

APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO - IET: estudo de caso do lago Barigui

Carla Cristina Bem¹; Júlio César Rodrigues² de Azevedo & Maria Cristina Borba Braga³

RESUMO --- O propósito deste trabalho foi analisar a sensibilidade dos resultados da classificação do estado de trofia de corpos aquáticos lênticos por meio de três metodologias do Índice do Estado Trófico (IET). Os índices foram aplicados para a concentração de fósforo total na coluna d'água, concentração de ortofosfato na coluna d'água, concentração do pigmento clorofila-*a* e penetração da luz solar com o disco de Secchi. Os resultados deste estudo de caso mostraram que o IET proposto por um dos autores apresentou melhor resposta no enquadramento da categoria trófica em relação ao pigmento clorofila-*a*. Os IETs aplicados para as concentrações de fósforo total não apresentaram diferenças significativas na resposta, isto provavelmente ocorreu devido as altas concentrações de fósforo total. A avaliação com o disco de Secchi também não mostrou-se como eficaz, sua utilização deve ser realizada apenas para avaliações preliminares pois há muitos interferentes na sua medição.

ABSTRACT --- This study was aimed to assess results produced by three different methodologies used to evaluate eutrophication of lakes. The indices were applied to total phosphorus and orthophosphate concentrations in the water column, chlorophyll-*a* pigment and penetration of incoming solar radiation with Secchi disc. The results produced showed that the Trophic State Index (STI), proposed by other, resulted in a better characterization of the body of water used in this study in terms of chlorophyll-*a* concentrations. STI results applied to concentrations of total phosphorus when compared to chlorophyll-*a* concentrations presented small differences, which can be probably related to the high phosphorus concentrations. It was observed that results produced by the Secchi disc has to be used with caution due to the possibility of interference in its measurement.

Palavras-chave: Eutrofização, Índice do Estado Trófico, Lago Barigui.

¹ Aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Centro Politécnico, Bloco 5, Departamento de Hidráulica e Saneamento - Bairro Jardim das Américas - Curitiba - PR, Caixa postal: 19011 - CEP: 81531-990 - Brasil - Tel +55(41)-3361-3707 - e-mail: carlacristina.bem@gmail.com

² Professor Adjunto do Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Av. Sete de Setembro, 3165, Bairro Centro - Curitiba - PR, CEP 80230.901 - e-mail: jrcrazevedo@utfpr.edu.br

³ Professora Adjunta do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental/UFPR, Centro Politécnico, Bloco 5, Departamento de Hidráulica e Saneamento - Bairro Jardim das Américas - Curitiba - PR, Caixa postal: 19011 - CEP: 81531-990 - Brasil - Tel +55(41)-3361-3707 - e-mail: crisbraga@ufpr.br

1 INTRODUÇÃO

O elevado crescimento populacional e o aumento de atividades antrópicas que geram impactos ao meio ambiente tem se intensificado nas últimas décadas e conseqüentemente a degradação dos recursos naturais foi superior a qualquer outro período da história humana.

Neste contexto, a preocupação com a qualidade dos recursos hídricos superficiais destaca-se, devido a suas características particulares; a água é essencial a qualquer forma de vida e presente em todos os processos industriais, geração de produtos agrícolas e agropecuários.

A degradação da qualidade dos recursos hídricos é em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica e das fontes pontuais e difusas de poluição. Em áreas com elevada densidade populacional observa-se que a degradação ocorre principalmente devido ao lançamento de matéria orgânica, nutrientes, substâncias inorgânicas e tóxicas a partir de efluentes domésticos e industriais. Já em áreas de baixa densidade populacional a contribuição de nutrientes e sedimentos à bacia de drenagem são as principais fontes de impactos aos corpos aquáticos.

A introdução de nutrientes, nitrogênio e fósforo, em corpos aquáticos por fontes pontuais ou difusas de poluição, pode ocasionar o processo de eutrofização cultural. Quando ocorre de forma natural, a eutrofização é um processo gradual e lento, ao contrário da eutrofização cultural, que ocorre de forma acelerada, com aumento desordenado na produção de biomassa, impossibilitando a sua incorporação pelo sistema aquático na mesma velocidade de produção e provocando, assim, um desequilíbrio ecológico (Ferreira *et al.*, 2005). Nos Estados Unidos a eutrofização cultural é um dos fatores primários do comprometimento de águas superficiais (USEPA, 1996).

O elevado desenvolvimento da biomassa no sistema produz impactos significativos na qualidade das águas, turbidez e cor, alteração no sabor e odor, redução de oxigênio dissolvido o que pode ocasionar mortandades de peixes e outros seres vivos e redução da balneabilidade (Mota, 2006).

Uma das formas de estimar o grau de degradação de corpos aquáticos é partir da utilização de índices de qualidade. Os Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que sirva para facilitar a interpretação de variáveis ou indicadores (Gastaldini e Souza, 1994).

A classificação de ecossistemas aquáticos por meio de índices de estado trófico é comum em ciências aquáticas (Dodds *et al.*, 1998). Uma dos índices utilizados é o Índice do Estado Trófico – IET – foi desenvolvido por Carlson (1977), com o objetivo de tornar mais clara a comunicação de estudos envolvendo a eutrofização e a classificação de corpos aquáticos. Por meio da análise de

dados coletados em lagos de regiões temperadas, foi estabelecido um índice que utiliza valores de clorofila-*a*, disco de Secchi e fósforo total.

As equações (1) a (3), resultantes das análises de regressão produzidas por Carlson (1977), podem ser utilizadas para o cálculo do IET_C baseado na profundidade do disco de Secchi, concentração de clorofila-*a* e fósforo total, respectivamente.

$$IET(Sd) = 10 \times \left(6 - \frac{\ln Sd}{\ln 2} \right) \quad (1)$$

$$IET(Cla) = 10 \times \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \times \ln Cla}{\ln 2} \right) \quad (2)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 48}{PT}}{\ln 2} \right) \quad (3)$$

em que:

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

Cla = concentração de clorofila-*a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

Sd = profundidade do disco Secchi, em m

ln = logaritmo natural

Como as equações de Carlson foram desenvolvidas para ambientes de clima temperado, o metabolismo dos seres vivos difere dos ambientes presentes em ambientes tropicais e sub-tropicais.

Devido a esse fato, no Brasil, Toledo Jr. *et al.* (1983) realizaram estudos para adequar, a ambientes subtropicais, as equações desenvolvidas Carlson. Da mesma forma que Carlson, aplicaram a análise de regressão linear aos valores de fósforo total, ortofosfato, clorofila-*a* e transparência do disco de Secchi a reservatórios do estado de São Paulo.

Como resultado desta pesquisa, foram produzidas equações para o cálculo do IET, baseado na concentração de fósforo total, ortofosfato (PO_4^{-3}), clorofila-*a* e transparência do disco de Secchi conforme equações (4) a (7).

$$IET(Sd) = 10 \times \left(6 - \frac{0,64 + \ln Sd}{\ln 2} \right) \quad (4)$$

$$IET(Cla) = 10 \times \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \times \ln Cla}{\ln 2} \right) \quad (5)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{PT}}{\ln 2} \right) \quad (6)$$

$$IET(PO_4^{-3}) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{PO_4^{-3}}}{\ln 2} \right) \quad (7)$$

em que:

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

PO_4^{3-} = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

Cl_a = concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

Sd = profundidade do disco Secchi, em m

ln = logaritmo natural

Os resultados obtidos da aplicação do IET, alterado por Toledo Jr *et al.* (1983), devem ser interpretados de acordo com os seguintes critérios:

- Oligotrófico se: $IET < 44$
- Mesotrófico se: $44 \leq IET \leq 54$
- Eutrófico se: $IET > 54$

Desde a realização dos estudos de Toledo Jr. *et al.* (1983), a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) tem aplicado este índice para a determinação do estado de eutrofização de ambientes lênticos no Estado de São Paulo. Entretanto, em função das características dos corpos aquáticos variarem no tempo e espaço, em função do uso e ocupação do solo, há a necessidade de alterações em alguns métodos de avaliação para que continuem a representar a realidade. Em função disso, Toledo Jr. (1990) alterou IET inserindo outras categorias de trofia. A nova classificação do IET utiliza como critério:

- Ultraoligotrófico se: $IET \leq 24$
- Oligotrófico se: $24 \leq IET \leq 44$
- Mesotrófico se: $44 \leq IET \leq 54$
- Eutrófico se: $54 \leq IET \leq 74$
- Hipereutrófico se: $IET > 74$

Este aperfeiçoamento foi necessário porque os corpos aquáticos são sistemas complexos, não estáticos e, desta forma, algumas considerações passam a não corresponder à realidade do ambiente.

A última alteração do IET para ambientes subtropicais foi realizada por Lamparelli (2004). Como mencionado anteriormente, esta alteração foi necessária para adequar os resultados obtidos

para que expressem a realidade de corpos aquáticos monitorados. O resultado é composto pelo Índice do Estado Trófico para a concentração do fósforo total na coluna d'água e concentração e clorofila-*a*. As equações 8 e 9 foram utilizadas para o cálculo do IET.

$$IET(Cla) = 10 \times \left(6 - \frac{(0,92 - 0,34 \times (\ln Cla))}{\ln 2} \right) \quad (8)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{(1,77 - 0,42 \times (\ln PT))}{\ln 2} \right) \quad (9)$$

em que:

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

Cla = concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

ln = logaritmo natural

Para a determinação deste índice foram adotados os estados de trofia ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, cujos limites para lagos são (CETESB, 2006):

- Ultraoligotrófico se: $IET \leq 47$
- Oligotrófico se: $47 \leq IET \leq 52$
- Mesotrófico se: $52 \leq IET \leq 59$
- Eutrófico se: $59 \leq IET \leq 63$
- Supereutrófico se: $63 \leq IET \leq 67$
- Hipereutrófico se: $IET > 67$

Para a determinação do IET, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(PT), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, pois este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila-*a*, IET(Cla), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas no corpo aquático (CETESB, 2006).

Deve-se considerar que, em bacias que possuem uma elevada carga de matéria orgânica, nutrientes, metais e outros poluentes, a aplicação de ferramentas como o IET permite uma avaliação consistente do estado de degradação do corpo aquático. O resultado do cálculo deste índice pode orientar a priorização para a tomada de decisões sobre a gestão dos recursos hídricos, elaboração de políticas públicas para o meio ambiente e disponibilização de informações ao público em geral sobre a qualidade das águas, no que se refere a eutrofização das águas continentais, pois este índice é de fácil aplicação devido à praticidade das determinações analítica dos parâmetros fósforo total, ortofosfato, clorofila-*a* e medição da penetração da luz com o disco de Secchi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

A bacia do rio Barigui, uma das principais bacias da Região Metropolitana de Curitiba, está situada em área de intensa urbanização, industrialização e atividades agrícolas. Localizado na bacia do rio Barigui está o lago Barigui, criado em 1972, o qual teve como objetivo de construção o controle de enchentes urbanas. A Figura 1 apresenta a localização espacial da bacia Barigui.

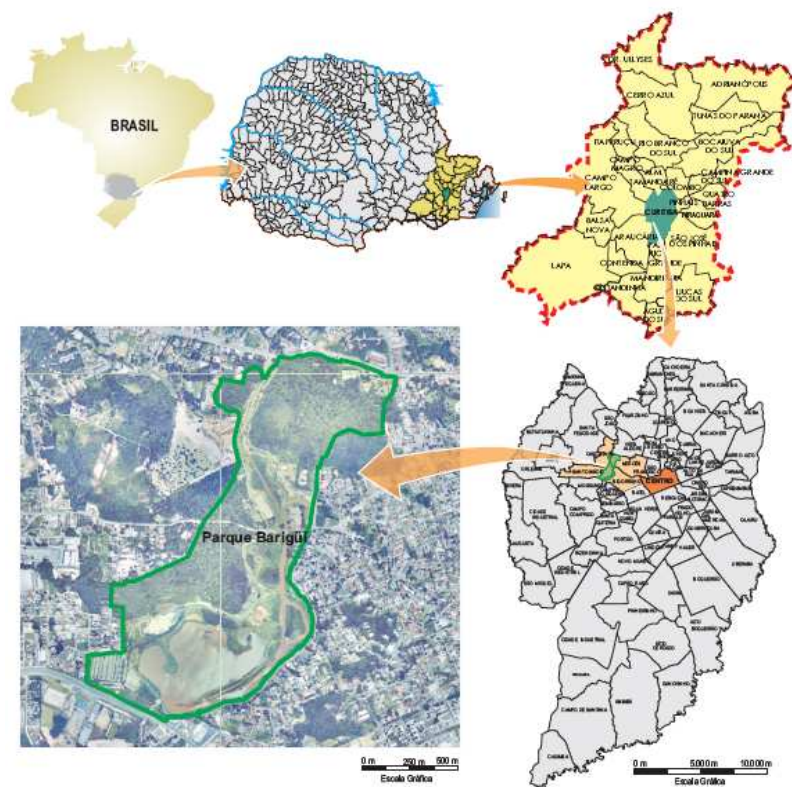


Figura 1 – Localização espacial da bacia do rio Barigui e seu lago
Fonte: Hardt *et al.* (2007)

O lago Barigui possui um volume médio de, aproximadamente, de 356 mil m³ e área de 270 mil m². Caracteriza-se por pequenas profundidades, que variam de 0,10 m a 1,85 m, com profundidade média de 1 m. Segundo Villa (2005), o tempo de residência do lago Barigui, considerando a vazão afluyente média, é de aproximadamente 2 dias. Possui um comportamento hidrodinâmico caracterizado por baixas velocidades, com forças externas. A velocidade média do lago não sofre influência significativa das vazões, sendo que apenas devido à ação de ventos com velocidade a partir de 10 ms⁻¹, classificados como “muito frescos” segundo a escala de Beaufort, ocorre uma maior mistura do lago (Villa, 2005). Devido as suas particularidades de construção e situar-se numa área de elevada influência antrópica, este lago foi adotado como objeto de estudo.

2.2 Metodologia

Para a identificação do grau de trofia no lago Barigui foram realizadas quatro campanhas para coletas de amostras em dois pontos no lago Barigui. . As datas das campanhas estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Datas das campanhas

Campanha	Data
1° Campanha	23/04/2008
2° Campanha	18/06/2008
3° Campanha	30/09/2008
4° Campanha	03/12/2008

A Figura 2 apresenta a localização dos pontos de coleta. No ponto P1 foram coletadas amostra da superfície da coluna d'água, este ponto apresenta características de ambiente lótico e baixa profundidade (0,5 metros), e no ponto P2, foram coletas amostras na superfície da coluna d'água, nomeado de P2A e a 0,5 m de profundidade da lâmina superficial chamado de P2B, localizado no interior do lago, apresenta característica lênticas e profundidade de 1,5 metros.

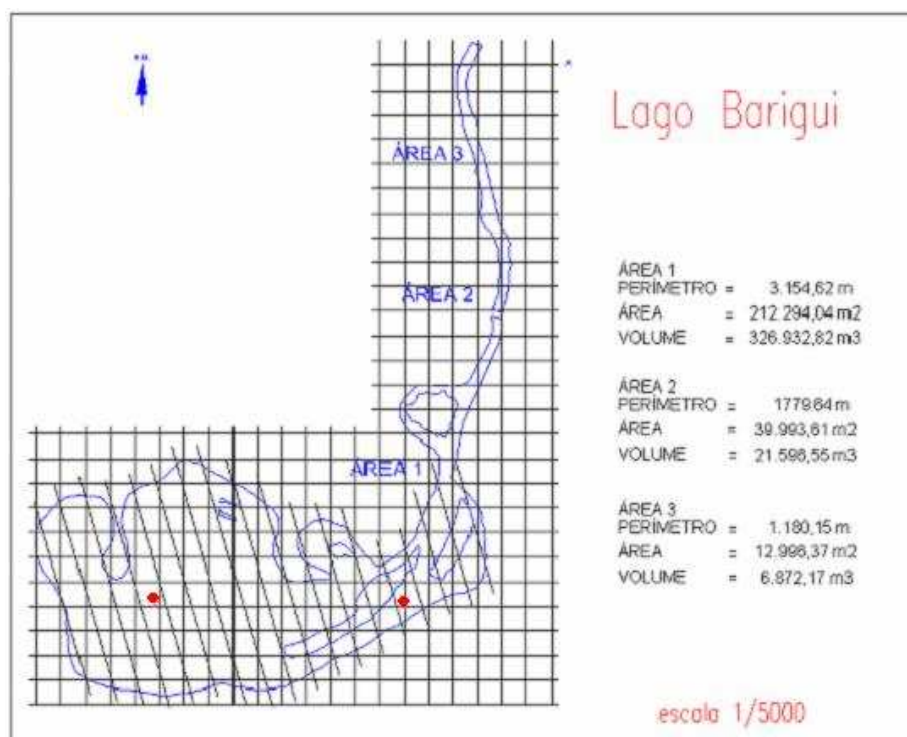


Figura 2 – Localização espacial dos pontos de coleta

Fonte: Adaptado de Oliveira e Silva (2002)

As coordenadas geográficas dos pontos de coleta são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Localização dos pontos de coleta

Ponto de coleta	Latitude	Longitude	Descrição do ponto
P1	25°25'48.38" S	181°18'29.20" N	Próximo à entrada do rio Barigui no lago, predominância de características lóticicas.
P2	25°25'48.45" S	181°18'29.20" N	Ponto no interior do lago, característica de ambiente lêntico.

Para coleta das amostras foram realizadas quatro campanhas bimestrais, que tiveram como finalidade verificar a sazonalidade do processo de eutrofização do lago Barigui.

Em cada campanha foram realizadas as análises de clorofila-*a* (extração com acetona 90%) e fósforo total (digestão com persulfato de potássio e ácido sulfúrico, método colorimétrico do ácido ascórbico), ortofosfato (método colorimétrico do ácido ascórbico), segundo a metodologia descrita no Standard Methods for examination of Water and Wastewater (APHA, 1998) e medição da penetração da luz com o disco de Secchi.

Os valores obtidos nas análises e medições com o disco de Secchi foram aplicados aos índices IET_{T1} (modificado por Toledo, 1983), IET_{T2} (modificado por Toledo, 1990) e IET_L (modificado por Lamparelli, 2004).

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das análises da concentração de fósforo total, ortofosfato, clorofila-*a* e medição da luz solar com o disco de Secchi são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises na coluna d’água do lago Barigui

Parâmetros	C1			C2			C3			C4		
	P1	P2A	P2B	P1	P2A	P2B	P1	P2A	P2B	P1	P2A	P2B
PT (mg/L)	-	0,19	0,24	0,17	0,18	0,53	0,42	0,34	0,44	0,19	0,17	0,20
Ortofosfato (mg/L)	0,34	0,08	0,09	0,13	0,07	0,08	0,35	0,13	0,14	0,08	0,04	0,04
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	0,14	1,18	3,01	0,42	3,92	4,08	0,20	10,22	34,8	0,17	1,00	1,68
Disco de Secchi (m)	0,15	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,50

Legenda:

C1 – campanha 1, C2 – campanha 2, C3 – campanha 3, C4 – campanha 4.

As concentrações de fósforo total em todas as amostras estiveram acima do especificado pela Resolução CONAMA nº 357/05, que apresenta como valor limite para fósforo total o valor de 0,025 mg/L P, para ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos para ambientes lênticos, como é o caso do lago Barigui.

A concentração de clorofila-*a* variou em função do ponto e da estação do ano. No ponto P1 não houve crescimento significativo de biomassa fitoplanctônica, tendo sido determinada a concentração mínima de 0,14 µg/L (1ª campanha) e a máxima de 0,42 µg/L (2ª campanha).

O ponto P2A, na 3ª campanha, apresentou maior concentração de biomassa (10,22 µg/L de clorofila-*a*), sendo, praticamente, a concentração igual à concentração limite estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05, para corpos aquáticos classe 2, de 10 µg/L.

Em relação à clorofila-*a*, as análises do P2B apresentaram valores superiores para nas três primeiras campanhas em relação aos demais pontos de coleta. Durante a 3ª campanha foi constatado uma concentração de 34,79 µg/L de clorofila-*a*, podendo ser considerado que durante o período da primavera o lago Barigui apresentou-se como um sistema eutrofizado.

Os valores da profundidade do disco de Secchi foram baixos, tendo variado de 0,15 m (P1C1) a 0,60 m (P2AC4).

Aplicando o IET_{T1} para os valores de concentração de PT, ortofosfato, clorofila-*a* e disco de Secchi, o lago Barigui apresentou classificação eutrófica para os parâmetros PT, ortofosfato e disco de Secchi nos três pontos em todas as campanhas. Para a 3ª campanha, o IET_{T1} baseado na concentração de clorofila-*a* caracterizou o lago como eutrófico, para as duas profundidades do ponto P2, as demais concentrações enquadraram o lago como oligotrófico. A Figura 3 apresenta a classificação do estado trófico do lago Barigui de acordo com a classificação proposta por Toledo (1983).

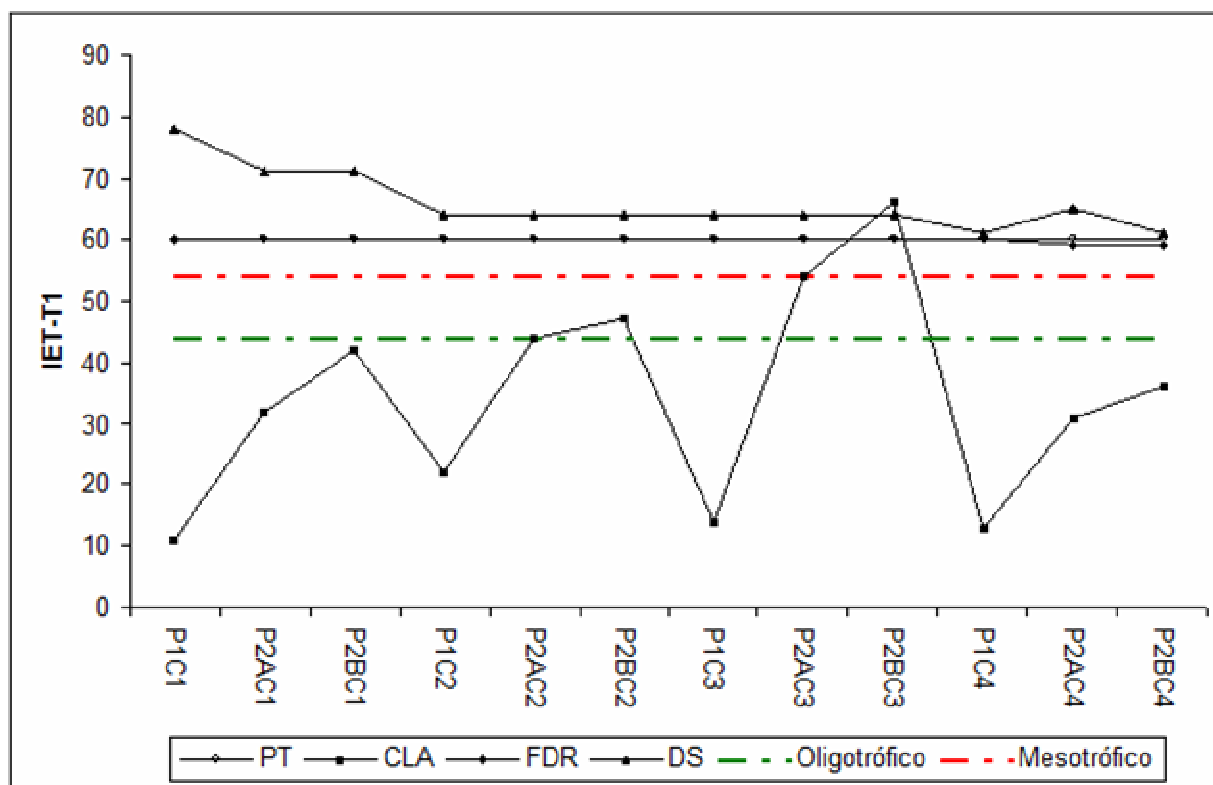


Figura 3 – Estados de trofia do lago Barigui de acordo com IET_{T1}

A aplicação da classificação proposta por Toledo (1990) – IET_{T2}, enquadrou o lago em outros níveis de trofia em comparação com o IET_{T1}, que sugerem implicações diferentes em relação à qualidade da água do lago. O IET_{T2}(PT) classificou o lago como eutrófico em todas as campanhas nos três pontos de coleta.

Em relação ao parâmetro disco de Secchi, o Lago Barigui foi classificado como hipereutrófico apenas no P1C1, enquanto os pontos P2A e P2B foram classificados como eutróficos ao longo das

quatro campanhas. O $IET_{T2}(Cla)$ variou nas quatro campanhas e nos pontos de coleta. O P1, baseado na concentração de clorofila-*a*, foi classificado como ultraoligotrófico nas quatro campanhas.

O $IET_{T2}(Cla)$ para o P2A variou entre oligotrófico (1ª campanha e 4ª campanha), mesotrófico (2ª campanha) e eutrófico (3ª campanha). O P2B foi classificado como oligotrófico (1ª, 2ª e 4ª campanha) e eutrófico (3ª campanha), que apresentou concentração clorofila-*a* de 34,79 $\mu\text{g/L}$.

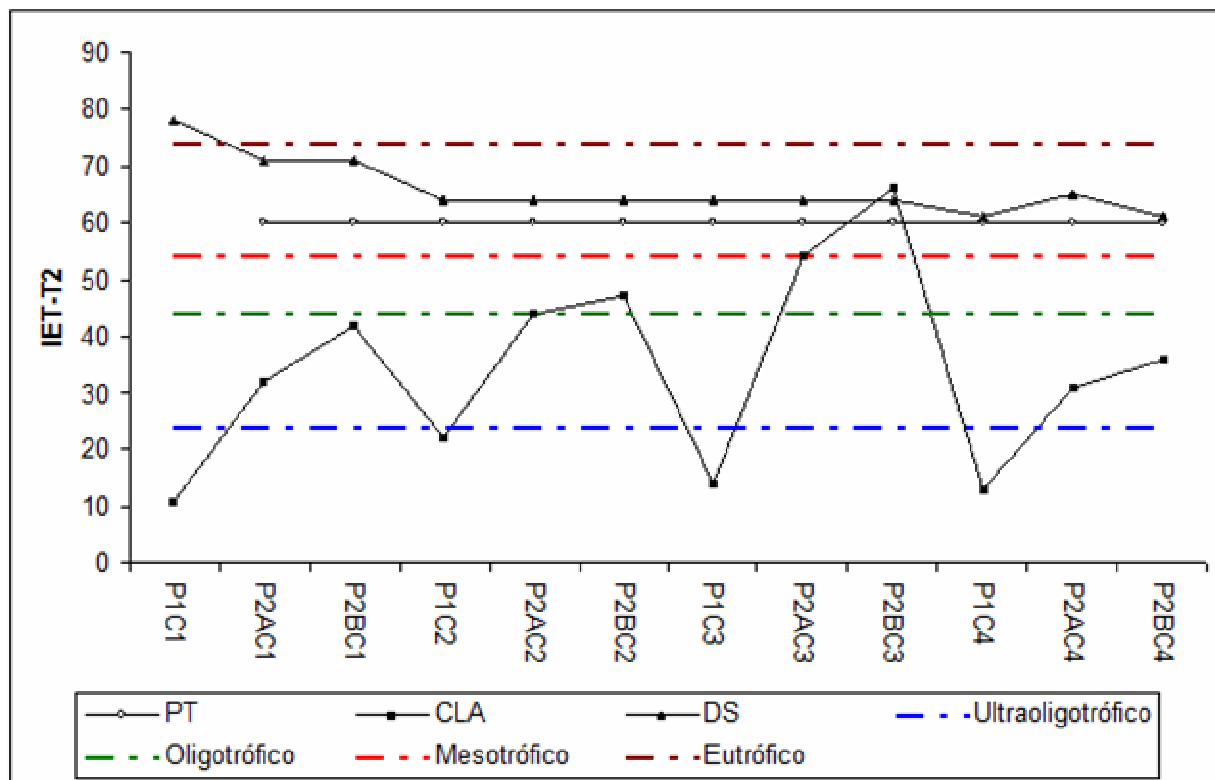


Figura 4 – Estados de trofia do lago Barigui de acordo com IET_{T2}

O IET_L foi aplicado para as concentrações de fósforo total e clorofila-*a*, a Figura 5 apresenta os estados de trofia dos parâmetros. O P1 apresentou-se, em relação à concentração de fósforo (IET_{PT}), com variação de supereutrófico a hipereutrófico. Entretanto, para o parâmetro clorofila-*a*, apresentou-se, nas quatro campanhas, como ultraoligotrófico.

Os resultados do IET_L para o P2A, da mesma forma que para o ponto P1, em função das elevadas concentrações de fósforo total, classificaram o sistema nas categorias supereutróficas e hipereutróficas. Em relação às concentrações de clorofila-*a*, o estado de trofia do ponto P2A, variou de ultraoligotrófico, na 1ª campanha, a mesotrófico, na 2ª e 3ª.

Como ocorreu nos pontos P1 e P2A, o cálculo do $IET_L(PT)$ permitiu classificar o lago em categorias tróficas que indicam estados de eutrofização avançados. Na 3ª campanha, o $IET_L(Cla)$ apresentou como resultado o nível Supereutrófico. Corpos aquáticos que se enquadrem neste nível apresentam como característica alta produtividade primária e associação a episódios de floração de algas.

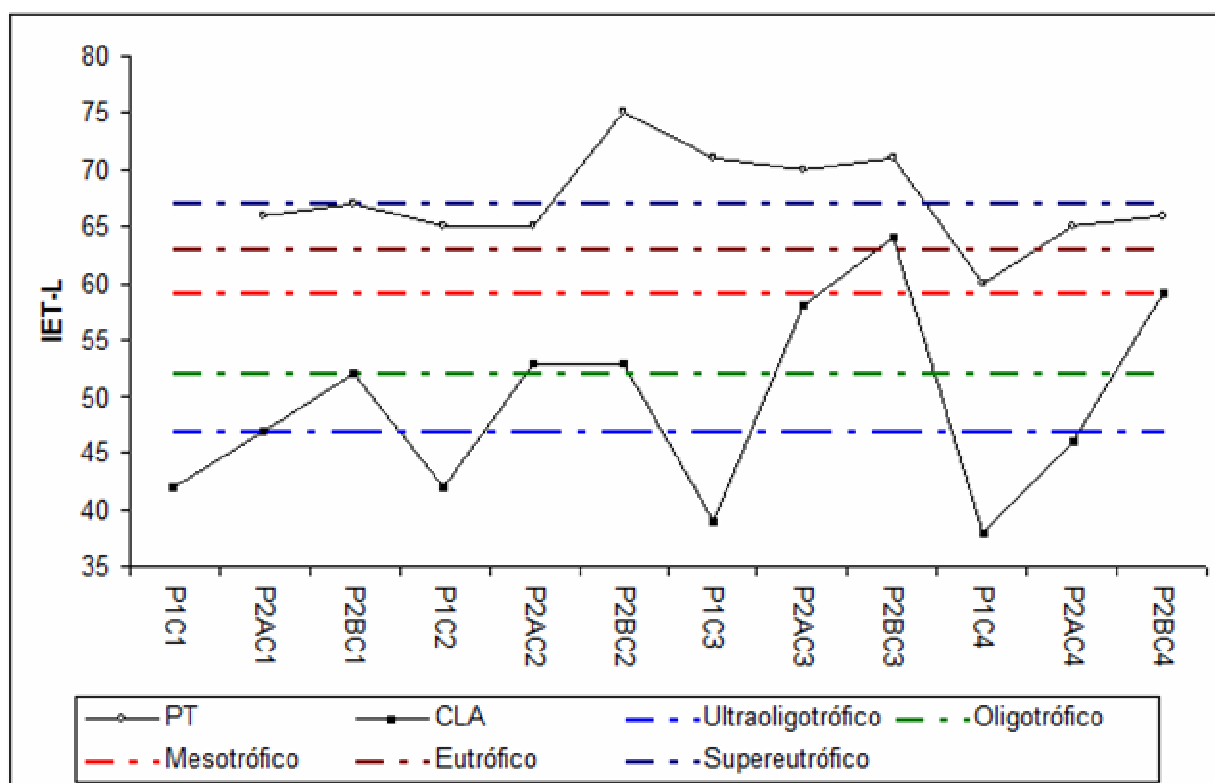


Figura 5 – Estados de trofia do lago Barigui de acordo com IET_L

O aumento da concentração do pigmento ocorreu durante a estação da primavera, período em que há maior crescimento e desenvolvimento natural das algas, devido às condições propícias como luz e temperatura.

A avaliação dos resultados dos cálculos do $IET_L(PT)$ e do $IET_L(Cla)$, para os pontos P1, P2A e P2B, para as quatro campanhas, possibilitou observar que o sistema não se encontra com o processo de eutrofização estabelecido, uma vez que, os estados tróficos indicados pelo $IET(PT)$ não coincidem com $IET(Cla)$, exceto no P2B na 3ª campanha.

Os resultados da aplicação das três metodologias propostas para o cálculo do IET apresentaram resultados semelhantes em relação à concentração de fósforo total no sistema, a resposta similar deste parâmetro deve-se aos valores elevados da concentração mensurada. Os valores da resposta do índice em relação à concentração do fósforo total devem ser entendidos como potencial de eutrofização do lago, pois, a concentração do fósforo não apresentou relação com o crescimento de fitoplâncton durante o período das coletas.

Em relação a concentração de clorofila-*a*, o IET_L , apresentou maior sensibilidade do que os índices propostos por Toledo (1983 e 1990), pois a resposta do nível de trofia é mais condizente com a realidade do corpo hídrico, em relação a ocorrência de florações de algas durante o ano e impactos na qualidade da água em decorrência do aumento de biomassa.

O disco de Secchi, neste estudo de caso, teve resposta distante da realidade do sistema em comparação com os resultados da clorofila-*a*, embora tenha sido similar a da concentração de fósforo total.

Deve ser considerado que o parâmetro disco de Secchi apresenta vários fatores que contribuem para a diminuição da penetração da luz além da presença de algas, como, material em suspensão, cor da água e visão do medidor.

4 CONCLUSÃO

Este estudo possibilitou concluir que:

- As concentrações de fósforo total no lago Barigui estão acima do valor prescrito pela resolução CONAMA 357/05, para ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos para ambientes lênticos;
- A concentração de clorofila-*a* variou em função do ponto de coleta e estação do ano, sendo que, durante a estação da primavera, foi verificado florescimento de algas;
- A utilização do Índice do Estado Trófico mostrou-se como uma metodologia prática, confiável e de fácil aplicação para avaliar o estado de trofia de coros aquáticos lênticos;
- A utilização do parâmetro disco de Secchi para avaliação do grau de trofia, neste estudo, não mostrou-se como eficaz, sua utilização deve ser apenas como avaliação preliminar devido aos interferentes na sua medição;
- Dentre os três índices do estado trófico avaliados, o IET_L apresentou melhor resposta no enquadramento da categoria trófica, principalmente em relação ao parâmetro clorofila-*a*, em relação ao fósforo total, não foi observado diferenças significativas na resposta dos índices aplicados, isto provavelmente ocorreu devido as altas concentrações de fósforo total.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro e à Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba por permitir a coleta de amostras do Lago Barigui.

BIBLIOGRAFIA

APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th Ed.

BRASILa. (2006) *Resolução CONAMA 357, 17 de março de 2005*. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília – DF. Disponível em <Http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 12 de fev. de 2006.

CETESB, (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) (2005). *Relatório da qualidade das águas do Estado de São Paulo. Anexo V: Índice de Qualidade das Águas* (2006). São Paulo-SP, 23 p.

DOODS, W. K., JONES, J. R., WELCH, E. B. (1998). “Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus”. *Water Research*. Vol. 32, nº 5, pp. 1455-1462.

FERREIRA, R. M., BARROS, N. O., DUQUE-ESTRADA, C. H., ROLAND, F. (2005). “Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais”, in *Lições de limnologia*. Org. Ferreira, R. M., Barros, N. O., Duque-Estrada, C. H., Roland, F. Rima Editora, São Carlos – SP, pp. 229 – 242.

GASTALDINI, M. C. C.; SOUZA, M. D. S. (1994). *Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí – Mirim através de Índices de Qualidade de Água*. 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre – RS.

HARDT, L. P. A., NAKAMURA, S. M., FERNANDES, V. B., PELLIZZARO, P. C., VIDAL, F. S., ARAZAKI, E. T., TANAKA, L. S., SALVADOR, T. S., MAGALHÃES NETO, A. T., LACERDA, A. E. B. de, POMPEO, R., CIGOLINE, A. A., BORGES, M. V. K., DUDEQUE, I. J. T., DOUSTDAR, N. M., MAOSKI, E. T., SALVI, L. T., SANCHES, A. L., AMARAL, J. Z., AIHARA, N., RIBEIRO, D. M., BANSHO, S. M., FUJJI, N., Y. (2007) *Plano de manejo do parque natural municipal Barigui*. Relatório Final, Curitiba – PR.

LAMPARELLI, Marta C. (2004). *Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento*. Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 238 p.

MOTTA, S. (2006) *Introdução à engenharia ambiental*. ABES 4 ed. Rio de Janeiro – RJ, 388p.

OLIVEIRA, J. R. B. de; SILVA, R. R. da. (2002). *Estudos Batimétricos dos Lagos dos Principais Parques da Cidade de Curitiba - Paraná*. Curitiba: [s.n.]. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil – Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia – Universidade Tuiuti do Paraná.

TOLEDO Jr., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. (1983). “A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais in Anais do 12º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, 34p.

TOLEDO Jr., A. P. (1990). *Informe preliminar sobre os estudos para obtenção de um índice para avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais*. CESTEB, São Paulo - SP 12p. (Relatório Interno).

U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1996). *National Water Quality Inventory*. Report to Congress. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency. EPA 841-R-97-008.

VILLA, A. T. (2005). *Avaliação Ambiental da Qualidade da Água do Lago do Parque Barigui: Potencial de Poluição Orgânica*. 204p. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.