

## USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE PARA AVALIAÇÃO DA ÁGUA EM AMBIENTE LÊNICO

D. Goveia<sup>1\*</sup>, A. Rebelo<sup>2</sup>, A. P. Loro<sup>2</sup>, G. D. Sasso<sup>2</sup>, T. N. F. Da Rocha<sup>2</sup>, T. P. Dompieri<sup>2</sup>, V. M. Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de Itapeva, SP, Brasil

<sup>2</sup> UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de Sorocaba, SP, Brasil

### RESUMO

Sistemas aquáticos que apresentam águas calmas e com região delimitada, por exemplo, lagoas, lagos e pântanos, são denominados ambientes lênticos. O Parque Carlos Alberto de Souza, localizado em Sorocaba-SP, é um dos parques existentes na cidade contendo lago artificial, onde habitam peixes, tartarugas e garças. É frequentado por crianças e adultos para lazer ou prática de exercícios. Sendo assim, uma boa qualidade de água é fundamental para a vida no lago. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade da água, usando índices de qualidade adotados pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Os resultados apresentaram valor elevado de coliformes termotolerantes e baixa concentração de oxigênio. Considerando a ponderação dos parâmetros a água foi classificada como boa, porém o índice referente à presença de nutrientes classificou o corpo hídrico como hipertrófico, o que pode causar aflorações de algas e mortandades de peixes. Os resultados representam um alerta quanto à necessidade de monitoramento da qualidade dos ambientes lênticos e a necessidade de alertas à população que frequentam o ambiente.

**Palavras-chave:** Índice da Qualidade da água. Índice de Estado Trófico. Poluição hídrica.

## USE OF QUALITY INDEX FOR EVALUATION OF WATER IN LENTIC ENVIRONMENT

### ABSTRACT

Aquatic systems that have calm waters and bounded region, eg, ponds, lakes and swamps, are called lentic environments. The Park Carlos Alberto de Souza located in Sorocaba city, Sao Paulo State, is one of the parks in the city containing artificial lake area is home fish, turtles and herons. It is frequented by children and adults for leisure or exercise. Thus, good quality water is essential for life on the lake. The objective of this study was to analyze the water quality using quality indexes adopted by CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). The results showed a high amount of fecal coliform and low oxygen concentration. Considering the weight of each parameter the water was classified as good. The index related to the presence of nutrients classified as hypertrophic water body, which can cause proliferation of algae and fish mortalities. The results represent a warning about the need to monitor the quality of lentic and need alert the population who frequent the place.

**Keywords:** Water Quality Index. Trophic State Index. Water pollution.

---

\* [danielle@itapeva.unesp.br](mailto:danielle@itapeva.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

A Sorocaba é um município brasileiro localizado na região de São Paulo sendo a quarta mais populosa cidade do interior paulista. Com uma área de 456 km<sup>2</sup> e uma população de 629.231 habitantes a cidade passou por grandes modificações relacionadas a uma crescente urbanização nos últimos 12 anos e, apesar de possuir 106 km de ciclovias, nem toda a urbanização sofrida pela cidade teve como consequência avanços e melhorias ao meio ambiente (FILHO, 2006).

Situada na bacia hidrográfica do Rio Sorocaba, a cidade é cortada pelo mesmo que é o maior e principal afluente da margem esquerda do Rio Tietê. Desde o ano 2000 a prefeitura de Sorocaba, juntamente com o Serviço Autônomo de água e Esgoto desenvolveu um programa para despoluição do Rio Sorocaba (que foi um dos maiores prejudicados com o avanço da urbanização no município, a ponto de ser considerado um dos mais poluídos do país), porém, o mesmo não

## MATERIAL E MÉTODO

Parque Campolim é um bairro nobre situado na zona sul da região sorocabana que possui um dos principais pontos de lazer da cidade, o Parque Carlos Alberto de Souza. Situado na área central da Avenida Antônio Carlos Comitre (coordenadas: -23.523420, -47.465462), o parque possui uma área de 96 mil m<sup>2</sup>, 3 pistas de caminhada e um lago que têm sido alvo de descaso por parte da prefeitura e pelos frequentadores (PREFEITURA DE SOROCABA, s.d.).

As coletas das amostras de água foram realizadas no Parque Campolim - Sorocaba, São Paulo (coordenadas: -23.523420,-47.465462), em abril de 2014, no período da manhã. As condições

aconteceu com os corpos d'água existentes na região (FÁVERO et al., 2008).

Desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* nos Estados Unidos em 1970, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) começou a ser implantado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) no Brasil em 1975. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água e considera os parâmetros indicadores de contaminação causada principalmente por esgotos domésticos (ANA, 2009a). O índice de estado trófico tem por finalidade a classificação dos corpos d'água quanto ao enriquecimento por nutrientes (CETESB, s.d.b). O objetivo deste trabalho foi aplicar os índices de qualidade usados atualmente pela CETESB para detectar o descaso existente com a qualidade da água dos lagos presentes nos Parques existentes na cidade, através de análise no Parque Carlos Alberto de Souza (Campolim, Sorocaba/SP).

climáticas na hora da coleta eram de tempo nublado e sem previsão de chuva. Observou-se uma grande quantidade de lixo boiando em suas encostas e até mesmo em seu interior, a lâmina d'água possui uma camada oleosa e é perceptível que a pouca fauna existente em seu interior não resistiu à sua situação precária, visto que foi possível observar peixes mortos boiando em sua superfície.

As amostras de água foram coletadas de 0-20 cm seguindo o *Standart methods* (APHA, 2005), obedecendo às especificações de cada análise. Amostras de água foram acidificadas para análise de nitrogênio e fósforo. Coletadas em frasco âmbar para análise de DBO e em frasco

estéril para análise de coliformes. A temperatura foi medida *in situ* com um termômetro da marca I-DROLAB, modelo PT03, e o oxigênio dissolvido foi determinado por oxímetro da marca DISIMED, modelo OM-4P.

Em laboratório, o pH foi determinado com um pHmetro da marca KEDID, modelo CT 6021<sup>a</sup> e a turbidez com um turbidímetro da Marca QUIMIS, modelo Q279P com comprimento de onda de 450nm e, em seguida, iniciou-se o processo para determinação dos sólidos totais.

O fósforo total foi encontrado pelo método de molibdanovanadato (método

8114 – Manual Hach), o nitrogênio pelo Método 10071 (nitrogênio, total LR - Manual Hach) e os coliformes totais pela técnica da CETESB nº 15.406, (técnica de tubos múltiplos com meio A-1).

A clorofila-*a* foi determinada por espectrometria molecular, para isto foi utilizado um espectrofotômetro da marca HACH, modelo 3OR3900, a absorvância foi medida nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm, sem acidificação. A partir desses dados foi possível determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) deste rio e seu Índice de Estado Trófico (IET).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades da água correspondente às variáveis que integram o índice. Sendo este um número entre 0 e 100,  $q_i$  a qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro (valor obtido pela curva média de variação de qualidade) e  $w_i$  o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro (variando de 0 a 1), podemos escrever a equação 1 para o índice de qualidade de águas (CETESB, s.d.a).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \text{ Equação 1.}$$

Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros e as respectivas ponderações estão apresentados na Tabela 1.

O oxigênio dissolvido possui a maior ponderação por ser vital à preservação da fauna aquática, e por ser um grande indicador de contaminação por esgotos e eutrofização, uma vez que altos teores de matéria orgânica em

decomposição originam uma baixa oxigenação das águas e uma grande riqueza de nutrientes originam um aumento exorbitante desse parâmetro (ABBASSI, 2002).

A turbidez apresenta menor ponderação por estar relacionada não somente às ações antrópicas (como mineração e despejo de esgotos), mas também à erosão do solo, ou seja, em épocas de chuva, corpos aquáticos tendem a ficar mais turvos devido à quantidade de material que é carregada para estes pela enxurrada. Da mesma forma que o resíduo total também recebe a menor ponderação por estar relacionado ao carregamento de matéria para os corpos d'água, que, a não ser que ocorra em grande quantidade (assoreamento), não é considerado um fator extremamente prejudicial à qualidade da água (ABBASSI, 2002).

Os outros parâmetros estudados possuem sua importância correlacionada, principalmente a identificação de despejo de esgotos no local e recebem uma ponderação igual por possuírem uma

importância à fauna aquática (ABBASSI, 2002).

A consideração da variação da temperatura igual a zero foi tomada, pois embora os corpos d'água apresentem variações de temperatura durante o dia e as estações do ano, não foram encontrados pontos de lançamento de efluentes quentes, que são uns dos maiores responsáveis para o aumento de temperatura das massas de água.

A qualidade da água é classificada em função da Faixa do IQA, sendo muito ruim (0-25), ruim (26-50), regular (51-70), bom (71-90) e excelente (91-100). A amostra coletada apresentou a classificação boa. A vantagem do IQA é o uso de uma linguagem de fácil entendimento, incluindo os leigos. A desvantagem é a que o índice impossibilita a análise do foco do problema. Os resultados deveriam ser analisados individualmente para verificar a influência de cada parâmetro na qualidade do sistema aquático.

### Índice do Estado Trófico (IET)

Para determinação do IET usamos cálculos a partir dos valores de fósforo (uma vez que este é considerado um agente causador do processo de eutrofização) e de clorofila-a (que é considerada uma resposta do corpo hídrico ao agente causador) no corpo d'água. Para o cálculo do IET utilizamos da concentração de fósforo total em µg/L (PT) e da concentração de clorofila também em µg/L (CL), estes parâmetros são aplicados nas equações de 2 a 4 a seguir (LAMPARELLI, 2004).

### Equação 2. Índice de Estado Trófico para Fósforo

$$IET(PT) = 10 \left[ 6 - \left( 0,42 - \left( \frac{0,36(\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) \right] - 20$$

### Equação 3. Índice de Estado Trófico para Clorofila

$$IET(CL) = 10 \left[ 6 - \left( -0,7 - \left( \frac{0,6(\ln CL)}{\ln 2} \right) \right) \right] - 20$$

### Equação 4. Índice de Estado Trófico

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

Devido à variabilidade sazonal dos processos ambientais, é interessante ressaltar que o IET pode apresentar variações ao decorrer do ano, havendo épocas em que encontra-se valores mais elevados que em outras. Desta forma, a classificação encontrada em um determinado período não pode ser considerada representativa para uma estimativa anual (ANA, 2009b).

O IET foi calculado a partir da análise de clorofila-a e do fósforo total na amostra (Tabela 2).

O sistema foi classificado como hipereutrófico, seguindo a faixa de classificação para o IET: ultraoligotrófico ( $\leq 47$ ), oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ), mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ), eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ), supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ) e hipereutrófico ( $IET > 67$ ). A partir desses resultados é possível perceber um enriquecimento de nutrientes no corpo hídrico, que pode acabar levando a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, de modo que possa indeferir nos usos múltiplos do rio. Os classificados como eutróficos possuem alta produtividade, alterações indesejáveis como pouca penetração de luz, pouco oxigênio dissolvido, águas turvas, alto crescimento de algas e baixa diversidade de peixes; os supereutróficos

são caracterizados pela alta produtividade, episódios florações de algas e interferências em seus múltiplos usos; e, por fim, os hipereutróficos são corpos afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos e atividades (ANA, 2009b).

A eutrofização é um problema que vem atingindo cada vez mais corpos hídricos devido ao manejo inadequado destes e muitos são os efeitos indesejáveis dessa eutrofização, dentre eles podemos citar os maus odores e a perda da fauna aquática, além de impossibilitar o consumo humano (ESTEVES, 1988).

A concentração significativa de coliformes termotolerantes, somado a outras variáveis, pode ser uma das justificativas para o enriquecimento de nutrientes. A presença de coliformes é um dos indicadores de contaminação de água por esgoto doméstico e industrial, que são ricos em matéria orgânica e nutrientes.

As condições de um sistema aquático hipereutrófico são bastante instáveis, de modo que a concentração de oxigênio dissolvido na camada superior

pode variar de ausente a supersaturação, o que justifica um O.D. igual a 5,79 mg/L (69,63% de saturação).

Através da análise do Índice do Estado Trófico, pode-se notar a alta influência do indicador biológico (clorofila a), de modo que se o índice fosse apenas calculado a partir do fósforo total a categoria que o rio seria enquadrada seria mesotrófico (valores de fosforo entre 35 e 137 mg/m<sup>3</sup>). Entretanto, como o índice atribui valores iguais para seus parâmetros, o alto valor obtido na análise de clorofila (que enquadra o rio hipereutrófico – categoria associada a valores superiores a 7,46 mg/m<sup>3</sup> de clorofila) determinou a hipertrofização do corpo hídrico.

Pode-se notar ainda a presença de uma camada superficial de óleo sobre a água e também a presença de peixes mortos flutuando, sendo que este possivelmente associado a alta concentração de materiais totais e a baixa concentração de oxigênio dissolvido. Essas características, por sua vez, podem resultar em problemas ecológicos e também colocar em risco a saúde, a segurança e o bem-estar da população.



**FIGURA 1** – Foto de Satélite do lago (ao centro) do Parque Carlos Alberto de Souza, em Sorocaba, onde foi realizada a coleta de amostras para o cálculo do IQA. Fonte: ©2014Google.

**TABELA 1** – Parâmetros avaliados, ponderação e classificação através do Índice de Qualidade de Água.

Parâmetro de qualidade de água	Valores medidos	Peso (w)	Equivalente	Resultado
<b>Oxigênio Dissolvido (OD)</b>	69,63%	0,17	75	2,08
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	94 NMP/100ml	0,15	40	1,74
<b>Potencial Hidrogeniônico (pH)</b>	6,8	0,12	90	1,72
<b>Demanda Biogeoquímica de Oxigênio</b>	3,285 mg/L	0,1	70	1,53
<b>Temperatura</b>	0	0,1	92	1,57
<b>Nitrogênio total</b>	1 mg/L	0,1	90	1,57
<b>Fósforo total</b>	0,343 mg/L	0,1	70	1,53
<b>Turbidez</b>	24,5 NTU	0,08	57	1,38
<b>Resíduo total</b>	226 mg/t	0,08	32	1,32
<b>IQA</b>	65,11	<b>Classificação</b>		<b>BOA</b>

**TABELA 2** – Parâmetros avaliados, ponderação e classificação através do Índice de Estado Trófico.

Parâmetros do Estado Trófico	Valores medidos	Resultado
<b>Clorofila-a</b>	343 µg/L	64, 26
<b>Fósforo total</b>	38, 50 µg/L	79,44
<b>IET: 72,98</b>	<b>Classificação: Hipereutrófico</b>	

## CONCLUSÕES

A partir da presente análise, obtivemos um Índice de Qualidade de Água (IQA) que classificou a água como Boa pela CETESB (uma vez que obtivemos um valor de 74,92 em seu índice que vai de 0 a 100), porém ao avaliarmos o Índice de Estado Trófico (IET) do mesmo rio obtivemos a classificação de Hipereutrófico, nos mostrando uma grande divergência nos resultados em questão.

Desta maneira, podemos perceber que apesar do IQA estar dentro dos parâmetros aceitáveis da legislação para consumo, o IET nos mostra que apesar dessa água obter uma classificação boa pelo IQA, o local em questão sofre com o acúmulo de matéria orgânica e nutriente que podem levar a uma grande floração

de algas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, causando consequências indesejáveis caso haja o uso da água em questão. É interessante ressaltar novamente que foi observado durante a coleta um cheiro característico do lugar, uma camada oleosa na superfície da água, lixo de variadas origens e materiais e também peixes mortos.

Somando todas essas informações, podemos concluir que o IQA e/ou o IET, em complementação, gera uma avaliação mais realista. Considera-se necessário o manejo adequado do sistema, para diminuição do mau cheiro e para segurança das muitas pessoas e animais que podem ter contato direta ou indiretamente com a água. Este é um

trabalho inicial, com o objetivo de detectar o problema, e os resultados vieram reforçar a necessidade do monitoramento periódico por parte da administração pública da cidade de Sorocaba, não somente deste local, mas de todos os parques contendo ambientes lênticos espalhados pela cidade

(aproximadamente 20). O monitoramento é o primeiro passo para se detectar a existência do impacto ambiental, é necessário usar os dados na tomada de decisão para manter a qualidade dos lagos, mesmo que seja para fins paisagísticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS [ANA]. Indicadores de Qualidade: Índice de Qualidade das Águas. 2009a. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em 07 de maio de

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS [ANA]. Indicadores de Qualidade: Índice de Estado Trófico. 2009b. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceET.aspx>> Acesso em 07 de maio de 2014.

APHA (2005). American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21<sup>st</sup>ed. Washington.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB], Determinação de oxigênio dissolvido em águas - método de Winkler modificado pela azida sódica: método de ensaio. 1978 Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/L5169.pdf>> Acesso em 14 de maio de 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB], Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico. 2014 Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/L5306.pdf>> Acesso em 14 de maio de 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB], IQA: Índice de Qualidade das Águas. s.d.a Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>> Acesso em 07 de maio de 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB], IET: Índice de Estado Trófico. s.d.b Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/04.pdf>> Acesso em 07 de maio de 2014.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p.548. 1988.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; BIASI, M., Avaliação do estado de conservação da natureza nas unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Sorocaba (SP): Contribuições do planejamento da paisagem. *Geografia, Ensino & Pesquisa*.

V. 12. Santa Maria: UFSM. P. 2480-2496. 2008.

FILHO, M. A., Como Sorocaba virou a “Manchester Paulista”. *Jornal da Unicamp*. Universidade Estadual de Campinas. p.10. 16 de abril de 2006.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d’água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

PREFEITURA DE SOROCABA, Parque Campolim. s.d. Disponível em: <[http://www.sorocaba.sp.gov.br/lazer/parque\\_campolim.html](http://www.sorocaba.sp.gov.br/lazer/parque_campolim.html)> Acesso em 07 de maio de 2014.