



## 9506 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ECOSISTEMAS LACUSTRES URBANOS NA ESTAÇÃO SECA: UM ESTUDO DE CASO DA LAGOA DO OPAIA EM FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL

Vicente Elício Porfiro Sales Gonçalves da Silva<sup>1</sup>; Janaina Pessanha Bomilcar<sup>2</sup>; Diego Rocha de Abreu<sup>3</sup>;  
Hugo Leonardo de Brito Buarque<sup>4</sup> e Francisco Mauricio de Sa Barreto<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Fortaleza. E-mail: vicenteelicio@gmail.com

<sup>2,3</sup> Engenheiros civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Fortaleza.

<sup>4,5</sup> Professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Fortaleza.

### RESUMO

Atualmente, observa-se uma alta taxa de urbanização no entorno dos reservatórios de água, especialmente nos grandes centros urbanos. Dessa forma, faz-se necessário um monitoramento adequado das águas dos rios e lagoas que estão contidas no delineamento das cidades, uma vez que as populações mais carecidas fazem uso dessas águas para fins cotidianos. Assim, este trabalho teve por objetivo principal analisar a qualidade da água de uma lagoa urbana, localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. Para isso, determinou-se nove parâmetros que foram analisados por três meses em quatro pontos de coletas no entorno da lagoa do Opaia: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais (ST), Nitrato, Nitrito e Amônia. Além disso, determinou-se o IQA<sub>CETESB</sub> com o intuito de classificar o corpo hídrico, que é bastante utilizado pela população do entorno. Os resultados apontam que, ao mudar os pontos de coleta da água, a DBO, a Turbidez e a Amônia acabam variando. Ao analisar temporalmente, percebe-se que DBO, OD, Turbidez e Nitrato sofrem alterações significativas. Observou-se também, a correlação entre parâmetros como ST e turbidez. Por fim, o IQA<sub>CETESB</sub> sugere que a água da lagoa esta enquadrada como boa para fins usuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** CETESB, Índice de Qualidade de Água, Lagoa urbana, Semiárido.

### INTRODUÇÃO

O estado do Ceará é marcado tipicamente por secas constantes e escassez de recursos hídricos, assim, a água potável provém de rios, lagos, poços e nascentes, que são submetidas à tratamentos específicos para que possam se enquadrar nos padrões de qualidade aceitáveis para consumo humano. Diante disso, os centros urbanos, industriais e quase que a totalidade das atividades agrícolas se desenvolveram nas proximidades dos mananciais de água (FAO, 2011; MISAGHI et al., 2017).

No entanto, essas fontes de água são expostas a inúmeros poluentes oriundos da difusão de fontes não pontuais e pontuais, cujo controle e monitoramento é bastante oneroso (EWAID e ABED, 2017). Como exemplo desses poluentes, dentre outros, tem-se a emissão inadequada de águas residuárias e industriais nos corpos hídricos; o despejo de resíduos sólidos nos entornos dos lagos e rios; o grande número veemente de barragens nas dependências dos grandes mananciais e a percolação de produtos químicos utilizados na agricultura (KHAN et al., 2016; WANG et al., 2016; ZHAI, XIA e ZHANG, 2017).

Portanto, é de suma importante que haja um monitoramento eficiente e eficaz dos recursos hídricos para sua qualidade seja garantida e permaneça dentro de limites aceitáveis para o uso final sustentável. Em geral, para uma avaliação abrangente da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, são necessários parâmetros físicos, químicos e biológicos que estabelecerão valores limites que condicionam a saúde pública (OCHUKO et al., 2014; AKTER et al., 2016; EWAID e ABED, 2017; MISAGHI et al., 2017). O Índice de Qualidade da Água (IQA) é considerado por alguns autores o método mais eficaz para medir a qualidade da água (DOBBIE e DAIL, 2013; YAN et al., 2015).

Em 1965, detendo de dez parâmetros usuais, Horton foi o responsável por desenvolver o índice com o intuito de quantificar a qualidade da água. Desde então, este índice tem sido constantemente modificado por estudiosos da área de acordo com as condições locais (TERRADO et al., 2010; MASSOUD, 2012). De acordo com Akter et al. (2016),



para determinar o método do IQA segue três passos, começando pela seleção de parâmetros, depois, determinando a função de qualidade para cada parâmetro e, por fim, agregando-os por meio de uma equação matemática. Dobbie e Dail (2013) acrescentam um outro passo, que é a avaliação da sensibilidade do índice.

Comumente, o IQA é determinado baseado em alguns parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo, Escherichia Coli, sólidos totais (ST) e pH (RUBIO-ARIAS et al., 2012; WANDA, MAMBA e MSAGATI, 2013; KANGABAM et al., 2017; WU et al., 2017). Estes parâmetros compõem o IQA mais usual no Brasil, elaborado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (IQACETESB) (PALÁCIO, 2004).

O oxigênio dissolvido é fortemente influenciado por uma combinação de características dos fluxos de substâncias que exigem oxigênio, tais como biomassa de algas, matéria orgânica dissolvida, amônia e sólidos suspensos voláteis (SANCHÉZ et al., 2007). Além disso, Bailey e Ahmadi (2014) relacionam que os problemas resultantes de concentrações inadequadas de OD, incluem a mortalidade de organismos aquáticos e a diminuição geral da estética do fluxo (por exemplo, odor, sabor).

Assim como o fósforo, o nitrogênio é essencial em quantidades ideais nos processos biológicos, porém quando em quantidades superiores ou inferiores, causam desequilíbrio no meio aquático, como eutrofização do corpo hídrico. Esgotos inadequados também são responsáveis pelo incremento desses elementos, assim como de E. coli que é um indicador de contaminação (GRAVES, WAN e FIKE, 2004; CONEJO, 2005).

A temperatura é um fator de controle do meio aquático, em que possibilita condições para o desenvolvimento, assim como o pH, podendo este último precipitar elementos tóxicos. A Demanda Bioquímica de Oxigênio de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição (CONEJO, 2005; SINGARAJA, 2017).

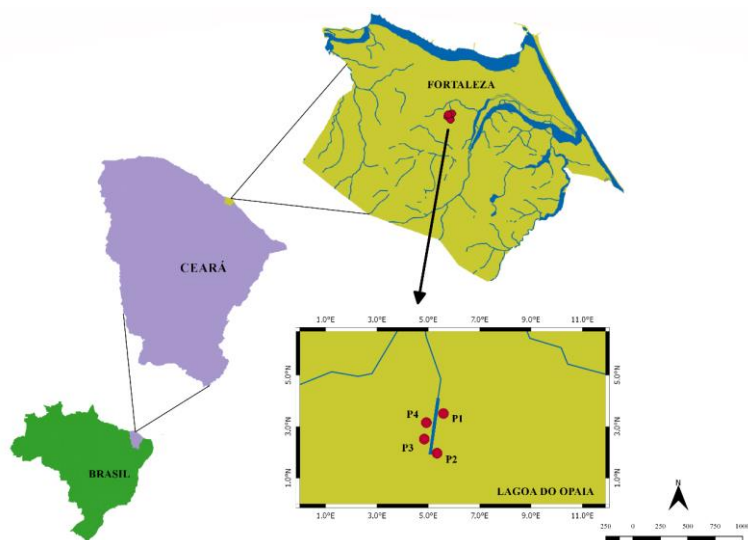
Os sólidos totais representam a quantidade de resíduos na água e podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Em virtude da presença de sólidos em suspensão, a turbidez impede que raios de luz penetrem na água e seja essencial para que os processos continuem acontecendo (CONEJO, 2005; ABDALLA e SHAMRUKH, 2016).

Dentro dos centros urbanos, os reservatórios de água (naturais ou não) são mais susceptíveis à poluição, sendo necessário um maior monitoramento da qualidade da água, uma vez que a população tem mais contato, especialmente as mais carentes. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal fazer um monitoramento, através do IQA<sub>CETESB</sub> de uma lagoa urbana, situada na cidade de Fortaleza, Ceará. Espera-se que os parâmetros estejam dentro dos padrões aceitáveis, pois boa parte da população do entorno faz uso da água da lagoa.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O Este estudo foi realizado numa lagoa urbana localizada na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, Brasil (Figura 1). A lagoa está situada na Bacia do Rio Cocó, e é caracterizada pelo alto índice de urbanização no seu entorno, fato este que impacta negativamente a qualidade da água, especialmente por conta dos lançamentos inadequados de esgoto (COLARES e BUARQUE, 2010). A lagoa possui cerca de 1,5 km de extensão e é tida como área de preservação permanente, conforme o Decreto Municipal nº 12.450/08.



**Figura 1: Mapa de localização da área de estudo e dos pontos de amostragem dos parâmetros de qualidade de água da Lagoa do Opaia, Fortaleza, Ceará.**

O clima da cidade de Fortaleza é Tropical Quente Sub-úmido, apresentando temperaturas médias entre 26 e 28° C, e índices pluviométricos de 13388mm anuais, com chuvas entre os meses de janeiro a maio, com umidade relativa em torno de 62% (VIANA, 2016).

Ainda de acordo com o Viana (2016), o relevo é constituído por Planícies Litorâneas e Tabuleiros Pré-litorâneos. O solo é de Areias Quartzosas Marinhas, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo. Já a vegetação é composta por Floresta perenifólia Paludosa Marítima e Complexo Vegetacional da Zona litorânea.

## Monitoramento

Para análise da qualidade da água na Lagoa do Opaia, realizou-se três coletas durante os meses de outubro a dezembro de 2017. As coletas foram realizadas em quatro pontos (Figura 1), cujas coordenadas geográficas são: 3° 46' 14.583" S e 38° 31' 44.88" W (Ponto 1); 3° 46' 19.092" S e 38° 31' 46.734" W (Ponto 2); 3° 46' 18.938" S e 38° 31' 55.27" W (Ponto 3); 3° 46' 12.887" S e 38° 31' 52.914" W (Ponto 4). A escolha dos pontos foi baseada numa análise criteriosa da área de acordo com saída da água para outro recurso hídrico (P1), alta taxa de crescimento de macrófitas aquáticas (P2), usos domésticos (P3) e lançamento de esgoto in natura (P4).

O monitoramento se deu com base em nove parâmetros físico-químicos, e os procedimentos de coleta, armazenamento e análise seguiu os protocolos de cada parâmetro (Tabela 1). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE, campus Fortaleza. A primeira coleta foi feita no período vespertino, no entanto, as demais coletas foram realizadas no período matutino.

**Tabela 1: Metodologia utilizada na determinação de cada parâmetro usado na análise da qualidade da água da Lagoa do Opaia, Fortaleza, Ceará.**

PARÂMETRO	METODOLOGIA
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	5210 B do Standard Methods (APHA, 2005)
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	5210 B do Standard Methods (APHA, 2005)
<b>pH</b>	Eletrométrico
<b>Nitrato</b>	Salicilato
<b>Nitrito</b>	Colorimétrico da Diazotização
<b>Amônia</b>	Fotométrico da Nesslerização Direta
<b>Sólidos Totais</b>	Gravimétrico
<b>Turbidez</b>	Nefelométrico
<b>Temperatura</b>	Medição direta com termômetro



## Análise dos dados

Para a análise de cada parâmetro, calculou-se uma média entre as três coletas, já que ambas pertenciam à mesma estação. Além disso, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) entre os quatro pontos de coleta, completada pelo teste de Turkey. Identificou-se as diferenças significativas pelo valor de Pearson ( $p < 0,05$ ). Também, determinou-se se havia correlação entre os nove parâmetros analisados. Todas as análises foram feitas com auxílio do software ASSISTAT (SILVA, 2010).

Por fim, para classificação do corpo hídrico urbano, calculou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA CETESB). Este índice é calculado a partir de nove parâmetros: DBO, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Totais, Turbidez, Temperatura, Nitrogênio Total, Coliformes Termotolerantes e Fósforo Total. Estes dois últimos parâmetros não foram possíveis de serem realizados, portanto, utilizou-se os dados secundários. O Nitrogênio Total foi obtido a partir da soma de suas formas: nitrito, nitrato e amônia.

Na fórmula (I) está representada a equação para o cálculo do IQA, em que  $q_i$  corresponde ao parâmetro e  $w_i$  ao seu respectivo peso. Os pesos dos parâmetros listados são, respectivamente: 0,10; 0,17; 0,12; 0,08; 0,08; 0,10; 0,10; 0,15; e, 0,10.

$$IQA_{CETESB} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (I)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise dos parâmetros por ponto de coleta

Ao realizar uma comparação estatística de cada parâmetro entre os pontos de coleta, observa-se que alguns parâmetros não mudam no decorrer da lagoa, e outros acabam sofrendo algumas alterações (Tabela 2). Parâmetros como Oxigênio Dissolvido, Temperatura, Sólidos Totais, Nitrato e Nitrito, não apresentaram quaisquer diferenças significativas na mudança de ponto de coleta.

À medida que se alterava os pontos de coleta, a Demanda Bioquímica de Oxigênio sofria grandes alterações, chegando a quase duplicar de valor. Pela análise estatística, o ponto 1 não diferia do ponto 2, porém, diferia dos pontos 3 e 4, estes últimos que não apresentaram diferença significativa. O fato de que os pontos 3 e 4 apresentarem maiores DBO(s) é explicado pelos diversos usos nesses pontos, desde usos domésticos à lançamentos inadequados de esgoto na lagoa. Durante as coletas, era comum sentir um mau-cheiro e encontrar pessoas lavando carros, tapetes, animais nas margens da lagoa. Martins, Costa e Marques (2010) e Lopes et al. (2016) apontam que esses usos são fontes de matéria orgânica, resultando numa alta concentração de DBO.

Nos pontos 1, 2 e 3, a turbidez não sofreu alteração, no entanto, no ponto 4, ao ser uma fonte de esgoto in natura, este parâmetro se sobressaiu e apresentou diferença significativa em relação aos outros pontos. Lima (2012) explica que o lançamento in natura de esgoto num corpo hídrico modifica drasticamente as características naturais do corpo receptor, inclusive a turbidez. Esse mesmo comportamento foi evidenciado quando Molisani et al. (2010) estudaram o açude Castanhão.

A amônia nos pontos 2 e 3 não diferiu estatisticamente, porém, houve diferença destes pontos em relação aos pontos 1 e 4, estes que também, diferiram entre si.

As alterações dos parâmetros citados são refletidas no pH da água em cada ponto de coleta. Assim, os pontos 2 e 3 não diferem entre si, no entanto, o ponto 2 apresenta diferença significativa em relação aos pontos 1 e 4, estes que não diferem estatisticamente do ponto 3.



**Tabela 2: Valores médios de cada parâmetro em cada ponto de coleta da Lagoa do Opaia, nos meses de outubro a dezembro de 2017. Letras diferentes significam diferença estatística.**

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	5,74 <sup>b</sup>	7,64 <sup>ab</sup>	10,86 <sup>a</sup>	10,28 <sup>a</sup>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	7,67 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	6,97 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>
<b>Temperatura</b>	29,1 <sup>a</sup>	28,77 <sup>a</sup>	29,33 <sup>a</sup>	29,30 <sup>a</sup>
<b>Sólidos Totais</b>	359,33 <sup>a</sup>	354,67 <sup>a</sup>	342,67 <sup>a</sup>	349,33 <sup>a</sup>
<b>Turbidez</b>	8,60 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	7,77 <sup>a</sup>	12,00 <sup>b</sup>
<b>Ph</b>	7,17 <sup>b</sup>	7,69 <sup>a</sup>	7,54 <sup>ab</sup>	7,24 <sup>b</sup>
<b>Nitrato</b>	1,05 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>
<b>Nitrito</b>	0,23 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
<b>Amônia</b>	1,48 <sup>b</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,13 <sup>a</sup>	0,96 <sup>c</sup>

### **Análise dos parâmetros temporalmente**

Ao analisar estatisticamente os parâmetros no decorrer das coletas (Tabela 3), percebe-se que parâmetros como temperatura, sólidos totais, pH, nitrito e amônia se mantêm constantes e não apresentam diferenças significativas entre as três coletas.

Com o passar do tempo, a DBO e a concentração de OD diminuíram e apresentaram diferenças significativas, especialmente na terceira coleta em relação às duas coletas iniciais. Lopes et al. (2016) apontam que este fato é comum nessa estação de seca, pois a matéria orgânica disponível vai sendo decomposta, sem que haja novos incrementos.

Esse mesmo decaimento aconteceu em relação ao nitrato, porém, a segunda e a terceira coleta não diferiram significativamente entre si, no entanto, apresentaram diferenças estatística em relação à primeira.

Já a turbidez não diferiu entre a primeira e a terceira coleta, porém estas diferiram da segunda. Esse fato não é tão comum nas pesquisas e pode ser explicada por algum erro analítico.

**Tabela 3: Valores médios de cada parâmetro da Lagoa do Opaia separados temporalmente. Letras diferentes significam diferença estatística.**

PARÂMETRO	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	9,05 <sup>a</sup>	8,81 <sup>a</sup>	8,03 <sup>b</sup>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	7,88 <sup>a</sup>	7,35 <sup>a</sup>	6,15 <sup>b</sup>
<b>Temperatura</b>	29,00 <sup>a</sup>	29,60 <sup>a</sup>	28,80 <sup>a</sup>
<b>Sólidos Totais</b>	333,25 <sup>a</sup>	353,00 <sup>a</sup>	368,25 <sup>a</sup>
<b>Turbidez</b>	9,70 <sup>a</sup>	7,70 <sup>b</sup>	9,80 <sup>a</sup>
<b>Ph</b>	7,39 <sup>a</sup>	7,39 <sup>a</sup>	7,46 <sup>a</sup>
<b>Nitrato</b>	2,18 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,42 <sup>b</sup>
<b>Nitrito</b>	0,20 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
<b>Amônia</b>	1,71 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>

### **Correlação entre os parâmetros e respaldo da legislação**

Ao comparar os parâmetros entre si na lagoa como um todo, observa-se que a maioria dos parâmetros não estão dependentes um do outro (Tabela 4).

A partir dos dados obtidos, a concentração de DBO influencia significativamente nos sólidos totais e no nitrato. A relação de DBO e ST é inversamente proporcional, enquanto que DBO e nitrato é diretamente proporcional.

Além disso, a medida que as taxas de oxigênio dissolvido aumentam, o pH diminui, assim como a concentração de amônia. O mesmo aconteceu entre pH e nitrato, apesar de pH e amônia a relação observada ter sido o contrário.



Por fim, a medida que a quantidade de sólidos totais aumenta, a taxa de turbidez também aumenta. Fato comum nos trabalhos de Molisani et al. (2010) e Lima (2012), em que a presença de sólidos, faz com que os feixes de luz não atravessem completamente a água, resultando num aumento da turbidez.

**Tabela 4: Correlação entre cada parâmetro determinado na Lagoa do Opaia. Em negrito, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Legenda: DBO = Demanda bioquímica de Oxigênio; OD = Oxigênio Dissolvido; TEM= Temperatura; ST = Sólidos Totais; TUR = Turbidez; pH = Potencial Hidrogeniônico; NITRA = Nitrito; NITRI = Nitrito; e, AMO = Amônia.**

	DBO	OD	TEM	ST	TUR	pH	NITRA	NITRI	AMO
DBO	1	0,08	0,63	<b>-0,96</b>	0,31	0,24	<b>0,93</b>	-0,50	-0,08
OD		1	0,75	0,02	0,69	<b>-0,95</b>	0,41	0,81	<b>-0,94</b>
TEM			1	-0,63	0,44	-0,51	0,79	0,24	-0,58
ST				1	<b>0,05</b>	-0,34	-0,83	0,59	-0,11
TUR					1	-0,60	0,60	0,50	-0,88
pH						1	-0,10	<b>-0,96</b>	<b>0,90</b>
NITRA							1	-0,17	-0,43
NITRI								1	-0,81
AMO									1

A legislação brasileira que regula e monitora esses corpos hídricos é a Resolução do CONAMA nº 357 de 2005. Diante disso, ao analisar cada parâmetro determinado, referente ao limite estabelecido pela classe na qual o corpo hídrico se enquadra (classe dois), apenas um parâmetro está em desacordo, que é a DBO (Tabela 5). Esse perfil é comum em lagoas urbanas, conforme os estudos de Martins, Costa e Marques (2010) e Lopes et al. (2016).

**Tabela 5: Valores médios de cada parâmetro da Lagoa do Opaia.**

Parâmetro	Outubro-Dezembro
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	8,63
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	7,13
<b>Temperatura</b>	29,13
<b>Sólidos Totais</b>	351,50
<b>Turbidez</b>	9,07
<b>Ph</b>	7,41
<b>Nitrato</b>	1,10
<b>Nitrito</b>	0,21
<b>Amônia</b>	1,75

### Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Como mencionado na seção de Materiais e Métodos, na realização da pesquisa, não foi possível determinar os valores para Coliforme Termotolerantes (CTT) e fósforo total (PT), utilizando dados da literatura. Assim, assumiu-se, conforme trabalhos de Lima (2012), que para CTT o valor médio seria de 2000 NMP/100MI e para o PT seria aproximadamente 0,26.

Dessa forma, ao calcular o IQA, encontra-se que o IQACETESB é equivalente a 62, significando que o nível de qualidade da água se enquadra na categoria BOM (Tabela 6). Esses resultados foram comuns nos trabalhos de Piratoba et al (2010) e Pinto Filho, Santos e Souza (2012), no entanto, foram opostos aos trabalhos de Zonta et al. (2010) ao analisar uma lagoa urbana em Porto Alegre.

**Tabela 6: Níveis de qualidade conforme IQACETESB. Fonte: Pinto Filho, Santos e Souza (2012).**

Nível de Qualidade - CETESB	
<b>Ótimo</b>	$80 \leq IQA \leq 100$
<b>Bom</b>	$52 \leq IQA < 80$
<b>Aceitável</b>	$37 \leq IQA < 52$
<b>Ruim</b>	$20 \leq IQA < 37$



## CONCLUSÃO

Ao realizar um estudo de qualidade em quatro pontos distintos na Lagoa do Opaia, observa-se que a qualidade dos parâmetros analisados varia de ponto de coleta em razão dos usos preponderantes na área de entorno. Assim, parâmetros como DBO, Turbidez e Amônia são altamente impactados no decorrer dos trechos da lagoa.

Quando se faz uma análise da lagoa como um todo, levando em conta apenas os períodos de análise, percebe-se que a DBO e a taxa de Oxigênio dissolvido tornam-se correlacionadas e diminuem com o passar do tempo. Parâmetros como turbidez e nitrato, também são influenciados.

Constatou-se correlações significativas entre os parâmetros analisados: DBO e ST; DBO e Nitrato; OD e pH; pH e Nitrato; ST e turbidez.

Ao utilizar um mecanismo legal para monitorar a água da lagoa, a Resolução nº 357 do CONAMA, percebe-se que apenas os padrões de DBO estão fora do aceitável, sugerindo um IQA em torno de 62, considerado BOM pela CETESB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDALLA, Fathy; SHAMRUKH, Mohamed. *Quantification of River Nile/Quaternary aquifer exchanges via riverbank filtration by hydrochemical and biological indicators, Assiut, Egypt. Journal Of Earth System Science*, v. 125, n. 8, p.1697-1711, 2016.
2. AKTER, Tahera et al. *Water Quality Index for measuring drinking water quality in rural Bangladesh: a cross-sectional study. Journal Of Health, Population And Nutrition*, v. 35, n. 1, p.1-12, 2016.
3. APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21ª ed. Washington: American Public Health Association*, 2005.
4. BAILEY, Ryan T.; AHMADI, Mehdi. *Spatial and temporal variability of in-stream water quality parameter influence on dissolved oxygen and nitrate within a regional stream network. Ecological Modelling*, v. 277, p.87-96, 2014.
5. BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
6. COLARES, B. A.; BUARQUE, H. L. B. *Auditoria ambiental do uso e ocupação da área no entorno da Lagoa do Opaia, Fortaleza-Ceará. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI)*. Alagoas, 2010.
7. CONEJO, J. G. L. *Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (Org.). Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*. Brasília: Cdoc, 2005. 179 p.
8. DOBBIE, Melissa J.; DAIL, David. *Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices. Ecological Indicators*, v. 29, p.270-277, 2013.
9. EWAID, Salam Hussein; ABED, Salwan Ali. *Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. The Egyptian Journal Of Aquatic Research*, v. 43, n. 2, p.117-122, 2017.
10. FAO. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) – Managing Systems at Risk Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan*, London, 2011.
11. GRAVES, Gregory A.; WAN, Yongshan; FIKE, Dana L. *Water quality characteristics of storm water from major land uses in South Florida. Journal Of The American Water Resources Association*, v. 40, n. 6, p.1405-1419, 2004.
12. KANGABAM, Rajiv das et al. *Development of a water quality index (WQI) for the Loktak Lake in India. Applied Water Science*, v. 7, n. 6, p.2907-2918, 2017.
13. KHAN, Muhammad Mushtaq et al. *Triangular relationship among energy consumption, air pollution and water resources in Pakistan. Journal Of Cleaner Production*, v. 112, p.1375-1385, 2016.
14. LIMA, I. S. Caracterização física, química e biológica da água na sub-bacia B1, do Rio Cocó, Fortaleza-CE, com ênfase nos aspectos da poluição ao longo de um ciclo climático. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.



15. LOPES, A. A. S. et al. *Lógica fuzzy como ferramenta para avaliação da degradação ambiental em rios: relação entre os parâmetros DBO/OD. Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, v. 6, n. 2, p.3035-3048, 2016.
16. MARTINS, Alysson Stefan; COSTA, Wilson; MARQUES, Mariza Boscacci. *Qualidade da água do Arroio Olarias e seu impacto na represa projetada. Tecnológica*, v. 14, p.76-86, 23 ago. 2010.
17. MASSOUD, M. A. *Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. Environmental Monitoring Assessment*, v. 184, p. 4151-4160, 2012.
18. MISAGHI, Farhad et al. *Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. Science Of The Total Environment*, v. 589, p.107-116, 2017.
19. MOLISANI, M. M.; et al. *Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2010
20. OCHUKO, U. et al *A comparative assessment of water quality index (WQI) and suitability of river Ase for domestic water supply in urban and rural communities in Southern Nigeria. International Journal Humanities and Social Science*. v.4 (1), p. 234-45, 2014.
21. PALÁCIO, Helba Araújo de Queiroz. *Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará. 2004. 97 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza - CE, 2004.*
22. PINTO FILHO, J. L. O.; SANTOS, E. G.; SOUZA, M. J. J. B. *Proposta de índice de qualidade de água para a Lagoa do Apodi, RN, Brasil. Holos*, v. 2, p.69-77, 2012.
23. PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. *Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, v. 12, n. 3, p.435-457, 2017.
24. RUBIO-ARIAS, Hector et al. *An Overall Water Quality Index (WQI) for a Man-Made Aquatic Reservoir in Mexico. International Journal Of Environmental Research And Public Health*, v. 9, n. 12, p.1687-1698, 2012.
25. SÁNCHEZ, Enrique et al. *Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators*, v. 7, n. 2, p.315-328, 2007.
26. SINGARAJA, C. *Relevance of water quality index for groundwater quality evaluation: Thoothukudi District, Tamil Nadu, India. Applied Water Science*, v. 7, n. 5, p.2157-2173, 2017.
27. SILVA, Francisco de Assis Santos e. ASSISTAT Versão Beta 7.5 (2010). Pacote Estatístico. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 29 nov. 2017.
28. TERRADO, Marta et al. *Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. Trac Trends In Analytical Chemistry*, v. 29, n. 1, p.40-52, 2010.
29. VIANA, Claudia Maria de Pontes et al. *Perfil Básico Municipal Fortaleza. 2016. Ipece. Disponível em: <[www.ipece.ce.gov.br/perfil\\_brbasico\\_municipal/2016/Fortaleza.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_brbasico_municipal/2016/Fortaleza.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2017.*
30. WANDA, Elijah M.m.; MAMBA, Bhekhe B.; MSAGATI, Titus A.m. *Determination of the water quality index ratings of water in the Mpumalanga and North West provinces, South Africa. Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c*, v. 92, p.70-78, 2016.
31. WANG, B. et al. *Integrated Planning of Urban Water Resources and Water Pollution Control Management: Case of Urumqi, China. Journal Of Water Resources Planning And Management*, v. 142, n. 6, p.1-9, 2016.
32. WU, Zhaoshi et al. *Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. Science Of The Total Environment*, v. 612, p.914-922, 2017.
33. YAN, Feng et al. *A dynamic water quality index model based on functional data analysis. Ecological Indicators*, v. 57, p.249-258, 2015.
34. ZHAI, Xiaoyan; XIA, Jun; ZHANG, Yongyong. *Integrated approach of hydrological and water quality dynamic simulation for anthropogenic disturbance assessment in the Huai River Basin, China. Science Of The Total Environment*, v. 598, p.749-764, 2017.
35. ZONTA, J. H. et al. *Qualidade das águas do Rio Alegre, Espírito Santo. Revista Ciência Agronômica*, v.39, p.155-161, 2008.