

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DE CIMA – CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Annelise Martins de Sousa¹

Kaique Carvalho da Silva¹

Carolina Ramos de Oliveira Nunes¹

Luis Felipe Umbelino dos Santos¹

Thiago Moreira de Rezende Araújo¹

RESUMO

O uso excessivo da água em atividades antrópicas consiste em uma ameaça a sua quantidade e qualidade, tornando-se fundamental o monitoramento constante de parâmetros físico-químicos e microbiológicos para determinar o grau de interferência dessas atividades em um corpo hídrico. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar parâmetros de qualidade de água da Lagoa de Cima, localizada em Campos dos Goytacazes/RJ, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As amostras foram coletadas no mês de abril/2019, em seis pontos distribuídos na lagoa e foram analisados vinte e quatro parâmetros de qualidade de água. Os resultados foram submetidos à análise multivariada de dados, especificamente a Análise de Componentes Principais (PCA). Os valores de pH apresentaram variação de $6,85 \pm 0,01$ a $7,06 \pm 0,01$, mantendo-se bem próximo da neutralidade. Dos íons analisados, os que predominam na Lagoa de Cima são o sódio, o cálcio e o cloreto. Quanto às análises microbiológicas, foi possível observar que o Ponto 1 (P1) foi o que apresentou os maiores valores de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos mostraram que os parâmetros analisados se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, para água doce classe 2. As análises de PCA demonstraram que o P1 foi o que apresentou características mais distintas dos demais. Resultados como esses corroboram a importância do monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Cima, visando sua conservação e seu uso sustentável.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Gestão Ambiental; Indicadores; PCA.

ABSTRACT

Cima lagoon (Brazil) water quality characterization through physical-chemical and microbiological parameters and multivariate statistical analysis. Water excessive use in anthropogenic activities is a threat to its quantity and quality, making it essential to constantly monitor physicochemical and microbiological parameters to determine the interference degree these activities in water body. Therefore, the present study characterized some Cima Lagoon (Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil) water quality parameters, through physicochemical and microbiological analysis. The samples were collected in April/2019, in six points, and

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – IFF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail para correspondência: annelisemartinss@gmail.com

it were analyzed twenty-four water quality parameters. The results were submitted to multivariate data analysis, specifically Principal Component Analysis (PCA). The pH values ranged from 6.85 ± 0.01 to 7.06 ± 0.01 , remaining very close to neutrality. Concerning the ions analyzed, those that predominate in Cima Lagoon were sodium, calcium and chloride. Microbiological analyzes, it was observed that Point 1 (P1) presented the highest values of total and thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*. The results also showed that the analyzed parameters are compliance with the limits established by CONAMA Resolution No. 357/05, for class 2 fresh water. PCA analyzes showed that P1 presented the most distinct characteristics from the others collection points. Results such as these show the importance of monitoring the water quality Cima Lagoon, aiming its conservation and sustainable use.

Keywords: Water Resources; Environmental Management; Indicators; PCA.

INTRODUÇÃO

As águas doces continentais, dentre elas, as águas superficiais, 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 em atividades antrópicas. Os corpos d'água superficiais podem ser afetados por todos os eventos que ocorrem na bacia hidrográfica, podendo ser decorrentes de processos naturais ou do uso e ocupação do solo na mesma, como a erosão, desmatamento, pastagem, uso do solo para agricultura, instalação de indústrias, entre outros (Tundisi, 2003; 2006a; 2006b).

Dessa forma, o monitoramento constante da qualidade da água se torna imprescindível para determinar o grau de interferência dos processos responsáveis pela alteração de um corpo hídrico. Esses resultados servem para nortear ações que visem recuperar ou manter a qualidade do mesmo almejando propiciar os múltiplos usos desse sistema (Medronha et al., 2013; Souza, 2015).

Para a obtenção de informações sobre a qualidade da água de um recurso hídrico utiliza-se de parâmetros indicadores, podendo ser biológicos, físicos ou químicos, sendo os objetivos do estudo que irão determinar quais serão utilizados. A caracterização desses parâmetros de forma independente tem grande importância, uma vez que permitem uma análise individual dos elementos que estão acometendo a qualidade da água (Braga et al., 2005; Souza, 2015).

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 diversas variáveis de qualidade da água.

Há diversos estudos realizados no Brasil que comparam as condições da qualidade da água superficial com o que é estabelecido na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Eles têm como objetivos principais diagnosticar a situação dos corpos d'água, investigar as possíveis causas de degradação ambiental, bem como propor mecanismos para que os usos da água se encontrem de acordo com sua classe.

Rodrigues e Lipp-Nissinen (2018), por exemplo, ao diagnosticarem parâmetros de qualidade do rio Gravataí no interior da APA do Banhado Grande/MS, detectaram valores indicativos de grandes perturbações, que afetam abastecimentos público, agrícola e industrial. Os parâmetros que apresentaram

resultados mais preocupantes foram nitrogênio e turbidez. O uso de fertilizantes, o manejo inadequado do sistema de cultivo de arroz pré-germinado e as estiagens foram apontados como os principais responsáveis. O estudo demonstrou a importância do monitoramento para a manutenção da qualidade ambiental em áreas protegidas.

Rocha et al. (2017), ao realizarem um diagnóstico da qualidade da água do rio Mataruna, Araruama/RJ, constataram altas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e coliformes, atribuindo como principal fonte de poluição o lançamento de esgotos domésticos. Portanto, exemplos como esses corroboram a importância de estudos de monitoramento da qualidade da água para que, caso necessário, sejam estabelecidas ações de gerenciamento, proteção ou de recuperação de um sistema hídrico.

A Lagoa de Cima (LC), objeto de pesquisa deste estudo, é um corpo hídrico de grande importância para a região onde está inserida. É um local bastante procurado por turistas, 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.

A Lei Municipal nº 5394, de 24 de dezembro de 1992, instituiu a Lagoa de Cima como uma Área de Proteção Ambiental (APA), que é um tipo de Unidade de Conservação (UC), sendo enquadrada na categoria de Unidade de Uso Sustentável. A APA surgiu pela Lei Federal nº 6902, de 27 de abril de 1981, que dispôs sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, sendo definida pela Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000, SNUC, como *“uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”* (Brasil, 1981; 2000; Campos dos Goytacazes, 1992).

Ainda segundo a Lei nº 9985/2000, as UCs devem dispor de um Plano de Manejo, inexistente para o local, que deverá ser elaborado no prazo de 5 (cinco) anos após sua data de criação. 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 Unidade de Conservação (Brasil, 2000; 2002). Portanto, é de extrema relevância a obtenção de informações sobre a qualidade da sua água para que elas possam contribuir na tomada de decisões quanto à sua gestão e conservação.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar parâmetros de qualidade da água da LC, situada no município de Campos dos Goytacazes-RJ, através da determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo do seu curso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Lagoa de Cima (21°46'01”S, 41°31'00”W), localizada no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, a cerca de 28 km do centro urbano. Seu espelho d'água tem uma área de aproximadamente 15 km², comprimento máximo de 7,5 km, largura

máxima de 4 km, aproximadamente 4 m de profundidade e o tempo de residência da água é de 29 dias em média. É resultante da confluência dos rios Imbé e Urubu, e suas águas são drenadas pelo rio Ururaí, sendo esse um dos principais abastecedores dulcícolas da Lagoa Feia (Bidegain et al., 2002; Rezende et al., 2006).

A Lagoa de Cima juntamente com o rio Imbé formam a Bacia de Drenagem do Rio Imbé e Lagoa de Cima (BDRILC), figura 1. Essa bacia possui uma área de aproximadamente 1270 km² e abrange três municípios: Campos dos Goytacazes, Santa Maria Madalena e Trajano de Moraes. Grande parte da sua extensão se encontra dentro do Parque Estadual do Desengano, um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. A ocupação do solo na bacia é representada por 34% de pastagens, 21% de cultivo de cana de açúcar e, apenas, 26% de cobertura vegetal (Rezende et al., 2006).

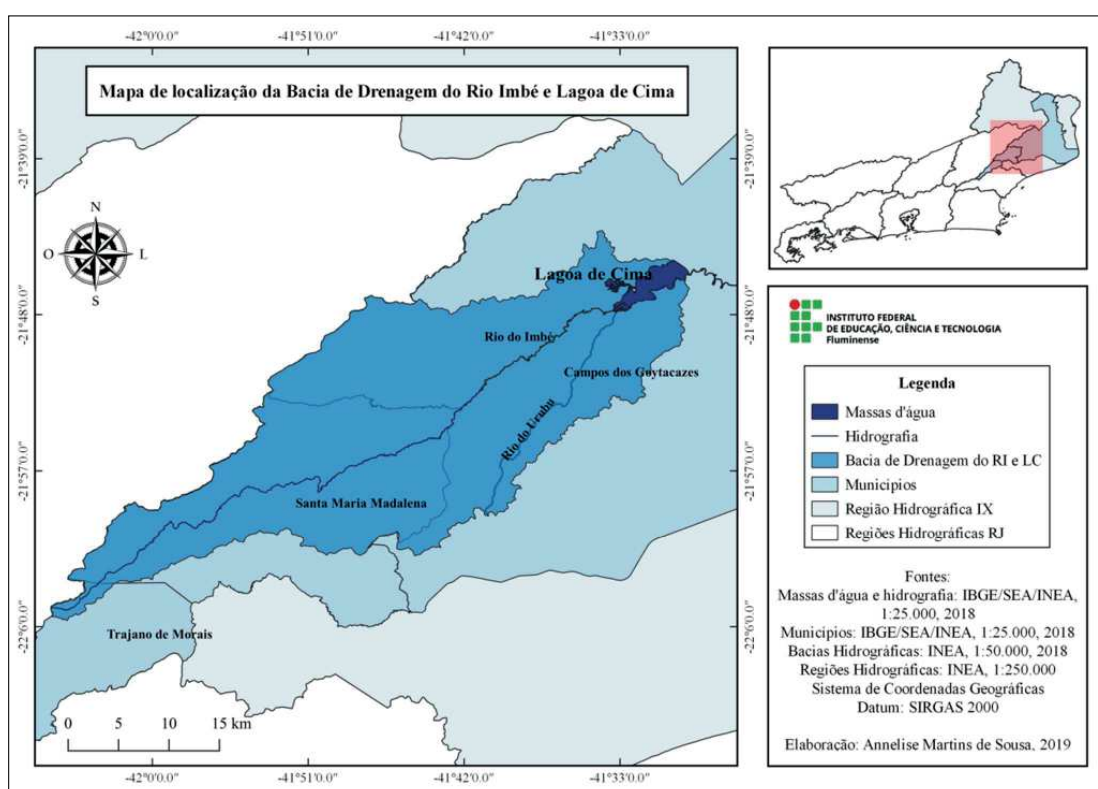


Figura 1. Localização da Bacia de Drenagem do Rio Imbé e Lagoa de Cima (BDRILC) e seus limites municipais.

No entorno da Lagoa de Cima há três localidades que estão diretamente conectadas ao espelho d'água: as comunidades de São Benedito, Santa Rita e Barra do rio Ururaí. Na primeira reside a maior parte dos pescadores tradicionais do seu entorno e é onde se encontra maior movimentação de turistas aos finais de semana e verão. Em Santa Rita, margem contrária à localidade de São Benedito, a ocupação do solo é marcada pela existência de grandes propriedades rurais, que antigamente eram dedicadas ao cultivo de cana de açúcar e à criação de gado. Hoje, suas terras vêm sendo loteadas, aumentando a quantidade de construções residenciais de alto padrão para veraneio. Além disso, é nessa localidade que se encontra o Iate Clube Lagoa de Cima. A comunidade da Barra do rio Ururaí é onde se encontra outra parcela expressiva dos pescadores tradicionais da região e a que possui, em relação à infraestrutura, a situação mais precária (Costa, 2006).

Uma questão bastante preocupante é a ocupação desordenada da sua faixa marginal de proteção ambiental (FMPA) que, segundo a legislação vigente (Lei N° 12651 de 25 de maio de 2012), para uma lagoa em área rural, preconiza ser de 100 m a partir da margem na sua cota mais alta. A mesma, muitas vezes, é ocupada por residências, comércios, lavouras, pastagens, cercas e estradas, tendo apenas 18% do entorno coberto por mata ciliar (Bidegain et al., 2002; Rezende et al., 2006).

Coleta e Análise das Amostras

Foram escolhidos seis pontos de amostragem ao longo da lagoa e georreferenciados através do sistema de posicionamento de satélite *Global Position System* (GPS) (Figura 2 e Tabela 1). Buscou-se contemplar as variações espaciais, levando-se em conta o aporte de afluentes, diferentes usos das margens, presença de atividades antrópicas e representatividade da comunidade local, desde a confluência dos rios Imbé e Urubu até a desembocadura do rio Ururai.

A localização dos pontos de amostragem foi feita com auxílio de GPS da marca Garmin modelo GPSMAP 76Cx. As amostras foram coletadas no dia 16/04/2019, dia parcialmente nublado com sol entre nuvens e sem precipitação. A precipitação acumulada no mês anterior à data da saída de campo (15/03 - 15/04) foi de 40 mm, dados da Estação Automática Campos dos Goytacazes-A607 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

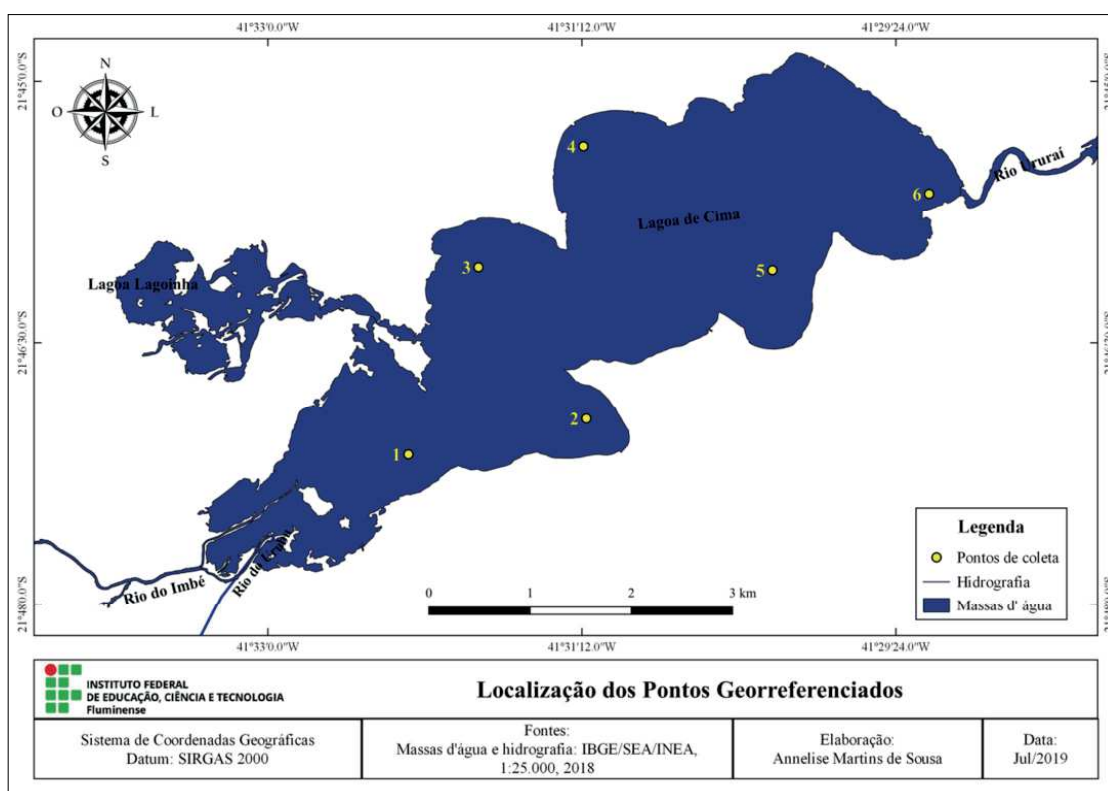


Figura 2. Localização georreferenciada dos pontos amostrais.

Foram coletadas amostras simples de água, a cerca de 20-30 cm da superfície, e, em seguida, elas foram armazenadas e conservadas em frascos apropriados, devidamente identificadas e encaminhadas ao

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

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

Na tabela 2, encontram-se listados os parâmetros e métodos utilizados na caracterização da qualidade da água da Lagoa de Cima.

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)
Bicarbonato	Titulometria com ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄) 0,0100 mol L ⁻¹
Cátions (Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ e Ca ²⁺) e ânions (F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , Br ⁻ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ e SO ₄ ²⁻)	Cromatógrafo de íons Metrohm 883 Basic IC Plus

Com relação às análises dos íons, a técnica majoritariamente utilizada foi a cromatografia iônica, que possui fase estacionária em coluna e fase móvel líquida. Os parâmetros do método e as especificações para realização dos testes de ânions e cátions podem ser verificados na tabela 3. Para realização dessas determinações, uma alíquota de aproximadamente 60 mL de cada amostra foi filtrada em membrana de acetato de celulose de 45 µm da Analítica¹ com uso de seringa *luer lock*. As amostras filtradas foram injetadas no cromatógrafo de íons Metrohm 883 Basic IC Plus acoplado ao amostrador 863 Compact Autosampler.

Tabela 3. Parâmetros cromatográficos utilizados para as análises de ânions e cátions.

Parâmetros	Valores ou especificações	
	Ânions	Cátions
Fase móvel	NaHCO ₃ (1,0 mmol L ⁻¹) e Na ₂ CO ₃ (3,2 mmol L ⁻¹)	H ₂ C ₂ O ₄ (2,7 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	Metrosep C4 – 150/4.0 da Metrohm
Pré-coluna	Metrosep A Supp 5 Guard/4.0 da Metrohm	Metrosep C4 – Guard/4.0 da Metrohm
Pressão	10,0 mPa	7,5 mPa
Volume injetado	20 µL	20 µL
Tempo da corrida	20 minutos	22 minutos

O método da padronização externa foi utilizado para a confecção das curvas analíticas necessárias para quantificação dos íons. Para o preparo das mesmas foram utilizadas soluções com concentrações iguais a 0,10; 1,00; 2,50; 5,00 e 10,00 mg L⁻¹, para ambos os grupos de íons (cátions e ânions). Essas soluções foram preparadas a partir de padrões multiânions e multicátions, de concentração 1000 mg L⁻¹, ambas adquiridas da SpecSol, Brasil. Após o preparo das soluções, as mesmas foram injetadas no cromatógrafo e as áreas obtidas para cada analito nas diferentes concentrações foram utilizadas para as confecções das curvas analíticas.

Para a determinação dos limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foi utilizado o método baseado em parâmetros da curva analítica. As equações que foram utilizadas nesse processo estão descritas a seguir, equações 1 e 2.

$$LD = 3,3 \times \frac{S}{S} \quad (1) \quad \text{e} \quad LQ = 10 \times \frac{S}{S} \quad (2)$$

Onde: **S**: coeficiente angular da curva analítica para cada analito; e **s**: estimativa do desvio padrão da resposta do branco, o qual foi obtido através das áreas dos ruídos oriundos da injeção de cinco brancos (água ultrapura) no cromatógrafo de íons.

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 nº 357/2005 e nº 274/2000, e com trabalhos científicos similares.

Análises Estatísticas

Para a análise estatística foi utilizada a Análise de Componentes Principais (*Principal Components Analysis – PCA*), uma técnica da estatística multivariada, que se baseia na transformação de um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão, os componentes principais, que são combinações lineares das primeiras. A importância de um componente principal é avaliada mediante sua contribuição, ou seja, pela proporção de variância total explicada pelo componente (FERREIRA, 2015).

Segundo Ferreira (2015), a PCA possibilita a redução do número de variáveis a serem analisadas, mediante a eliminação de componentes principais que tenham baixa variância, que adicionam pouco ou nada à interpretação dos resultados, e considerando apenas aquelas com alta variância, que contém informações mais relevantes. Dessa forma, um conjunto de dados associados a p variáveis analisadas, é simplificado em um outro de k variáveis artificiais (presumindo-se $k < p$) que explique a maior parte da variabilidade expressa pelas variáveis originais. Ou seja, para explicar as diferenças entre os objetos, por exemplo, apenas algumas combinações das variáveis seriam satisfatórias (ex.: os dois ou três primeiros componentes principais).

Neste trabalho, para a análise de PCA, foi utilizado o programa gratuito de estatística PAST versão 3.25.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces são consideradas classe 2. Desta forma, os resultados apresentados neste trabalho serão comparados considerando-se essa classificação para a Lagoa de Cima. Nesses ambientes, 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 nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Os resultados médios obtidos para alguns dos parâmetros físico-químicos avaliados, e a estimativa do desvio padrão para cada caso, estão descritos na tabela 4.

A Lagoa de Cima é caracterizada como lagoa de água doce, o que pode ser comprovado com os resultados de salinidade obtidos (todos iguais a 0,01‰), uma vez que, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, as águas doces são definidas como as que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5‰.

O pH representa a concentração de íons hidrogênio, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Valores de pH distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática, além disso, sua variação influencia o equilíbrio de compostos químicos (Von Sperling, 2005). O pH apresentou variação

de $6,85 \pm 0,01$ a $7,06 \pm 0,01$, mantendo-se bem próximo a neutralidade e dentro do limite estabelecido. Valores próximos foram encontrados por Souza (2008), em seu estudo na Lagoa de Cima próximo ao Iate Clube, em período chuvoso.

Tabela 4. Valores médios obtidos, e a estimativa dos desvios padrão, para os parâmetros físico-químicos das amostras de água da LC. pH: potencial hidrogeniônico; Turb.: turbidez; CE: condutividade elétrica; STD: sólidos totais dissolvidos; Sali.: salinidade; *Valores máximos, mínimos ou faixa permitida considerando-se água doce/classe 2.

Ponto	Parâmetros				
	pH	Turb. (UNT)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	STD (ppm)	Sali. (‰)
P1	$6,87 \pm 0,00$	$13,63 \pm 0,06$	$32,17 \pm 0,02$	$17,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
P2	$6,85 \pm 0,01$	$12,13 \pm 0,04$	$31,17 \pm 0,07$	$15,33 \pm 0,47$	$0,01 \pm 0,00$
P3	$6,93 \pm 0,02$	$6,57 \pm 0,03$	$31,70 \pm 0,02$	$15,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
P4	$7,06 \pm 0,01$	$7,81 \pm 0,08$	$32,69 \pm 0,03$	$15,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
P5	$6,98 \pm 0,01$	$9,26 \pm 0,03$	$32,34 \pm 0,04$	$15,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
P6	$7,01 \pm 0,01$	$8,01 \pm 0,01$	$32,65 \pm 0,15$	$14,67 \pm 0,47$	$0,01 \pm 0,00$
*CONAMA n° 357/05	6,0 – 9,0	100	-	500	$\leq 0,5$

A turbidez representa o grau de atenuação de intensidade sofrida por um feixe de luz ao atravessar a água, por espalhamento e absorção, devido à presença de sólidos em suspensão. Uma das causas do seu aumento é a erosão às margens dos cursos d'água em épocas de chuva, intensificada pelo mau uso do solo. Os despejos de efluentes domésticos e industriais também provocam o aumento desse parâmetro. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação, influenciando nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2017a). Os valores de turbidez encontrados para as amostras de água da Lagoa de Cima apresentaram variação de $6,57 \pm 0,03$ a $13,63 \pm 0,06$ UNT, estando todos bem abaixo do valor máximo permitido (100 UNT). O primeiro ponto (P1) apresentou o maior valor de turbidez dentre os pontos amostrados. Um fator que pode ter contribuído é a sua localização próxima de onde os rios Imbé e Urubu deságuam na lagoa, caracterizando um local de águas mais turbulentas, revolvendo os sólidos em suspensão. Outro fator é que, segundo Rezende et al. (2006), o rio Urubu se encontra em uma área fortemente desmatada e impactada pela agricultura e pecuária. A retirada da mata acaba propiciando o carreamento de sedimentos para a água do rio e, conseqüentemente, para a lagoa.

A condutividade elétrica representa a capacidade de uma água conduzir corrente elétrica, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água. Portanto, é uma medida indireta da concentração de poluentes. A condutividade aumenta ao passo que mais sólidos dissolvidos são adicionados (CETESB, 2017a). Não há alusão sobre os limites aceitáveis na Resolução CONAMA n° 357/2005 quanto a este parâmetro. No entanto, ao relacionar a determinação de condutividade com o grau de contaminação do corpo hídrico, Von Sperling (2014) indica que o valor máximo para água doce não poluída é de até $100,00 \mu\text{S cm}^{-1}$. Assim, todos os pontos amostrados (variando entre $32,17 \pm 0,07$ a $32,69 \pm 0,03 \mu\text{S cm}^{-1}$) apresentaram

valores dentro do limite e pouquíssima variação entre eles. Rezende et al. (2006), em seu estudo na Lagoa de Cima, encontraram resultados similares.

De acordo com Sousa et al. (2014), os sólidos totais dissolvidos presentes na água têm relação com a condutividade, que, por sua vez, remete-se a presença de íons presentes na água. Contribuem para a concentração de sólidos totais dissolvidos, por exemplo, os sais inorgânicos, bem como, alguns compostos orgânicos solubilizados. Os valores encontrados para sólidos totais dissolvidos variaram de $14,67 \pm 0,47$ a $17,00 \pm 0,00$ ppm, estando todos dentro do limite estabelecido pela legislação. Morais (2016), em seu estudo sobre a qualidade da água da represa de Juturnaíba, Silva Jardim/RJ, encontrou valores semelhantes.

Com relação às análises cromatográficas, na tabela 5, encontram-se as equações das retas, os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r), e os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) obtidos para os íons analisados por essa técnica. Os valores determinados para o coeficiente de correlação de Pearson (r) estão, em sua totalidade, de acordo com o que preconiza a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), uma vez que todos estão acima de 0,99, mínimo aceito pela mesma (ANVISA, 2019).

Tabela 5. Parâmetros das curvas analíticas dos íons analisados por cromatografia e seus respectivos limites de detecção (LD) e quantificação (LQ). *Estimativa do desvio padrão para a área do branco (n=5); **Coeficiente de correlação de Pearson.

Íons	*s	Equação da reta	**r	LD (mg L ⁻¹)	LQ (mg L ⁻¹)
C	Na ⁺	$y = 0,251x + 0,0358$	0,9995	0,0110	0,0333
Á					
T	NH ₄ ⁺	$y = 0,299x - 0,0184$	0,9994	0,0092	0,0280
I	K ⁺	$y = 0,1347x + 0,0193$	0,9995	0,0205	0,0621
O	Mg ²⁺	$y = 0,443x + 0,0462$	0,9988	0,0062	0,0189
N	Ca ²⁺	$y = 0,2634x + 0,0985$	0,9963	0,0105	0,0318
S	F ⁻	$y = 0,3181x - 0,0676$	0,9979	0,0087	0,0263
Â	Cl ⁻	$y = 0,201x - 0,0493$	0,9966	0,0137	0,0416
N	NO ₂ ⁻	$y = 0,117x - 0,0247$	0,9978	0,0236	0,0715
I	Br ⁻	$y = 0,0819x - 0,0056$	0,9974	0,0337	0,1022
O	NO ₃ ⁻	$y = 0,1029x - 0,0077$	0,9987	0,0268	0,0813
N	PO ₄ ³⁻	$y = 0,051x - 0,0019$	0,9982	0,0541	0,1641
S	SO ₄ ²⁻	$y = 0,1393x + 0,0023$	0,9988	0,0198	0,0601

Os resultados dessas análises estão descritos na tabela 6. Os mesmos representam médias obtidas de duplicatas. Todos os íons foram analisados por cromatografia iônica, exceto o bicarbonato (HCO₃⁻), que foi analisado por titulometria.

Tabela 6. Valores médios obtidos, e as estimativas dos desvios padrão, para cátions e ânions nas amostras de água da LC. *Valores máximos considerando-se água doce/classe 2.

Ponto	Parâmetros							
	Cátions (mg L ⁻¹)				Ânions (mg L ⁻¹)			
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
P1	2,901 ± 0,011	0,948 ± 0,021	2,189 ± 0,010	5,769 ± 0,430	3,412 ± 0,018	0,332 ± 0,007	1,444 ± 0,005	1,46
P2	6,85 ± 0,01	0,989 ± 0,026	2,377 ± 0,093	5,167 ± 0,368	3,454 ± 0,007	0,182 ± 0,000	1,613 ± 0,010	1,57
P3	6,93 ± 0,02	1,022 ± 0,021	2,460 ± 0,083	5,645 ± 0,239	3,601 ± 0,011	0,225 ± 0,007	1,785 ± 0,020	1,46
P4	7,06 ± 0,01	1,186 ± 0,031	2,809 ± 0,081	4,087 ± 0,129	3,643 ± 0,007	0,289 ± 0,000	1,976 ± 0,005	1,38
P5	6,98 ± 0,01	1,174 ± 0,037	2,728 ± 0,024	4,565 ± 0,118	3,671 ± 0,011	0,318 ± 0,000	2,001 ± 0,010	1,46
P6	7,01 ± 0,01	1,208 ± 0,052	2,801 ± 0,112	4,313 ± 0,169	3,691 ± 0,004	0,298 ± 0,000	2,015 ± 0,000	1,30
*CONAMA nº 357/05	-	-	-	-	250	10	250	-

Os íons NH₄⁺, F⁻, NO₂⁻, Br⁻ e PO₄³⁻ apresentaram valores abaixo do limite de detecção e, portanto, foram omitidos da Tabela 6. Não há regulamentação dos cátions analisados na Resolução CONAMA nº 357/05, e quanto aos ânions, todos os regulamentados apresentaram valores bem abaixo do limite máximo estipulado. De forma geral, as concentrações médias dos cátions seguiram a ordem K⁺ < Mg²⁺ < Ca²⁺ < Na⁺ e dos ânions NO₃⁻ < HCO₃⁻ < SO₄²⁻ < Cl⁻. Os íons que predominam em solução na água da Lagoa de Cima são o sódio, o cálcio e o cloreto.

Segundo Dovidauskas et al. (2017), o sódio é um elemento necessário aos organismos vivos, estando presente nas águas naturais em diferentes proporções. Nas águas superficiais os níveis se encontram, normalmente, muito abaixo de 50 mg L⁻¹. O aumento da sua concentração está associado, principalmente, ao lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos hídricos.

Foi possível observar, no caso do cátion Na⁺, que o P1 apresentou valor consideravelmente menor que os pontos seguintes. No entorno da lagoa pode estar tendo alguma atividade que acaba influenciando no aumento da concentração de Na⁺ ao longo do seu percurso, como despejos de efluentes domésticos das residências próximas, ou as águas do rio Imbé e Urubu, que deságuam próximo a este ponto, podem estar levando à diluição deste cátion.

O cálcio se encontra presente em ambientes aquáticos através da dissolução de rochas enriquecidas em minerais desse elemento, como carbonatos e sulfatos. Geralmente a sua concentração nas águas naturais são menores que 15 mg L⁻¹ (CETESB, 2017a).

O cloreto pode estar naturalmente presente nesse ambiente pela dissolução de minerais. São fontes importantes e não naturais de cloreto os despejos de efluentes domésticos, industriais e águas utilizadas

em irrigação. Altas concentrações do mesmo influenciam nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, pois provocam alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (Von Sperling, 2005; CETESB, 2017a).

Segundo Rezende et al. (2006), em corpos hídricos, os macroelementos dissolvidos podem ser oriundos de interação com rochas da bacia de drenagem, de processos de evaporação e cristalização e de precipitação atmosférica. No caso da bacia de drenagem em estudo, pode-se dizer que a concentração de íons é controlada principalmente pela contribuição da litologia da região, formada basicamente por gnaisses granitóides, através do intemperismo. Entretanto, o autor observou um aporte significativo na área de captação da bacia proveniente da precipitação, devido forte correlação positiva entre as concentrações de Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- e SO_4^{2-} para as águas fluviais, sugerindo essa fonte comum para a contribuição desses íons.

Os compostos nitrogenados, juntamente com o fósforo e outros nutrientes, provocam o enriquecimento das águas naturais, eutrofizando-as. Esse processo possibilita o crescimento intenso de seres vivos que os utilizam, em especial as algas, comprometendo os usos da água e gerando poluição, resultante da morte e decomposição desses organismos (CETESB, 2017a). O nitrato é a principal forma de nitrogênio relacionada à contaminação dos corpos hídricos pelas atividades agropecuárias. Este íon tende a permanecer em solução no solo, ficando propenso ao processo de lixiviação. As maiores fontes difusas de contaminação da água por nitrato em áreas agrícolas são os fertilizantes nitrogenados minerais e esterco manejados de maneira inadequada (Resende, 2002).

Na tabela 7 estão descritos os resultados dos parâmetros microbiológicos, OD e temperatura.

Tabela 7. Valores obtidos para os parâmetros microbiológicos, oxigênio dissolvido e temperatura das amostras de água da LC. C. totais: coliformes totais; C. termo: coliformes termotolerantes; *E. coli*: *Escherichia coli*; NMP: número mais provável; $\text{DBO}_{5,20}$: demanda bioquímica de oxigênio; OD: oxigênio dissolvido; Temp.: temperatura; *n=3; **Valores máximos permitidos para uso de recreação de contato primário; ***Valores máximos permitidos para os demais usos, considerando água doce/classe 2.

Ponto	Parâmetros					
	C. totais (NMP/100mL)	C. termo (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	$\text{DBO}_{5,20}$ (mg O ₂ L ⁻¹)	*OD (mg L ⁻¹)	*Temp. (°C)
P1	7701,0	344,4	275,5	5,0	5,65 ± 0,10	27,57 ± 0,05
P2	121,0	1,25	1,0	3,0	5,69 ± 0,06	27,83 ± 0,05
P3	97,0	< 1,25	< 1,0	2,0	5,93 ± 0,04	28,90 ± 0,00
P4	109,0	1,25	1,0	3,0	5,69 ± 0,14	30,03 ± 0,05
P5	620,0	< 1,25	< 1,0	3,0	6,09 ± 0,05	28,23 ± 0,05
P6	2495,0	< 1,25	< 1,0	2,0	6,25 ± 0,08	28,33 ± 0,05
**CONAMA n° 274/00	-	≤ 2500	≤ 2000	-	-	-
***CONAMA n° 357/05	-	≤ 1000	-	≤ 5	≥ 5	-

Para a quantificação dos coliformes termotolerantes foi utilizado o fator de correção de 1,25 sobre o resultado de *Escherichia coli* (*E. coli*), conforme consta no Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D (CETESB, 2017b).

As Resoluções CONAMA nº 274/00 e 357/05 não determinam os limites máximos de coliformes totais na água. Quanto aos termotolerantes, para uso de recreação de contato primário, deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade previstos na Resolução CONAMA nº 274/00. Para os demais usos, de acordo com a CONAMA nº 357/05, considerando-se água doce/classe 2, não deverá ser excedido um 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.

E. coli é regulamentada também pela Resolução CONAMA nº 274/00. De acordo com a mesma, um corpo hídrico pode ser dividido em duas categorias quanto à sua balneabilidade: próprio ou impróprio. Quando a água se encontra própria para banho ela pode ser subdividida em três categorias: excelente, muito boa ou satisfatória. Ela é considerada imprópria para banho quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2500 NMP para coliformes termotolerantes ou 2000 NMP para *E. coli* por 100 mL, entre outras ocorrências.

Os coliformes termotolerantes são microrganismos do grupo coliforme, de origem majoritariamente fecal, capazes de fermentar a lactose a 44-45 °C, sendo representadas principalmente pela *E. coli*, que é de origem exclusivamente fecal. Os coliformes termotolerantes não são, portanto, tão adequados como indicadores de contaminação fecal quanto a *E. coli*, porém é admitido seu uso em avaliação da qualidade da água (CETESB, 2017a).

Quanto aos resultados obtidos, ressalta-se que a periodicidade de coleta utilizada neste trabalho não foi a indicada pela legislação, visto 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. Porém, os resultados obtidos podem inferir a situação atual da lagoa. Nessa perspectiva, os resultados dos parâmetros coliformes termotolerantes e *E. coli* se encontram dentro dos limites máximos estabelecidos pelas resoluções citadas, demonstrando que a qualidade da água está em conformidade para a recreação de contato primário e os demais usos. Observa-se também, que o P1 foi o que apresentou maiores valores de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*, podendo ser oriundos de atividades que ocorram em torno dos rios Imbé e Urubu.

A $DBO_{5,20}$ (demanda bioquímica de oxigênio) representa, de forma indireta, a quantidade de matéria orgânica no corpo hídrico, sendo as bactérias as responsáveis por fazerem a oxidação da mesma. Elas utilizam o oxigênio no seu processo respiratório, podendo acarretar redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD) no meio. Altas concentrações de $DBO_{5,20}$ são provocadas por despejos de origem predominantemente orgânica, 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).

O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Mantê-lo em condições adequadas é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em águas naturais. Valores superiores são indicativos da presença de algas e inferiores presença de matéria orgânica (provavelmente efluentes domésticos) (Von Sperling, 2005; CETESB, 2017a).

Os valores de $DBO_{5,20}$ encontrados no presente trabalho variaram entre 2,0 e 5,0 $mg\ O_2\ L^{-1}$, onde o P1 apresentou o maior valor, estando no limite máximo estabelecido pela CONAMA nº 357/05. Os valores de OD, apresentaram variação de $5,65 \pm 0,10$ a $6,25 \pm 0,08\ mg\ L^{-1}$, estando todos dentro do limite estabelecido. Maiores valores de $DBO_{5,20}$, geralmente, estão associados aos menores valores de OD. Fato observado no P1, onde foi encontrado o menor valor de OD para maior valor de $DBO_{5,20}$, e, conseqüentemente, onde encontrou-se maior valor de OD, foi observado o menor valor de $DBO_{5,20}$, o P6.

Pode-se relacionar, ainda, os resultados dos parâmetros OD/ $DBO_{5,20}$ com os resultados de coliformes/*E.coli*. Os primeiros são afetados pelas altas concentrações de matéria orgânica, que podem ser oriundos dos despejos de efluentes sanitários que, por sua vez, são possíveis fontes de contaminação da água por coliformes/*E. coli*. Essa relação pode ser vista em P1, onde há uma maior concentração de coliformes e $DBO_{5,20}$ e, como consequência, menor concentração de OD.

Nas figuras 3A e B são apresentados os resultados da análise de componentes principais (PCA). Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 90,2 e 91,7% da variação dos dados nas figuras 3A e B, respectivamente. Analisando-se os resultados, pode-se observar que a água coletada no ponto 1 (P1) apresenta características diferentes dos demais, uma vez que, o mesmo encontra-se destacado em relação aos outros pontos de amostragem em ambas as figuras. Fica claro ainda, que a esse mesmo ponto estão associados os maiores valores de coliformes totais, termotolerantes, *E. coli*, $DBO_{5,20}$, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Ainda com relação à análise de PCA apresentada na figura 3A, o CP1 concentra as maiores cargas (*loadings*) para coliformes totais, termotolerantes, *E. coli* e $DBO_{5,20}$, todos mais associados ao P1, e o CP2 possui maior carga (*loading*) para o parâmetro OD, mais associado ao P6. Ainda com relação à análise multivariada, considerando-se os parâmetros que foram utilizados na análise de PCA na figura 3B, as águas coletadas nos pontos 4 e 6 da Lagoa de Cima apresentam características semelhantes.

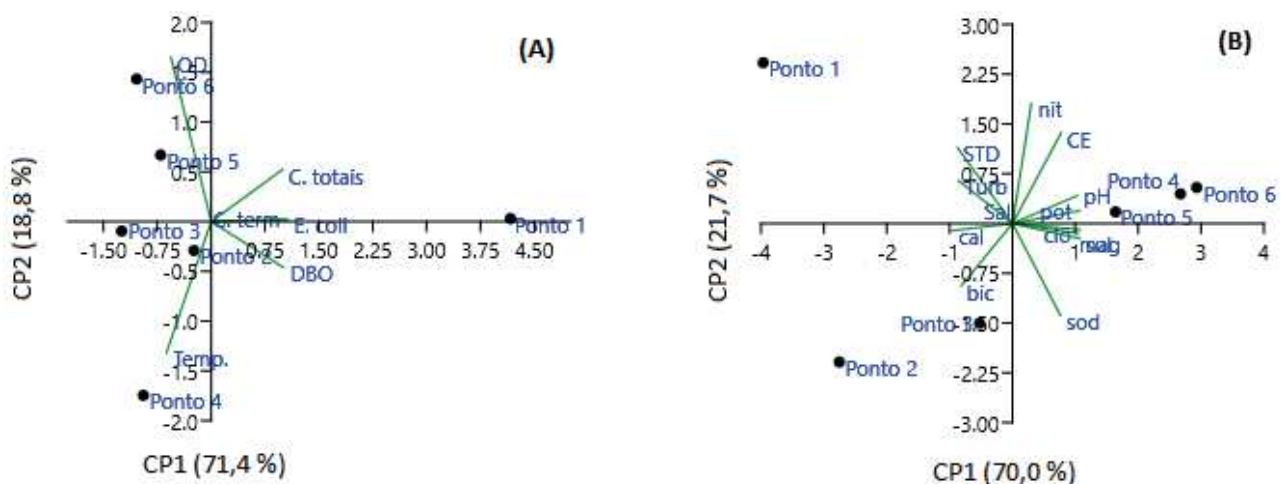


Figura 3. (A) Resultados obtidos na análise de componentes principais (PCA) utilizando os parâmetros: coliformes totais (C. totais), coliformes termotolerantes (C. term), *Escherichia coli* (*E. coli*), $DBO_{5,20}$ (demanda bioquímica de oxigênio), temperatura (Temp.) e oxigênio dissolvido (OD). (B) condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb), sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade (Sal), pH, magnésio (mag), cálcio (cal), sódio (sod), potássio (pot), sulfato (sul), bicarbonato (bic), nitrato (nit) e cloreto (clo).

CONCLUSÕES

No dia avaliado, a Lagoa de Cima apresentou qualidade compatível com a classe 2, ou seja, estava própria para uso de contato primário e atividades de pesca, usos preponderantes no local. Neste trabalho todos os parâmetros analisados se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, as Resoluções CONAMA nº 274/00 e nº 357/05. Destaca-se a limitação em seguir a metodologia proposta para avaliar a balneabilidade da lagoa segundo a Resolução CONAMA nº 274/00.

Além disso, foi possível observar que o Ponto 1 (P1) apresentou características mais distintas dos demais, enquanto os Pontos 4 e 6 (P4 e P6) demonstraram características similares entre si. Associados ao P1 tem-se os maiores resultados encontrados para os parâmetros coliformes totais, termotolerantes, *E. coli*, DBO, turbidez e STD, que podem ser indicativos de contaminação da lagoa pelas águas provenientes dos rios Imbé e Urubu, visto que esse ponto se encontra próximo a confluência dos mesmos na lagoa.

Este trabalho demonstra a importância do monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Cima como um instrumento de gestão ambiental, a fim de promover a sua conservação e o uso sustentável dos seus recursos naturais. Ressalta-se também, ser de grande relevância uma caracterização da qualidade da água dos rios Imbé e Urubu, e dos usos e ocupação do solo, a fim de avaliar as condições, uma vez que os corpos d'água são afetados por qualquer tipo de interferência que ocorra em sua bacia.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. 2017. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Eng. Sanit. Ambient.**, 22(1):45-56.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). **Resolução RE Nº 899**, de 23 de maio de 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_899_2003_COMP.pdf/ff6fdc6b-3ad1-4d0f-9af2-3625422e6f4b>. Acesso em: 22 jul. 2019.
- APHA, American Public Health Association. 2005. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 1274p.
- BIDEGAIN, P.; BIZERRIL, C.; SOFFIATI, A. 2002. **Lagoas do Norte Fluminense: perfil ambiental**. Rio de Janeiro: Semads, 148p.
- BRAGA, B. et al. 2005. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 318p.
- 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 3 out. 2018.
- _____. 2002. **Decreto Nº 4.340**, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm>. Acesso em: 10 ago. 2019.
- _____. 2000. **Lei Nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

_____. 1981. **Lei Nº 6.902**, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de estações ecológicas, áreas de proteção ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

_____. 1981. **Lei Nº 6.902**, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de estações ecológicas, áreas de proteção ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

CAMPOS DOS GOYTACAZES. 1992. Prefeitura Municipal de 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. Disponível em: <<http://gg.gg/xb3a0>>. Acesso em: 23 set. 2018.

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 em: <<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.

_____. 2017b. **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**: Apêndice D – Índices de qualidade das águas. Disponível em: <<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.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. **Resolução 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. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 18 set. 2018.

_____. 2000. **Resolução Nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 18 set. 2018.

COSTA, K. V.; PEDLOWSKI, M. A.; REZENDE, C. E. 2006. Analisando os impactos socioambientais da ocupação humana e da utilização de recursos naturais dentro de uma área de proteção ambiental no norte fluminense. In: **III ENCONTRO DA ANPPAS**, 2006, Brasília.

DOVIDAUSKAS, S. et al. 2017. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil), **Vigil. sanit. debate**, 5(1): 106-115.

FERREIRA, M. M. C. 2015. **Quimiometria**: conceitos, métodos e aplicações. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 493p.

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

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

MORAIS, M. R. D. de; OLIVEIRA, M. M.; OLIVEIRA, V. de P. S. de. 2016. Impacto da ação antrópica na qualidade da água da represa de Juturnaíba – Silva Jardim/RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, 10(1): 201-223.

RESENDE, A. V. de. 2002. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. Planaltina: Embrapa Cerrados, 29p.

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

ROCHA, B. C. S.; DA HORA, M. A. G. M.; MORAES, J. R. 2017. Diagnosis of water quality of the Mataruna river, municipality of Araruama, RJ, through physical, chemical and microbiological parameters. **Revista Espacios**, 38(27): 2.

RODRIGUES, M. B.; LIPP-NISSINEN, K. H. 2018. 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**, 15(3): 1137-1153.

SARAIVA, V. K. et al. 2009. Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do ribeirão Espírito Santo, afluente do rio São Francisco. **Química Nova**, 32(8): 1995-2002.

SOUSA, T. M. I. de. et al. 2014. Qualidade ambiental da bacia do rio Piancó Piranhas Açú. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(4): 84-94.

SOUZA, L. M. B. de. 2008. **Avaliação do efeito da cobertura vegetal sobre a concentração de metano dissolvido e parâmetros físico-químicos em duas lagoas continentais do Norte do Estado do Rio de Janeiro, RJ**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 87p.

SOUZA, M. F. de. 2015. **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.

TUNDISI, J. E. M. 2006a. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Médio Tocantins (TO)**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, 152p.

TUNDISI, J. G. 2006b. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, (70): 24-35.

TUNDISI, J. G. 2003. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 251p.

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

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

Submetido em: 27.01.2020

Aceito em: 06.12.2021