabilidade: própria, podendo ser subdividida em excelente, muito boa ou satisfatória; ou imprópria, quando o valor obtido na última amostragem, de um conjunto de amostras em um período de cinco semanas, ultrapassar 2500 NMP por 100 mL para coliformes termotolerantes, entre outras ocorrências (BRASIL, 2000). Para os demais usos, de acordo com a CONAMA n° 357/05, considerando-se água doce/classe 2, não deverá ser ultrapassado o limite de 1000 NMP para coliformes termotolerantes por 100 mL em 80 % ou mais de, pelo menos, 6 amostras coletadas durante o período de um ano (BRASIL, 2005).

Os coliformes termotolerantes são microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C. São representados principalmente pela *E. coli*, que é de origem exclusivamente fecal, o que a torna um parâmetro biológico importante a ser monitorado nos recursos hídricos por apontar contaminação fecal. Portanto, os coliformes termotolerantes não são tão adequados como indicadores de contaminação fecal quanto a *E. coli*, porém é admitido sua utilização em estudos da qualidade da água (ANA, 2019; CETESB, 2017b).

Neste trabalho não foi possível comparar os resultados obtidos do parâmetro coliformes termotolerantes com as legislações mencionadas visto que a periodicidade de coleta não foi a estabelecida por elas. Todavia, os resultados demonstram que os P1, P7 e P8 foram os que

apresentaram valores mais discrepantes (entre 113,6 a 431,0 NMP/100 mL), enquanto os demais ficaram abaixo de 1,25 a 2,5 NMP/100 mL. Foi observado durante a saída de campo, nos P7 e P8, presença de gado nas margens dos rios, área bastante utilizada para pastagens, que acaba influenciando no P1 localizado próximo a confluência desses rios. Santos *et al.* (2017), ao realizar o estudo da qualidade da água e impactos sobre a lagoa do Parque Municipal Milton Prates, Montes Claros, MG, encontrou valor médio de aproximadamente 18,0 NMP/100mL de *E. coli*, que fazendo a conversão para coliformes termotolerantes tem-se o valor de 22,5 NMP/100mL. O autor atribui a presença de *E. coli* na lagoa às fezes dos animais domésticos e silvestres que circulam pelo local.

Os valores encontrados para o parâmetro pH foram na faixa de 6,85-7,06 na S1 e 6,21-7,55 na S2, tendo essa saída uma amplitude maior nos valores obtidos. Portanto, as águas da lagoa apresentam pH próximo a neutralidade, estando dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Américo-Pinheiro *et al.* (2017) encontraram valores médios de 6,4 nos pontos referentes às duas lagoas situadas em área urbana no município de Três Lagoas, MS. Valores de pH distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática, além disso, sua variação influencia o equilíbrio de compostos químicos (VON SPERLING, 2005).

Com relação a demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), os valores se encontram entre 2,0-5,0 mg L⁻¹ na S1, sendo o P1 o que apresentou o valor limite preconizado pela CONAMA nº 357/05 (5,0 mg L⁻¹). Na S2, os resultados variaram entre 1,0-4,0 mg L⁻¹. Os resultados obtidos na S1 apresentaram, em alguns pontos, valores maiores do que na S2, provavelmente pelo fato de que com o menor volume de chuvas, e conseqüentemente menor volume de água na LC, a matéria orgânica encontrava-se mais concentrada. De qualquer forma, todos os pontos estavam dentro dos padrões preconizados pela legislação. Silva e Silva (2020) também encontraram valores de DBO em conformidade com a legislação (médias entre 1,09 e 1,10 mg L⁻¹) ao analisar a qualidade da água da Lagoa do Lourival situada no Parque Ambiental Lagoas do Norte, Teresina, PI.

Quanto a temperatura, não há limites estabelecidos pela legislação para esse parâmetro. Todavia, é importante analisá-la pois ela tem influência em diversos parâmetros físico-químicos, como o OD, por exemplo. A temperatura pode variar ao longo do dia e do ano, dependendo das estações (CETESB, 2017b). Foi observado que na S2 (outubro) obteve-se valores mais baixos de temperatura comparando-se com a S1 (abril). Quanto aos pontos, na S2 observou-se que o P6, primeiro ponto a ser analisado, apresentou temperatura de 22,6°C, enquanto o P4, último ponto a ser analisado, apresentou temperatura de 24,5°C, demonstrando a influência do período do dia na variação da temperatura. O mesmo foi observado na S1, onde o P6 (primeiro ponto analisado) apresentou temperatura de 28,3°C, enquanto o P4 (último ponto) apresentou temperatura igual a 30,0°C.

O fósforo e o nitrogênio são macronutrientes fundamentais para os processos biológicos. Todavia, ambos em excesso podem levar a eutrofização do corpo hídrico (SOUZA, 2015). O fósforo é encontrado em águas naturais principalmente pelo lançamento de efluentes domésticos, sendo as principais fontes os detergentes em pó e a matéria orgânica fecal. Além disso, as águas drenadas em áreas urbanas e agrícolas também podem contribuir no aumento da concentração de fósforo no corpo hídrico (CETESB, 2017b).

Os valores de fósforo total variaram entre 0,012 a 0,019 ppm na S1 e 0,005 a 0,023 ppm na S2, sendo que nesta última houve uma maior amplitude nos valores encontrados. Todos os pontos encontravam-se dentro do limite preconizado pela legislação. Ao contrário de Decker *et al.* (2018), que encontrou valores que ultrapassaram os limites aceitáveis para Classe 2 em todos os pontos e em todas as estações do ano, ao avaliar a qualidade da água da Lagoa dos Patos, Pelotas/RS, nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores. Os autores atribuíram os altos valores ao despejo de esgotos domésticos sem tratamento e ao despejo de efluentes pelas unidades de beneficiamento de pescado da colônia de pescadores.

O parâmetro nitrato, expresso em mg de nitrogênio por litro, variou de 0,041 a 0,075 ppm na S1 e não detectado a 0,121 ppm na S2, estando todos os valores encontrados bem abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05. Foi possível observar também que a S2 apresentou valores maiores comparados aos encontrados na S1 e que os maiores valores foram encontrados no ponto referente ao rio Imbé (P8) e nos pontos localizados no início da lagoa (P1, P2 e P3). Segundo CETESB (2017b), a principal fonte de nitrogênio nas águas é decorrente do lançamento de efluentes domésticos. O escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Como a região no entorno da lagoa e dos rios é caracterizada pelas atividades de pastagens e plantio, esse aumento pode ser proveniente da utilização de fertilizantes, que pode ter sido carregado para a lagoa com o aumento das chuvas. Silva e Silva (2020) também encontraram valores muito inferiores ao preconizado pela legislação ao analisar a qualidade da água da Lagoa do Lourival, Teresina, PI.

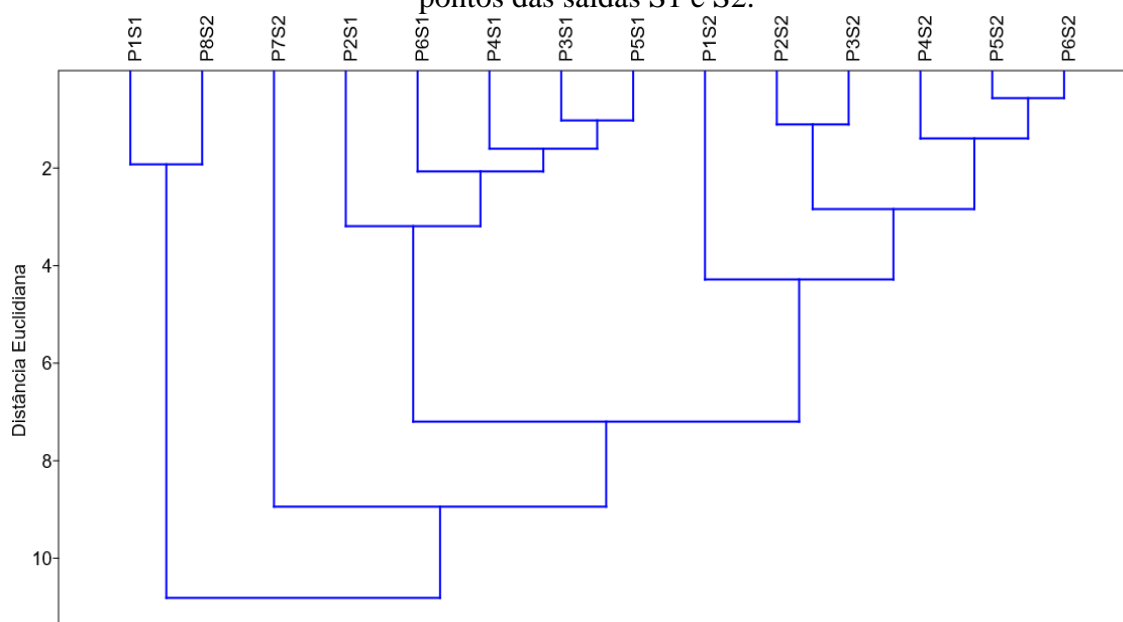
Quanto a turbidez, os valores variaram entre 6,57 e 13,63 UNT na S1 e 2,07 e 16,58 na S2. A maior amplitude dos valores também foi registrada na S2. Todos os resultados obtidos se encontravam dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2015) ao determinar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Lagoa do Açú, situada entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra, RJ. A alta turbidez pode intervir nas comunidades aquáticas, reduzindo a fotossíntese de algas e da vegetação enraizada submersa, e conseqüentemente, suprimir a produtividade de peixes (CETESB, 2017b).

Com relação ao parâmetro resíduo total, os resultados variaram de 30 a 124 mg L⁻¹ na S1 e 10 a 78 mg L⁻¹ na S2, sendo a maior variação encontrada na S1. Esse parâmetro não possui limite estabelecido pela legislação. Aguiar e Dias (2019) ao avaliar a qualidade da água da Lagoa dos Patos, inserida no Parque Municipal Milton Prates, Montes Claros/MG, encontraram valores variando entre 386 a 449 mg L⁻¹ de sólidos totais, atribuindo à falta de arborização no entorno da lagoa, o solo exposto e as obras de engenharia adjacentes ao Parque Municipal. Os sólidos podem ocasionar danos à vida aquática e aos peixes ao sedimentarem no leito dos rios e destruir organismos que fornecem alimentos, ou até mesmo danificar os leitos de desova dos peixes. Além disso, eles podem reter resíduos orgânicos e bactérias no fundo dos rios, causando decomposição anaeróbia (CETESB, 2017b).

Ao analisar o dendrograma (Figura 4) que mostra os resultados da análise estatística HCA, foi possível observar dois agrupamentos principais, um formado pela aproximação dos pontos da S1 (P2S1, P6S1, P4S1, P3S1 e P5S1) e o outro pelos pontos da S2 (P1S2, P2S2, P3S2, P4S2, P5S2 e P6S2), evidenciando uma provável interferência das chuvas no resultado. A maior similaridade encontrada foi entre os P5 e P6 da S2, onde foi obtido a menor distância euclidiana.

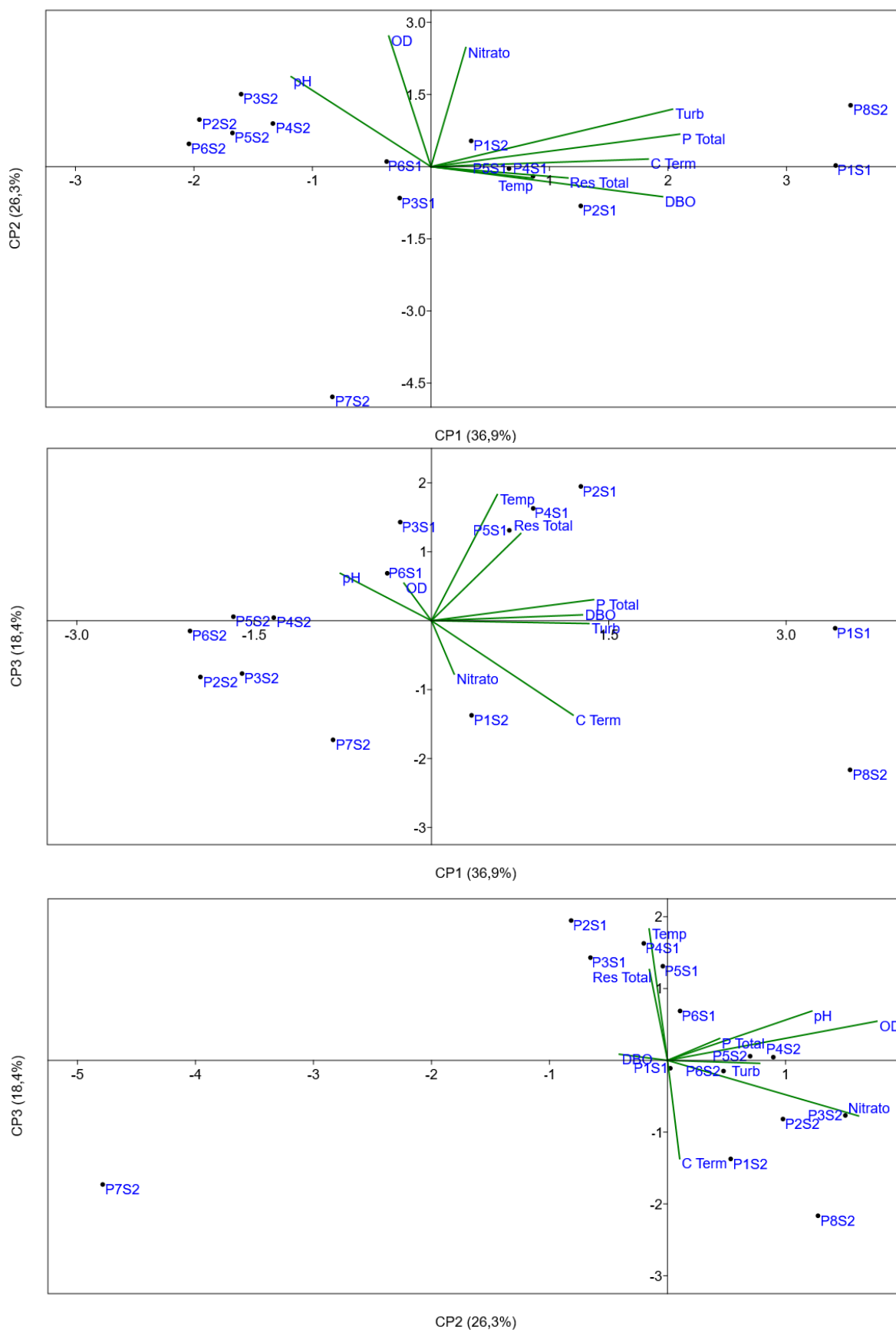
Foi possível observar ainda os pontos que se apresentaram mais isolados dos agrupamentos, ou seja, aqueles que se distinguem mais dos outros. Os pontos P1S1 e P8S2 foram os que mais se destacaram do restante, onde pode ser observado uma maior distância euclidiana, seguido do P7S2. Esses resultados corroboram o que já havia sido observado nas análises individuais dos parâmetros, onde esses pontos obtiveram valores maiores nos parâmetros coliformes termotolerantes e DBO_{5,20} e menores valores no OD.

Figura 4. Dendrograma obtido da análise de agrupamento hierárquico (HCA) para os pontos das saídas S1 e S2.



Na análise de componentes principais (PCA), Figura 5, foi possível extrair 3 componentes que melhor representam a variância total explicada por esta análise, explicando juntas 81,6% da variação total. A componente principal 1 (CP1) explica 36,9 % da variabilidade dos dados, onde os parâmetros fósforo total, turbidez, DBO e coliformes termotolerantes contribuem com valores altos positivamente para essa componente. Já os parâmetros pH e OD contribuem com valores negativos. A componente principal 2 (CP2) corresponde a 26,3 % da variação dos dados e os parâmetros que mais contribuíram positivamente foram o OD, nitrato e pH. As variáveis DBO, resíduo total e temperatura contribuíram negativamente. Já a componente principal 3 (CP3) explica 18,4 % da variabilidade dos dados e os parâmetros temperatura e resíduo total foram os que contribuíram com valores altos positivamente. As variáveis coliformes termotolerantes e nitrato contribuíram com valores negativos.

Figura 5. Gráficos *biplot* obtidos na análise de componentes principais (PCA).



Onde: Temp = temperatura, Res total = resíduo total, C. Term = coliformes termotolerantes, P Total = fósforo total e Turb = Turbidez.

Observa-se ainda que houve uma maior dispersão nos pontos P8S2, P1S1 e P7S2, estando esses destacados dos demais, e o agrupamento dos pontos da S1 e da S2. Comportamento parecido pode ser observado no dendrograma da Figura 4.

Neste trabalho, calculou-se o IQA-NSF de duas formas, utilizando a fórmula da média ponderada e do produtório ponderado. Na Tabela 7 encontram-se os resultados obtidos nas saídas 1 e 2.

Tabela 7. Resultados obtidos no cálculo do IQA-NSF através das médias e produtórios ponderados e sua classificação, referentes as saídas 1 (S1 – 16/04/2019) e 2 (S2 – 01/10/2019).

Saídas	Pontos	IQA Média	Classificação	IQA Produtório	Classificação
S1	P1	75	BOA	70	RAZOÁVEL
	P2	87	BOA	86	BOA
	P3	90	BOA	90	BOA
	P4	89	BOA	88	BOA
	P5	89	BOA	89	BOA
	P6	90	BOA	90	BOA
	P7	*	*	*	*
	P8	*	*	*	*
S2	P1	78	BOA	74	BOA
	P2	91	ÓTIMA	91	ÓTIMA
	P3	90	BOA	90	BOA
	P4	89	BOA	88	BOA
	P5	91	ÓTIMA	90	BOA
	P6	88	BOA	87	BOA
	P7	66	RAZOÁVEL	53	RAZOÁVEL
	P8	74	BOA	69	RAZOÁVEL

Onde: * Não foram coletadas amostras.

Comparando as fórmulas utilizadas, foi possível observar que a fórmula da média ponderada apresenta resultados melhores que a fórmula do produtório.

De modo geral, ao se comparar os pontos, verifica-se que o P7 foi o que apresentou a pior qualidade (“razoável”) e o P2 apresentou a melhor qualidade (“ótima” e “boa”), tanto utilizando a fórmula da média quanto a do produtório. Já ao se comparar as saídas, verifica-se que a S2 foi a que apresentou a melhor qualidade (entre “ótima” e “boa”), tendo dois pontos com qualidade “razoável”, enquanto a S1 apontou qualidade “boa” e um ponto qualidade “razoável”. Cabe ressaltar que nos pontos da S2 que apresentaram qualidade “razoável” não foi possível fazer uma comparação adequada, pois não foram coletados na S1. O maior volume de água devido às chuvas pode ter sido um fator contribuinte para a melhoria na qualidade da água, pois há uma maior dissolução da carga de poluentes.

Oliveira *et al.* (2017) observaram, ao avaliar o IQA do Rio Jaguaribe, Ceará, valores médios de IQA apresentando qualidade “boa” e não foi verificada diferença sazonal.

Ao se fazer a análise individual dos parâmetros e o IQA-NSF, pode-se observar que os pontos que apresentaram pior qualidade foram os mesmos que apresentaram valores mais altos de coliformes termotolerantes e baixos valores de OD, parâmetros que tem maiores pesos no cálculo de IQA-NSF. No estudo desenvolvido por Viana *et al.* (2013) na lagoa do Taí, São João da Barra/RJ, foi apontado que as altas concentrações de *E. coli* foram também significativas para a diminuição da qualidade das águas, levando a baixos resultados do IQA.

4. CONCLUSÃO

O parâmetro oxigênio dissolvido apresentou valor fora dos padrões permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 em um ponto (P7) na saída 2. Os resultados do IQA-NSF apontam que as águas da Lagoa de Cima, no geral, possuem qualidade “boa”, apresentando um ponto ou outro com qualidade “ótima” e “razoável”.

Foi possível observar que a fórmula do produtório ponderado apresenta, em alguns pontos, resultados com qualidade inferior a fórmula da média, demonstrando assim, a sua sensibilidade ao efeito de um único parâmetro de baixo valor na qualidade da água.

Conclui-se, portanto, que o IQA-NSF constitui em uma ferramenta facilitadora na interpretação de resultados referentes a qualidade da água, porém a análise individual dos parâmetros que integram esse índice se faz necessária para compreender como cada um pode influenciar na vida aquática e na sua qualidade.

Este estudo demonstra a relevância do monitoramento contínuo da qualidade da água da Lagoa de Cima, formando um banco de dados disponíveis, que irão auxiliar na tomada de decisões futuras a fim de promover a sua conservação e o uso sustentável dos seus recursos naturais, servindo como um instrumento de gestão ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. S.; DIAS, O. A. Avaliação da qualidade das águas da lagoa do Parque Municipal Milton Prates, Montes Claros (MG). **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 198-212, abr./jun., 2019.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. *et al.* Ocorrência de diclofenaco e naproxeno em água superficial no município de Três Lagoas (MS) e a influência da temperatura da água na detecção desses anti-inflamatórios. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 429-435, mai./jun., 2017.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2020.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 29 set. 2020.

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23rd Edition. New York: APHA, AWWA, WPCR, 2017.

BIDEGAIN, P.; BIZERRIL, C.; SOFFIATI, A. **Lagoas do Norte Fluminense - Perfil Ambiental**. Rio de Janeiro: Semads, 148p, 2002.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 318p, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução N° 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução N° 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação N° 5, de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BROWN, R.M., McCLELLAND, N.I., DEININGER, R.A., TOZER, R.G. Water quality index-do we dare? **Water Sewage Works**, v. 117, n. 10. p. 339-343, 1970.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017a). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo:** Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas. Disponível: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2018.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017b). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo:** Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. Disponível: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

COSTA, D. de A.; AZEVEDO, J. P. S. de; SANTOS, M. A. dos; ASSUMPCÃO, R. dos S. F. V. Water quality assessment based on multivariate statistics and water quality index of a strategic river in the Brazilian Atlantic Forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.

DECKER, A., PACHECO, M., QUADRO, M., SOARES, H., NADALETTI, W., ANDREAZZA, R. Análise ambiental e qualidade da água da Lagoa dos Patos nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 105-123, abr./jun., 2018.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. da; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. de; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos - Estação automática**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYwNw==>. Acesso em: 26 fev. 2019.

McCLELLAND, Nina I. **Water quality index application in the Kansas River Basin**. Missouri: U. S. Environmental Protection Agency, 1974.

MEDRONHA, G. A., *et al.* Avaliação da qualidade da água do canal São Gonçalo-RS através do índice de qualidade de água. *In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, Bento Gonçalves, 2013.

MOITA NETO, J. M. Estatística multivariada – Uma visão didática-metodológica. **Revista criticanarede.com**, ISSN 1749-8457, 2004.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química nova**, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; SCHOR, H. H. R. Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do Rio das Velhas. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 797-804, 2007.

NOORI, R., BERNDTSSON, R., HOSSEINZADEH, M., ADAMOWSKI, J. F., ABYANEH, M. R. A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. **Environmental Pollution**, v. 244, p. 575-587, 2019.

OLIVEIRA, L. D. M. de; ROCHA, J. C. da; BRANDÃO, M. G. A.; ARAÚJO, A. L. de; SILVA, F. J. A. da. IQA do Rio Jaguaribe, Ceará. *In: Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente*, 2017.

REZENDE C. E. *et al.* (Org.) **Diagnóstico ambiental da área de proteção ambiental Lagoa de Cima**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro: Centro de Biociências e Biotecnologia: Laboratório de Ciências Ambientais. 148p, 2006.

RIBANI, Marcelo *et al.* Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química nova**, v. 27, n. 5, p. 771-780, 2004.

RODRIGUES, M. B.; LIPP-NISSINEN, K. L. Diagnóstico de parâmetros de qualidade do rio Gravataí no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande, RS, e a detecção de situação de criticidade. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 1137-1153, 2018.

SANTOS, K. P. dos; OLIVEIRA, V. de P. S. de; FREITAS, L. N.; BATISTA, S. L. G.; MENEZES, G. da G. Determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Lagoa do Açú, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 9, n. 2, p. 7-16, jul./dez., 2015.

SANTOS, S. V.; TIAGO, J. P. F.; BRAGA, M. D. Estudo da qualidade da água e impactos sobre a lagoa do Parque Municipal Milton Prates, Montes Claros/MG. *In*: Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2017.

SILVA, H. B.; SILVA, C. E. da. Qualidade da água de um parque urbano em Teresina, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 13, n. 5, p. 2371-2387, 2020.

SOUZA, M. F. de. **Qualidade da água do canal São Gonçalo-RS/Brasil - uma avaliação hidroquímica considerando seus usos múltiplos**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 105f, 2015.

VIANA, L. G.; DIAS, D. F. dos S.; OLIVEIRA, V. de P. S. de; MOREIRA, M. A. C. Índice de Qualidade da Água (IQA) da Lagoa do Taí, São João da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 7, n. 2, p. 199-219, jul./dez., 2013.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 592p, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 452p, 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

CAMPOS DOS GOYTACAZES. **Lei Municipal Nº 5.394, de 24 de dezembro de 1992.** Cria, com base no Art. 225, § 1º, III, da Constituição da República no Art. 8º da Lei Federal Nº 6.902, de 27 de abril de 1981, no Art. 258, III da Constituição do Estado, e no Art. 243, V, da Lei Orgânica, a Área de Proteção Ambiental da Lagoa de Cima. Campos dos Goytacazes: Câmara Municipal, 24 dez. 1992. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjqgbHQ5qvfAhUBGZAKHbV5BY4QFjAAegQICRAB&url=http%3A%2F%2Fmeioambiente.campos.rj.gov.br%2Flegislacao-municipal%2Fcategory%2F2-leis%3Fdownload%3D5%3Alei-5394-de-1992-lagoa-de-cima&usq=AOvVaw2Kh3vydxGtP3fn3b1IvgcO>>. Acesso em: 23 set. 2018.

REZENDE, C. E. *et al* (org.). **Diagnóstico ambiental da área de proteção ambiental Lagoa de Cima.** Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro: Centro de Biociências e Biotecnologia: Laboratório de Ciências Ambientais, 2006.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto Estadual Nº 9.760, de 11 de março de 1987.** Regulamenta a lei nº 1130, de 12/02/87, localiza as áreas de interesse especial do interior do estado, e define as normas de ocupação a que deverão submeter-se os projetos de loteamentos e desmembramento a que se refere o art. 13 da lei nº 6766/79. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro, 11 mar. 1987. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/decest.nsf/1d06f1d6596be4980325654c00612d5b/55812fcbd31bee7483256cc5005e6597?OpenDocument>>. Acesso em: 23 set. 2018.