

Avaliação da qualidade hídrica do lago urbano em Goiânia, Goiás.

Evaluation of water quality in the urban lake of Goiânia, Goiás.

Evaluación de la calidad del agua del lago urbano en Goiânia, Goiás.

Débora de Sousa Faria¹

Nora Katia Saavedra del Aguila Hoffmann²

Resumo: O estudo visou avaliar a qualidade hídrica do Lago das Rosas, em Goiânia (GO), no período de seca e chuvoso de 2022. Para isto foram realizadas análises de variáveis físico-químicas e microbiológicas, bem como calculados os índices de qualidade hídrica (IQA e IET). Os resultados, durante o período de seca, satisfizeram o permitido pela Resolução Conama n° 357/2005 (classe II), enquanto, no período chuvoso, as variáveis DBO, OD e coliformes totais ultrapassaram os limites permitidos. Estes, possivelmente se relacionaram à poluição orgânica, ocasionada pelo escoamento superficial da água, que também influenciou o IQA, classificado, no período chuvoso, como “razoável”.

Palavras-chave: Qualidade da água. Poluição. Lago urbano.

Abstract: This study aimed to evaluate the water quality of Lago das Rosas, in Goiânia (GO), in the dry and rainy season of 2022. Physical-chemical and microbiological variables were analyzed, and water quality indices (IQA and IET) were calculated. The results, during the dry period, satisfied what is allowed by Conama Resolution n° 357/2005 (Class II), while in the rainy period, the variables DBO, OD and total coliforms exceeded the allowed limits, a scenario possibly due to organic pollution caused by surface water runoff. Variation that interfered in the water quality indices, which for the IQA, in the rainy period was considered “reasonable”.

Keywords: Water quality. Pollution. Urban lake.

Resumen: El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del Lago das Rosas, en Goiânia (GO), en la estación seca y lluviosa de 2022. Fueron analizadas variables físico-químicas y microbiológicas y calculados los índices de calidad del agua. Los resultados, durante la época seca, cumplieron con los requisitos de la Resolución Conama N°357/2005 (clase II), mientras que en la época lluviosa, las variables DBO, OD y coliformes totales superaron los límites permitidos. Este, posiblemente debido a la contaminación orgánica causada por la escorrentía de aguas superficiales. Variación que interfirió en los resultados de los índices de calidad del agua, que para el ICA, en el período lluvioso fue considerado “razonable”.

Palabras-clave: Calidad del agua. Contaminación. Lagos urbanos.

Submetido 10/07/2023

Aceito 06/02/2024

Publicado 15/02/2024

¹ Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás. ORCID 0009-0003-4718-0440. E-mail: deboradesousa.1999@gmail.com

² Doutora em Hidráulica e Saneamento. Professora Associada. Universidade Federal de Goiás. ORCID 0000-0001-7056-7713. E-mail: kasaavedra@ufg.br.

Introdução

De acordo com a Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, passível a ser preservado e gerido de forma racional (Brasil, 1997). Trata-se de um recurso natural fundamental para o equilíbrio da vida e dos ecossistemas (Lima, 2010), além de ser um elemento representativo de valores sociais, culturais, paisagísticos (Pereira, 2007) e econômicos (*International Conference on Water and the Environment*, 1992).

Mesmo com tamanha importância e múltiplas funcionalidades, os recursos hídricos estão sofrendo com diversos impactos ambientais correlacionados, principalmente, com a crescente urbanização (Amaral, 2022). São nos centros urbanos que os recursos hídricos são considerados mais vulneráveis, devido à ocupação desordenada do solo e à sua proximidade com fontes pontuais e difusas de poluição, como lançamento de efluentes industriais e domésticos, escoamento superficial da água e descarte inadequado de resíduos (Guedes, 2011). Estas fontes, contribuem para a deterioração da qualidade da água, colocando em risco a saúde dos elementos da biota (Libânio, 2016) e gerando consequências econômicas (desvalorização dos recursos hídricos e maior necessidade de capital financeiro para controle ambiental), sociais (vulnerabilidade de populações e atividades tradicionais) e de saúde pública (propagação de doenças) (Derisio, 2017).

Diante disso, a realização do monitoramento da qualidade da água é fundamental para a promoção da gestão sustentável deste recurso (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2022), tornando-se uma ferramenta importante para minimizar a perda de biodiversidade; identificar mudanças na estrutura e função dos ecossistemas, bem como auxiliar no estabelecimento de estratégias de conservação e recuperação de determinada área (Souza, 2019).

No que se refere aos lagos urbanos de Goiânia (Goiás), as pesquisas de monitoramento da qualidade hídrica desses ecossistemas se resumem aos seguintes trabalhos: Nogueira *et al.* (2008); Nogueira e Oliveira (2009); Silva, Bárbara e Barros (2010); Ferreira e Brito (2013); Pereira, Mesquita e Sant'Ana (2017), e Silva (2017). Dentre esses estudos, foram analisados os lagos urbanos presentes nos parques Vaca Brava, Lago das Rosas, Jardim Botânico Chico Mendes, Bosque dos Buritis, Jaó e Parque Beija Flor. Apesar de abranger vários lagos, incluindo o Lago das Rosas, objeto de estudo deste trabalho, registrou-se a necessidade de dados

e pesquisas mais atualizadas referentes à qualidade da água que comprovam a importância desta pesquisa.

Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade hídrica de um lago urbano do município de Goiânia, Goiás por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, e sua correlação com índices de qualidade hídrica para verificação da qualidade ambiental do ecossistema aquático.

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida no lago existente no Parque Natural Municipal Lago das Rosas, com área delimitada na Figura 1, localizado na região central, Setor Oeste, do município de Goiânia (Goiás), entre a Avenida Anhanguera e a Alameda das Rosas, nas coordenadas geográficas: 16°40'45"S e 49°16'25"O.

Figura 1 – Parque Lago das Rosas



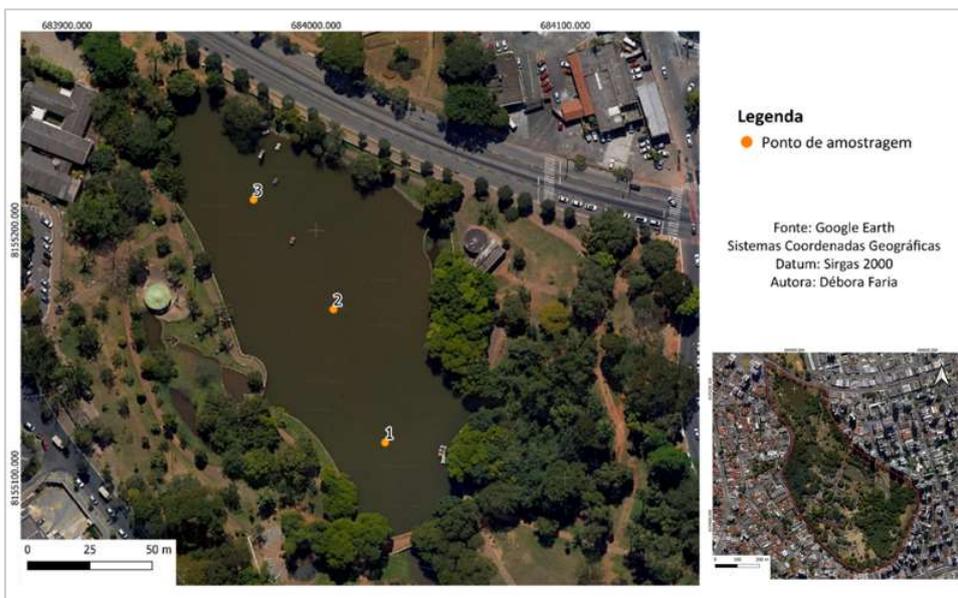
Fonte: Google Earth (2023).

Como mostra a Figura 1, a área do parque tem três represamentos artificiais principais, que se originam de nascentes presentes no próprio parque, sendo eles o Lago da Mara, Lago da

Cascata e o maior deles, o Lago do Trampolim. Para esta pesquisa, foi delimitado como ponto de coleta das amostras o Lago do Trampolim, apresentado na Figura 2, uma vez que é o receptor do fluxo de água dos demais lagos existentes no Parque Lago das Rosas e o ponto final por onde a água é canalizada e direcionada até o Ribeirão Anicuns.

Para coleta das amostras de água para as análises, delimitaram-se três pontos no Lago do Trampolim, identificados na Figura 2 com as seguintes coordenadas geográficas: P1 - 16°40'44"S e 49°16'27"O; P2 - 16°40'44"S e 49°16'28"O, e P3 - 16°40'43"S e 49°16'29"O. A posição destes pontos foi de acordo com a profundidade do lago e sua localização em relação ao ponto desague da água no Lago Trampolim, com o intuito de obter dados de qualidade hídrica de diferentes pontos para avaliação integral do Lago das Rosas.

Figura 2 - Pontos de amostragem no Lago das Rosas



Fonte: Google Earth (2023).

As amostras de água foram coletadas em setembro (período seco) e em dezembro (período chuvoso) de 2022, conforme diretrizes estabelecidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2011). As análises realizadas nos laboratórios de Saneamento da Universidade Federal de Goiás e de empresa particular seguiram a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, 2012).

Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo, turbidez, sólidos totais, alcalinidade e ortofosfato. Os parâmetros microbiológicos analisados foram: coliformes totais, *Escherichia coli* e o pigmento clorofila-a.

Para análise dos dados obtidos, realizaram-se os tratamentos estatísticos (média aritmética, mínimo, máximo, desvio padrão), bem como a comparação com os padrões estabelecidos pela Resolução n° 357/2005 CONAMA e pela literatura científica. De acordo com o art. 42 desta Resolução (Brasil, 2005), enquanto não aprovada a classificação proposta por esta, as águas doces devem ser consideradas como classe 2, que são as águas que 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 atividade de pesca (Brasil, 2005). Diante disso, como para o Lago das Rosas não há enquadramento que delimite a classificação oficial do corpo hídrico, foi realizado o comparativo dos resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com os padrões estabelecidos para a classe 2, como previsto pela Resolução.

Ademais, com os dados de qualidade obtidos pelas análises dos parâmetros, foram calculados os índices de qualidade hídrica, Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET), para compatibilização dos resultados obtidos pelas análises físico-químicas e microbiológicas.

Para o cálculo do IQA, criado, em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* (hoje considerado o principal índice de qualidade utilizado no Brasil) (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2022), foi realizado o produtório ponderado das nove variáveis que integram o índice (sólidos totais, turbidez, temperatura, fósforo total, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio, pH, coliformes totais e oxigênio dissolvido) para cada amostra coletada, conforme a Equação 1:

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

Em que:

IQA: Índice de Qualidade da Água;

q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro;

w_i : peso do parâmetro i.

sendo que:

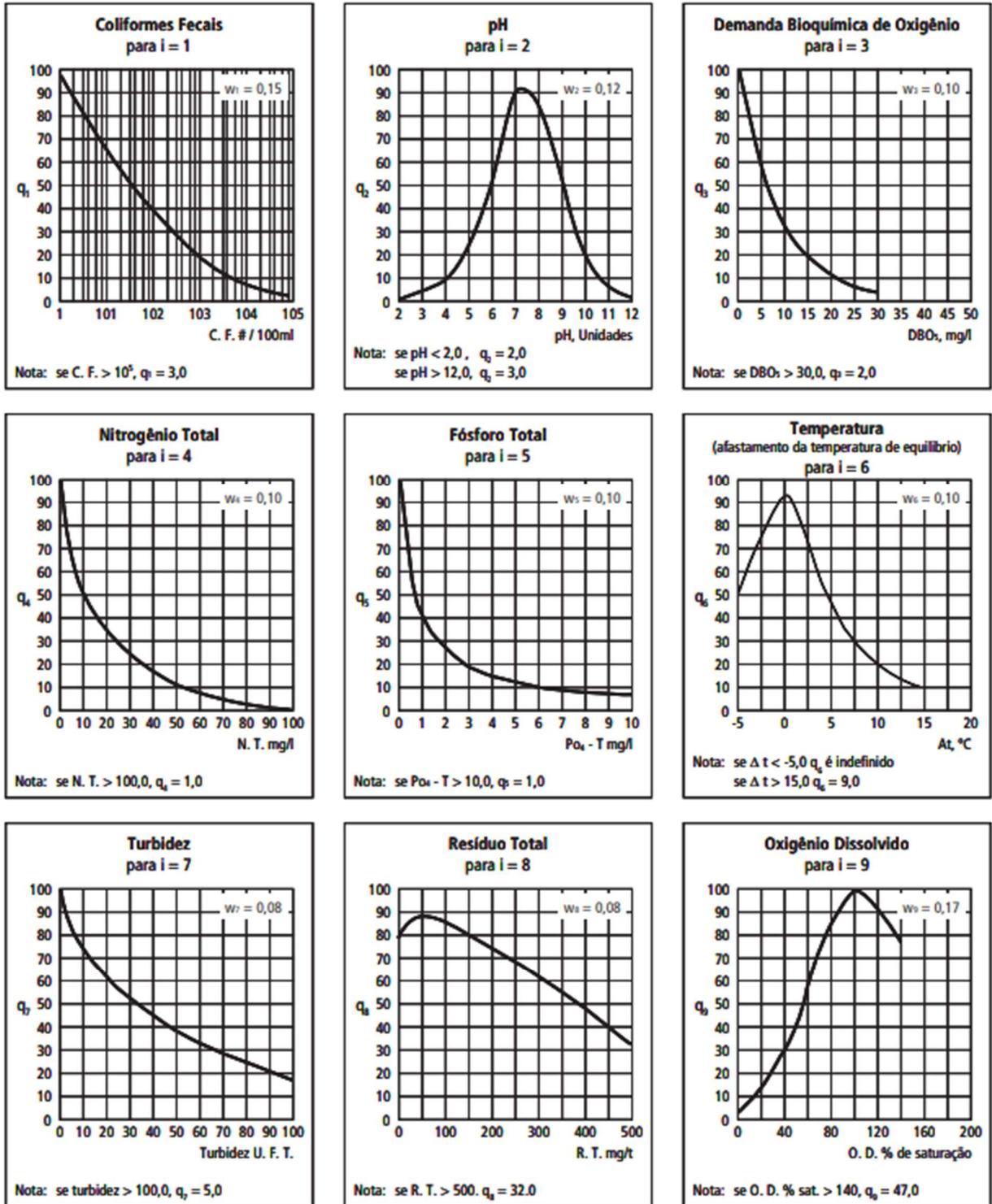
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Onde:

n: número de parâmetros.

Para a determinação da variável q_i foram utilizadas as curvas de variação de qualidade das águas, de acordo com a condição de cada parâmetro analisado, bem como o peso (w_i) relativo correspondente, como aponta a Figura 3.

Figura 3 - Curvas médias de variação de qualidade das águas



Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (2020a).

Na Figura 3, constam as curvas de variação de qualidade da água, de acordo com a condição de cada parâmetro, modeladas segundo equações representativas criadas pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e adaptadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB). Para cada parâmetro são atribuídos um peso w_i , fixado em função de sua importância, e um valor de q_i , obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração (eixo das abscissas) para determinação do IQA.

Assim, com o auxílio das curvas de variação, obteve-se o resultado do IQA. Este índice varia entre 1 e 100, de forma a classificar a qualidade da água em “ótima”, “boa”, “regular”, “ruim” e “péssima”, segundo intervalos definidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2022) para o estado de Goiás (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação do IQA para o estado de Goiás.

Faixa de qualidade da água	Qualidade da água
$80 < IQA \leq 100$	Ótima
$52 < IQA \leq 79$	Boa
$37 < IQA \leq 51$	Regular
$20 < IQA \leq 36$	Ruim
$0 < IQA \leq 19$	Péssima

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2022).

Para o cálculo do Índice do Estado Trófico (IET), proposto na década de 1970 por Carlson (1977), com o intuito de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas e cianobactérias (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo, 2020a), foi realizada a média aritmética do Índice do Estado Trófico para concentração de clorofila-a – IET (CL) (Equação 3) e do Índice do Estado Trófico para concentração de fósforo total – IET (PT) (Equação 4), por meio da Equação 5 (Lamparelli, 2004).

$$IET (CL) = 10 \left(6 - \frac{(0,92 - 0,34 \ln CL)}{\ln 2} \right) - 20 \quad (3)$$

sendo que:

IET (CL): Índice do Estado Trófico para concentrações de clorofila-a, determinado pela Equação 3, para ambientes lênticos;

CL: concentração de clorofila-a medida na superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$,

$$IET (PT) = 10 \left(6 - \frac{(1,77 - 0,42 \ln PT)}{\ln 2} \right) \quad (4)$$

sendo que:

IET (PT): Índice do Estado Trófico para concentrações de fósforo total, conforme a Equação 4, para sistemas lênticos;

PT: concentração de fósforo total medida na superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$,

$$IET = \frac{IET (CL) + IET (PT)}{2} \quad (5)$$

sendo que:

IET: Índice do Estado Trófico.

Com o IET definido para cada amostra coletada, foi determinado o nível do estado eutrófico entre ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, conforme classificação apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação do estado trófico

Categoria (estado trófico)	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fontes: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (2020a); Lamparelli (2004).

Os resultados obtidos para os índices de qualidade hídrica foram correlacionados com as variáveis físico-químicos e microbiológicos para identificação da influência da variação da qualidade hídrica sobre tais índices de qualidade.

Resultados e discussão

Na Tabela 1, são indicados os valores obtidos por meio das análises realizadas para cada parâmetro físico-químico no período de seca (setembro/2022) e de chuva (dezembro/2022) por ponto de amostragem (P1, P2 e P3). Além disso, apontam-se os resultados das estatísticas média (med), máximo (máx), mínima (mín) e de desvio padrão (dp) para cada parâmetro, bem como os valores limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357/2005.

Tabela 1 - Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas no Lago das Rosas

Parâmetros	1° coleta			2° coleta			Estatística				Limite CONAMA n°357/2005
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Med	Máx	Mín	Dp	
Temperatura (°C)	25,4	25,0	25,2	24,4	25,0	25	25	25,4	24,4	0,33	< 40° C
pH	6,50	6,40	6,70	6,30	6,30	6,4	6,4	6,7	6,3	0,15	Entre 6 e 9
DBO (mg/L)	4,20	4,70	4,90	6,30	5,50	4,2	5,0	6,3	4,2	0,81	Inferior a 5 mg/L
OD (mgO ₂ /L)	6,20	5,90	6,80	4,70	4,50	6,00	5,7	6,8	4,5	0,90	Não inferior a 5,0 mgO ₂ /L
Nitrogênio total (mg/L)	0,95	0,83	1,05	0,80	0,79	0,79	0,9	1,05	0,79	0,12	-
Fósforo total (mgP/L)	<0,01	73,2	82	64	7,68	-	0,01	0,01	0,01	0	Até 0,05 mg/L
Turbidez (NTU)	<0,5	<0,5	0,50	8,50	7,30	6,50	5,7	8,5	0,5	3,56	Até 100 NTU
Sólidos totais (mg/L)	79,00	82,00	79,00	68,00	67,00	64,00	73,2	82	64	7,68	-
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	38,00	33,00	36,00	33,00	28,00	28,00	32,6	38	28	4,56	-
Ortofosfato (mg PO ₄ ⁻³ /L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0	-

Fonte: elaborada pelas autoras (2023).

Ao confrontar os resultados obtidos por meio das análises das amostras com os limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357/2005, para rios de classe 2, notou-se que, nos períodos de seca (setembro/2022) e de chuva (dezembro/2022), todos os parâmetros físico-químicos satisfizeram os limites permitidos, com exceção da DBO (até 5,0 mg/L) e OD (acima de 5,0 mgO₂/L). No período de estiagem, as variáveis analisadas mostraram que a qualidade da água do Lago das Rosas se enquadrava nos padrões de rios de classe 2. No entanto, os resultados referentes à segunda amostragem, realizada no período chuvoso, indicaram que os parâmetros de Oxigênio Dissolvido (OD) (P1: 4,70 mgO₂/L; P2: 4,50 mgO₂/L) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (P1: 6,3 mg/L; P2: 5,5 mg/L) não alcançaram os limites permitidos no P1 e P2 para o enquadramento de classe 2. Mesmo que fora do permitido pela Resolução, a qualidade da água é compatível com o uso da água do Lago das Rosas, uma vez que o Parque é utilizado como atividade de recreação de contato secundário, isto é, o contato com a água é esporádico ou acidental, e a possibilidade de ingestão de água é pequena (Brasil, 2005).

Conforme indicado na Tabela 1, vê-se uma redução de OD nos pontos P1 e P2 durante o período chuvoso (P1: 4,70 mgO₂/L; P2: 4,50 mgO₂/L). Segundo Pires (2019), reduções de concentrações de oxigênio dissolvido sugerem o aumento da atividade biológica de decomposição aeróbica da matéria orgânica existente no meio. Esse cenário, de acordo com Esteves (2011), é recorrente em lagos rasos, devido ao grande acréscimo de matéria orgânica durante esse período.

No período chuvoso, nos pontos de amostragem P1 e P2, foram obtidos os valores máximos de DBO (6,3mg/L e 5,5mg/L). Estes são reflexo das reduções de concentrações de oxigênio dissolvido registradas que sugerem o aumento da atividade biológica de decomposição aeróbica da matéria orgânica existente no meio pelo aumento da concentração orgânica no corpo hídrico (Pires, 2019). Essa concentração pode ter sido carregada para o interior do lago pelo escoamento superficial (Lukiyansah; Tambunan; Marko, 2020).

No que se refere ao parâmetro nitrogênio total, indispensável para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (Lima, 2019), a Resolução Conama n° 357/2005, para águas de classe 2, estabelece que o nitrogênio total não deve ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lânticos (Brasil, 2005). Segundo resultados apresentados na Tabela 1, nota-se que todos os pontos de amostragem obtiveram valores dentro do recomendando para essa classe. No período de estiagem, a média obtida entre os três pontos de amostragem foi de 0,93mg/L, enquanto no

período chuvoso, o valor médio foi 0,73mg/L, que indicou uma redução da concentração de nitrogênio no lago. O mesmo foi registrado por Curioni (2022), no Lago Igapó (Londrina- PR), que constatou concentrações maiores no período de estiagem. Para Tasdighi, Arabi e Osmond (2017), o período de seca induz a vulnerabilidade ao uso e ocupação do solo em lagos urbanos, principalmente em locais com maior densidade populacional, que contribui para um maior aporte de nitrogênio no corpo hídrico.

Quanto ao fósforo total, os resultados também foram favoráveis. De acordo com a Tabela 1, em todos os pontos de amostragem a concentração de fósforo foi inferior a 0,01 mgP/L, estando, portanto, dentro do padrão recomendado para corpos hídricos de classe 2 (<0,03 mgP/L) para ambientes lênticos (Brasil, 2005). Conforme Baumgarten e Paixão (2013), a concentração de fósforo total deve ser analisada como potencial de eutrofização existente no meio aquático, sendo considerada um dos principais causadores do processo de eutrofização quando em elevada concentração. Von Sperling (2011) afirma que, para concentrações de fósforo entre 0,01 e 0,02 mg/L, o corpo hídrico é considerado não eutrófico, e entre 0,02 e 0,05 mg/L é considerado em estágio intermediário, e para valores acima de 0,05 mg/L é considerado eutrófico. Diante disso, o Lago das Rosas apresentou água com concentração de fósforo insignificante em toda a extensão do corpo hídrico, indicativo do seu baixo potencial de eutrofização.

Semelhante à variável fósforo total, as concentrações de ortofosfato também foram equivalentes a “<0,01 mg PO₄⁻³ /L”. O ortofosfato é a fração do fósforo presente no meio aquático que assume maior relevância por ser a forma encontrada solubilizada na água, sendo facilmente assimilada por organismos autótrofos (Esteves, 2011). Nas regiões tropicais, as altas temperaturas são responsáveis por acelerar o metabolismo dos organismos, fazendo com que o ortofosfato seja rapidamente assimilado. Deste modo, suas concentrações, na maioria dos corpos hídricos, são baixas, como detectado no Lago das Rosas, sendo elevadas apenas em ambientes eutrofizados (Barbosa, 2012).

Para a variável alcalinidade total, os resultados (Tabela 1) apontaram que os valores obtidos durante o período de estiagem (valor médio: 35,6 mg CaCO₃/ L) foram superiores aos detectados no período chuvoso (valor médio 29,6 mg CaCO₃/ L). Isso, ocorre simultaneamente com o pH, que no período de estiagem atingiu valor médio de 6,5, enquanto no período chuvoso foi de 6,3. Essa redução dos valores de ambas as variáveis pode estar associada à maior taxa de

decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microrganismos (Santos *et al.*, 2018), registradas pela redução de OD durante o período chuvoso. A análise da alcalinidade, mesmo que não possua padrão de potabilidade nem de classificação de águas naturais, em conjunto com o pH, reflete grande influência sobre a oxidação da matéria orgânica, bem como sobre as comunidades fitoplanctônicas existentes no corpo hídrico (Cavalcante; Sá, 2010).

Souza *et al.* (2019), em pesquisa realizada em um lago localizado no zoológico de Guarulhos (SP), constataram valores elevados de pH devido à alta atividade fotossintética de fitoplâncton, enquanto Kramer, Reis e Pereira (2009), por meio de pesquisa no reservatório Passo Real (RS), verificaram um pH mais ácido diante da elevada oxidação de matéria orgânica, como é o caso do Lago das Rosas. Yu *et al.* (2010) salientaram que este comportamento do pH, detectado no Lago, é comum em regiões tropicais, visto que esse parâmetro sofre influência da decomposição da vegetação terrestre inundada após o aumento dos níveis de água, que também contribui para a redução da quantidade de oxigênio (OD) e aumenta a quantidade de dióxido de carbono.

Os valores de turbidez, em todos os pontos de amostragem, estão de acordo com o permitido pela legislação (inferior a 100 NTU para rios de classe 2). Segundo a Tabela 1, os menores valores foram registrados no período de seca (P1 e P2: <0,5 NTU; P3:0,5 NTU). Galhote (2019) ressalta que este parâmetro está relacionado diretamente com os meses de maior precipitação, visto que o maior escoamento superficial carrega os sedimentos da margem para o interior do corpo hídrico, aumentando o seu valor e podendo até comprometer o uso de recreação do corpo hídrico.

Quanto à variável sólidos totais, os maiores valores registrados foram durante o período de chuva (P1: 68 mg/L; P2:67 mg/L; P3:64 mg/L). Segundo Daneluzzi, Gonçalves e Freitas (2018), os valores de sólidos totais possuem correlação com os valores de turbidez, pois, em geral, possuem comportamentos semelhantes. Todavia, nos resultados apresentados foi detectado um comportamento contrário, provavelmente por causa da redução de volume que o lago foi acometido durante o período de estiagem e devido à baixa profundidade, que permitiu a ressuspensão do sedimento durante a coleta das amostras, contribuindo para a elevação da turbidez.

Para a variável temperatura, houve uma uniformidade nos valores encontrados. O valor médio entre os pontos de amostragem no período de estiagem foi de 25,2°C e no período

chuvoso foi de 24,8°C, resultados dentro do esperado para corpos hídricos localizados em regiões de climas tropicais (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014). A Resolução Conama n° 357/2005 não estabelece padrão para esta variável. Contudo, exerce importante influência sobre diversas reações químicas e biológicas dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, sobre o metabolismo de algumas espécies existentes no ecossistema, como dos fitoplânctons (Galhote, 2019; Silva, 2008), demonstrado na pesquisa de Moresco e Rodrigues (2006), no reservatório de Segredo (PR), que constatou que o aumento da temperatura favoreceu o crescimento da comunidade fitoplanctônica.

Ademais, segundo Esteves (2011), o aumento de 10°C na temperatura promove uma duplicação da taxa metabólica. Desta forma, elevadas temperaturas favorecem reações de oxidação da matéria orgânica de lagos, fazendo com que ocorra um elevado consumo de OD. Todavia, como no Lago das Rosas, a temperatura não apresentou diferença significativa entre os períodos, e não foi possível inferir que a variação de temperatura influenciou a taxa metabólica do ecossistema aquático registrada pela variação de OD.

As análises dos parâmetros microbiológicos das amostras coletadas nos três pontos delimitados (Figura 1), nos períodos de seca (setembro/2022) e chuvoso (dezembro/2022), estão expressas na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados das análises dos parâmetros microbiológicos das amostras coletadas no Lago das Rosas

Parâmetros	1° coleta			2° coleta			Estatística				Limite CONAMA n°357/2005
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	Méd	Máx	Mín	Dp	
Clorofila-a (µg/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1	1	1	0	30
<i>Escherichia coli</i> (NMP.100/mL)	42,3	42,5	57,9	172,3	63,1	48	71,0	172,3	42,3	53,80	-
Coliforme totais (NMP.100/mL)	930	936	995	1160	1058	1299,7	1063,1	1299,7	930,0	148,49	1000

Fonte: elaborada pelas autoras (2023).

A clorofila-a é um dos pigmentos responsáveis pelo processo da fotossíntese. Ela é utilizada como indicador de biomassa algal e é considerada o principal indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo, 2020b). Sua presença, quando em grande concentração, representa o efeito do processo de eutrofização, como registrado na pesquisa de Lima (2018), que fez uma análise de qualidade hídrica na Lagoa do Gambá (MG) e constatou um corpo hídrico hipereutrófico diante do elevado nível de clorofila-a superior ao estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005.

Nos resultados apresentados na Tabela 2, percebeu-se que em todos os pontos de amostragem, tanto no período de seca quanto no de chuva, os valores obtidos ($<1,0 \mu\text{g/L}$) foram inferiores ao limite máximo da Resolução Conama nº 357/2005 para rios de classe 2 ($<30 \mu\text{g/L}$) (Brasil, 2005). Ferreira *et al.* (2022) registraram elevados níveis de clorofila-a em um corpo hídrico, resultado do enriquecimento das águas por nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo. De acordo com a Tabela 1, ambos os parâmetros apresentaram resultados favoráveis, que, em conjunto com os resultados de clorofila-a (Tabela 2), indicam que o Lago das Rosas não está em condições de eutrofização. Há um indício também comprovado que as análises de turbidez e pH foram incompatíveis com um cenário de eutrofização, que de acordo com Villa e Sampaio (2016), é representado pela elevação da turbidez, devido à floração excessiva da comunidade fitoplanctônica e ao aumento da alcalinidade da água causado pela elevada taxa fotossintética.

Para coliformes totais e *Escherichia coli*, parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade sanitária da água, contaminação de origem fecal e existência de patógenos (Andrade; Barros, 2019), os resultados foram desfavoráveis. A Resolução Conama nº 357/2005 estabelece, para rios de classe 2, o limite máximo de coliformes totais equivalente a 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros (Brasil, 2005), enquanto, para *Escherichia coli*, não se indica padrão de qualidade.

Segundo dados da Tabela 2, todas as amostras de coliformes totais, no período de seca, estão dentro do permitido pela Resolução. Porém, as análises das amostras coletadas durante o período chuvoso indicaram valores incompatíveis com os limites exigidos. Isso ocorreu possivelmente pelo maior aporte de efluentes carreados pelo escoamento superficial da água para o corpo hídrico, que contribuiu para a degradação da qualidade da água, como indicado

pelos resultados de DBO e OD, que também ultrapassaram os limites estabelecido pela Resolução para classe 2.

Quanto para o parâmetro *Escherichia coli*, que também apresentou valores superiores durante o período chuvoso, a Resolução Conama n° 274/2000 estabelece que águas doces destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) possuem condições avaliadas por categorias em: excelente – quando nas amostras analisadas há a presença de no máximo 200 *Escherichia coli*; muito boa – quando nas amostras analisadas há presença de 200 a 400 *Escherichia coli*, e satisfatória – quando nas amostras analisadas há a presença de 400 a 800 *Escherichia coli* (Brasil, 2000). Assim, em todas as amostras, a água foi categorizada como excelente, indicando que, mesmo que detectada a incidência de contaminação fecal, o uso da água do lago não confere risco à saúde, uma vez que a água do Lago das Rosas é destinada à recreação de contato secundário, que é ainda menos restritiva, quando comparada à balneabilidade.

Sobre os índices de qualidade hídrica, na Tabela 3 encontram-se os resultados do IQA para cada amostra coletada nos períodos de seca (1° coleta) e chuvoso (2° coleta), bem como a média do valor do índice para cada coleta e a respectiva classificação, conforme intervalos estabelecidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2022) para o estado de Goiás.

Tabela 3 - Resultados dos IQAs para cada amostra

Coleta	Valores de IQA			Média	Classificação da qualidade da água
	P1	P2	P3		
1° Coleta (período de seca)	54,86	54,13	55,35	54,78	Boa
2° Coleta (período chuvoso)	49,08	48,99	52,94	50,34	Razoável

Fonte: elaborada pelas autoras (2023).

Para o cálculo do IQA, foram utilizados os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2. Para o fósforo total, uma das variáveis que compõe o índice, foi adotado o valor “0,01”, visto que, na análise, foram indicadas concentrações equivalentes a “<0,01”.

Os resultados obtidos mostram que, nos períodos de seca, o nível de qualidade da água foi superior ao período chuvoso, quando os valores mínimos de IQA foram detectados nos pontos de amostragem P1 e P2. Esta redução se dá em função, principalmente, do carreamento de matéria orgânica pelo escoamento superficial da água, que contribuiu para o aumento da taxa de decomposição e a redução dos valores de OD. Este parâmetro é de maior relevância no cálculo do índice (maior ponderação: 0,17) por ser vital à preservação da fauna aquática e por ser um grande indicador de contaminação de efluente e eutrofização (Abbassin, 2002). Já para a avaliação limnológica do grau de trofia do Lago das Rosas, os valores calculados do IET para cada amostra (P1, P2 e P3), nos períodos de seca e chuvoso, foram de 33,62, que, segundo a metodologia de Lamparelli (2004), corresponde a um estado trófico ultraoligotrófico, que é caracterizado por um corpo hídrico limpo, de baixa produtividade e com concentrações insignificantes de nutrientes, que não acarretam prejuízo ao uso da água. Esse resultado é compatível com os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados (Tabela 2 e 3) diante das baixas concentrações de nutrientes detectadas (nitrogênio e fósforo).

Considerações finais

A partir das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras coletadas no Lago das Rosas, nos períodos de seca e de chuva, identificou-se que, em ambos os períodos, o lago não apresentou condições de eutrofização, principalmente pelo fato de terem sido constatadas baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e de clorofila-a na água. Todavia, foi identificada a ocorrência de poluição orgânica, no período chuvoso, refletida pelo aumento da DBO e pela redução de OD, que pode ter sido ocasionada pelo escoamento superficial da água da chuva. Este é responsável por carrear a carga orgânica para o interior do corpo hídrico analisado e, conseqüentemente interferir na qualidade da água.

Conforme as análises das variáveis físico-químicas e microbiológicas, no período de seca, os parâmetros estiveram dentro dos limites permitidos. No entanto, no período chuvoso, as variáveis DBO, OD e coliformes totais ultrapassaram os limites permitidos nos pontos de amostragem P1 e P2, cenário decorrente, possivelmente, da poluição orgânica ocasionada pelo escoamento superficial da água.

Assim, ao se considerar a recreação secundária como uso predominante do Lago das Rosas, conclui-se que os resultados obtidos não comprometem seu uso principal. Apesar de a

Resolução nº 357/2005 CONAMA estabelecer que copos hídricos não enquadrados oficialmente por meio de resoluções devem ter sua qualidade analisada conforme limites estabelecidos para a classe 2, foi possível observar, por meio das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que esta padronização torna as análises ainda mais restritiva, não levando em consideração o uso de fato da água.

Os índices de qualidade da água (IQA e IET) verificados nesta pesquisa indicaram, de maneira precisa e objetiva, as informações observadas nas análises individuais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados. Esses índices representaram, ainda, uma boa ferramenta para a transmissão da informação para a comunidade, no geral, quanto à qualidade da água dos lagos urbanos.

Os resultados obtidos referentes à qualidade da água do Lago das Rosas foram satisfatórios. A pesquisa realizada mostra-se como uma importante contribuição para o gerenciamento dos lagos urbanos de Goiânia (GO). Diante disso, a metodologia adotada demonstrou-se eficiente como indicadora da poluição orgânica. Todavia, recomenda-se que seja realizado monitoramento por período amostral mais extenso para identificação mais precisa das fontes de contaminação existentes.

Referências

ABBASSIN, S. A. **Water Quality Indices**, State of the Art Report. Scientific Contribution No. INCOH/SAR-25/2002. Roorkee: National Institute of Hydrology (INCOH), 2002.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras**. Brasília, 2011.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Brasília: Portal da qualidade das águas, 2022. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 3 de agosto de 2022.

AMARAL, É. B. de M. Impacto ambiental das atividades antrópicas em rios urbanos. **Bioscience**, Santos, v. 11, n. 2, p. 97-108, 2022.

ANDRADE, G. F.; BARROS, D. B. Bioindicadores microbiológicos para indicação de poluição fecal. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, 2019. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/1099>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2023.

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and waste water. **American Water Works Association, Water Environment Federation**. 22. ed. Washington, 2012.

BARBOSA, I. M. B. R. **Planejamento da operação de reservatório objetivando a melhoria da qualidade da água: estudo de caso no agreste pernambucano.** Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; PAIXÃO, B. E. G. Uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da lagoa dos Patos (RS). **Atlântica**, Rio Grande, v. 35, n.1., p. 5-22, 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 1, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005,** Brasília, 2005.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Koppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CAVALCANTE, D. de H.; SÁ, M.V. de C. Efeitos da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo de tilápia do Nilo. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 41, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/DVTPdmPYZ8VLrjfRHnyCrMM/#>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2023.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Índices de Qualidade das Águas. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, São Paulo, 2020a.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem - Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, São Paulo, 2020b.

CURIONI, A. A. **Avaliação da qualidade da água do Lago Igapó e seus tributários na cidade de Londrina/PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Monitoramento Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

DANELUZZI, N. S.; GONÇALVES, V. D.; FREITAS, R. P. Avaliação da qualidade da água de uma bacia hidrográfica urbana: estudo de caso Bacia do Rio Pinhalzinho II, Umuarama-PR. **Revista Ambiência**, v. 14, n. 3, p. 678-698, 2018.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ESTEVES, F. D. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERREIRA, G. A.; BRITO, N. N. Monitoramento da qualidade das águas do lago do Parque Ecológico dos Buritis, Goiânia-GO, Brasil. **Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 4, p. 046-065, 2013.

FERREIRA, L. D. F.; SOARES, R. R. S.; DAMASCENO, A. R.; SANTOS, G. S.; SANTOS, D. S.; MONTEIRO, A. C. Concentração de clorofila e parâmetro físico-químico para avaliação de níveis de eutrofização do Rio Cereja, Bragança-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 05, p. 2153-2163, 2022.

GALHOTE, V. L. B. **Diagnóstico das condições ambientais segundo os parâmetros do IQA em um corpo hídrico lântico – Lago Igapó I**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

GUEDES, J. de A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 2, p. 212-226, julho de 2011.

ICWE - International Conference on Water and the Environment. **The Dublin Statement**, Geneva: ICWE, 1992.

KRAMER, G.; REIS, J.; PEREIRA, W. Uso da terra do entorno do reservatório Passo Real (RS) e análise de dados limnológicos para compreender os compartimentos do ecossistema aquático. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 3967-3973.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Editora Átomo, 2016.

LIMA, G. R. R. **Indicadores de qualidade de água nos reservatórios Acarape do Meio e Gavião**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LIMA, L. S. **Estudo dos Índices de Qualidade da Água (IQA) e dos Estado Trófico (IET) na Lagoa do Gambá, Ouro Preto, MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

LIMA, P. L. da S. C. **Comunidade fitoplanctônica e qualidade da água da lagoa do Jiqui, Paramirim, RN**. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

LUKIYANSAH, E.; TAMBUNAN, M. P.; MARKO, K. Water quality index analysis of lake Rawa Besar, Depok, West Java, and its relationship with land use. In: The International Conference of Science and Applied Geography, v. 561, 2020, West Java. **Anais...** West Java: IOP Conference Series, 2020, p 1-9.

MORESCO, C.; RODRIGUES, L. Cianobactérias perifilíticas nos reservatórios de Segredo e Iraí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Science**, v. 28, n. 4, p. 335-345, 2006.

NOGUEIRA, I. de S.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, J. E.; SILVA, K. D. Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplactônica de quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiânia, GO. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 219-233, 2008.

NOGUEIRA, I. de S.; OLIVEIRA, J. E. Chlorococcales e Ulothricales de hábito colonial de quatro lagos artificiais do município de Goiânia – GO. **Iheringia Série Botânica**, v. 64, n. 2, p. 123–143, 2009.

PEREIRA, A. C. de A. **Bioindicadores fitoplânctônicos da qualidade da água no estuário do Rio Catu, Aquiraz, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

PEREIRA, V. O. G.; MESQUITA, G. M.; SANT’ANA, G. R. S. Análise das características físico-químicas da água do Lago do Jardim Botânico na cidade de Goiânia-GO. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 11, n. 11, p. 294-308, 2017.

PIRES, P. C. A. **Análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para quantificação de matéria orgânica de corpos aquáticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Meio Ambiente). Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

SANTOS, B.; THOMAZI, G.; GAZZOLA, G. P.; CARBALHO, T. KEMMRICH, U.; BARROS, C. Análise da qualidade da água córrego Sanga Lagoão do Ouro. *In: Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente*, n. 6, 2018, Bento Gonçalves, Rio Grande.

SILVA, D. S. R.; BÁRBARA, V. F.; BARROS, R. G. Análise da qualidade hídrica do córrego dos Buritis, Goiânia-GO. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2010, Goiânia. **Anais...**Goiânia: ABES, 2010, p. 1- 5.

SILVA, P. R. G. V. de F. **Avaliação da qualidade da água do córrego Vaca Brava, Goiânia – Goiás: contribuições para ciências ambientais e saúde**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2017.

SILVA, R de S. **Influência de temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhorina crassipes* (MART.) solms cultivada em água enriquecida artificialmente**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2008.

SOUZA, C. A. **Impacto do represamento sobre a diversidade zooplactônica e implicações para o biomonitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SOUZA, L. H. N.; ARRUDA, R. O. M.; ROSINI, E. F.; PONTES, D. D. Diagnóstico da qualidade ambiental dos lagos e nascentes do zoológico Guarulhos, Município de Guarulhos-SP. **Revista Geociências UNG-Ser**, v. 18, n. 1, 2019.

TASDIGHI, A.; ARABI, M.; OSMOND, D. L. The Relationship between Land Use and Vulnerability to Nitrogen and Phosphorus Pollution in an Urban Watershed. **Journal of Environmental Quality**, v. 46, n. 1, p. 113-122, 2017.

VILLA, M. E. C. D.; SAMPAIO, T. V. M. Variabilidade Espacial e Temporal dos parâmetros físico-químico em ambiente lântico. **Revista Bol. Geogr.**, v. 34, n. 2, p. 69-80, 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2011.

YU, H.; TSUNO, H.; HIDAHA, T.; JIAO, C. Chemical and thermal stratification in lakes. **Limnology**, v. 11, p. 251-257, 2010.