



Índice de Estado Trófico aplicado mananciais destinados ao abastecimento público, Belém, Pará, Brasil

Leonardo C. Torres¹; Cryssia da Costa Romão¹; Marília G. S. da Silva¹; Rodrigo V. B. de Castro¹; Bruna C. S. Moraes¹; Rafael F. O. Aquino¹; Marcelo Rollnic¹; Sury M. Monteiro¹.

Laboratório de Pesquisa em Monitoramento Ambiental Marinho, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa, 01, Guamá, cep: 66095-700, Belém, Pará, Brasil.

Palavras-Chave: esgoto, qualidade de água e eutrofização.

Introdução

O crescimento populacional e a urbanização desordenada na cidade de Belém, capital do estado do Pará, aumentam a necessidade e o consumo de água, bem como o descarte de efluentes domésticos e resíduos sólidos diretamente nos diversos corpos d'águas que entrecortam Belém (MACEDO, 2024). Assim, os lagos Bolonha e Água Preta, os quais recebem águas do rio Guamá e outras nascentes, são utilizados como principais fontes de água para a população da Região Metropolitana de Belém (RMB) (COSANPA, 2023). No entanto, o despejo de esgoto de maneira incorreta (sem nenhum tratamento) nos mananciais e nas proximidades, o que pode vir a gerar eutrofização, devido a elevada carga de material orgânico.

Os lagos e reservatórios no Brasil são amplamente utilizados em diversas atividades como, por exemplo, geração de energia elétrica, turismo etc., além de como receptor de dejetos de efluentes domésticos (TUNDISI & TUNDISI, 2008). O Índice de Estado Trófico tem como finalidade avaliar a qualidade de água em relação aos seus enriquecimentos por nutrientes e seu efeito associado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Nesse caso, o fosforo atua como agente causador do processo de eutrofização que corresponde a clorofila (LAMPARELLI, 2004). A eutrofização, pode provocar alterações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água como, por exemplo, à redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, segundo SMITH & SCHINDLER (2009).

Diversos trabalhos foram executados nos lagos Bolonha e Água Preta, e em sua grande maioria destacam a crescente pressão antrópica e a degradação da qualidade hídrica de ambos os lagos. Um levantamento feito pelo Laboratório de pesquisa e monitoramento ambiental marinho (LAPMAR) sobre a qualidade da água levando em consideração parâmetros físicos, químicos, biológicos e geológicos com o objetivo de avaliar o estado trófico dos lagos e quantidade de nutrientes.

Material e Métodos

O Parque Estadual do Utinga (PEUt) encontra-se na cidade de Belém, capital do estado Pará, em uma Área de Proteção Ambiental (APA) (Figura 1). O clima da região é classificado como tropical quente úmido, no qual possui dois períodos sazonais: seco (junho - novembro) e chuvoso (dezembro a maio).



Figura 1 – Localização da área de estudo.

Como estratégia de amostragem foram selecionados 20 pontos no lago Água Preta e 10 pontos no lago Bolonha (Figura 2). As coletas foram realizadas durante o período chuvoso, nos meses de fevereiro a maio, com o auxílio de uma garrafa hidrográfica do tipo Van Dorn.

As amostras foram transportadas ao Laboratório de Pesquisa em Monitoramento Ambiental Marinho da Universidade Federal do Pará (LAPMAR/UFPA) para filtragem em membranas de fibra de vidro com porosidade $0,45 \mu\text{m}$, onde as alíquotas não dissolvidas foram destinadas a determinação do fósforo total e as membranas contendo o material retido foram utilizadas para a determinação da clorofila-a.

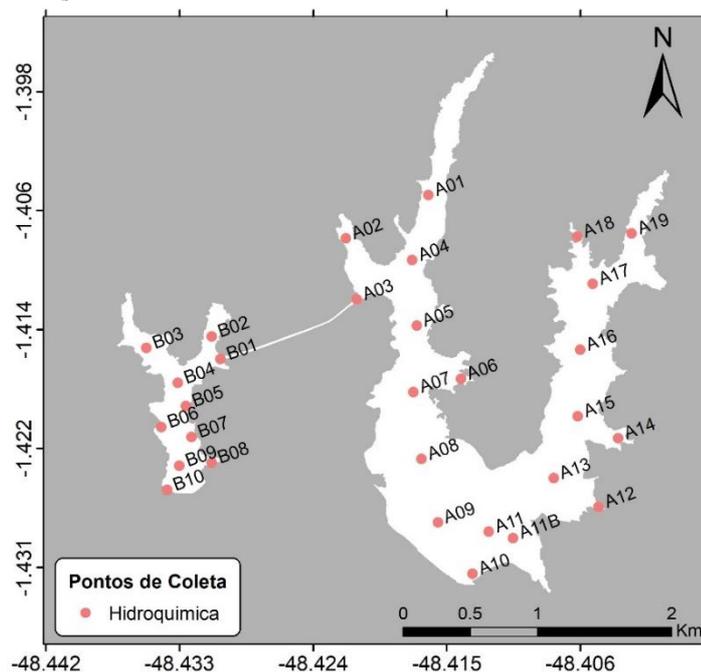


Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem no lago Água Preta (direita) e Bolonha (esquerda).

Análises em laboratório

As análises foram realizadas com confecção de brancos, curvas de calibração e em réplicas (triplicata). Para a determinação do fósforo total foram utilizados os métodos descritos por Valderrama (1981) e por APHA (2017).



Determinação do fósforo total (P-total)

O método para obtenção do fósforo total se baseia no processo de digestão de 40 mL de amostra não filtrada (bruta) com 5 mL do reagente oxidante (persulfato de potássio, ácido bórico e hidróxido de sódio). Essa digestão ocorre ao autoclavar a amostra por 2 horas à 120°C, nesse processo o P-total é convertido fosfato inorgânico dissolvido. Após elas foram analisadas seguindo o método espectrofotométrico, para a leitura das absorvâncias no comprimento de onda de 880 nm.

Determinação de clorofila-a

Para a obtenção da clorofila-a as membranas com o material retido foram mergulhadas em 10 mL de acetona a 90% v/v, macerados e mantidas sob refrigeração por 24 horas. Após esse período as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 3000 rpm e, posteriormente, realizadas as leituras das absorvâncias no espectrofotômetro. Para o cálculo da concentração da clorofila-a foi utilizada nas equações abaixo:

$$C_{clo-a} = 11,85x[(Abs664 - Abs750) - 1,54x(Abs 647 - Abs 750) - 0,08x(Abs630 - Abs 750)]$$

Onde: C_{clo-a} → concentração de clorofila-a no extrato;

$$C_a = \frac{C_{clo-a} \times \text{volume do extrato} \times \text{fator de diluição}}{\text{volume da amostra filtrada} \times \text{caminho ótico da cubeta}}$$

Onde: C_a → concentração de clorofila-a na amostra;

C_{cl} → concentração de clorofila-a no extrato;

Determinação do Índice de Estado Trófico (IET)

O IET foi obtido a partir da aplicação das equações abaixo, conforme proposto por Carlson (1977) para lagos e reservatórios que utilizam as concentrações médias do fósforo total e clorofila-a.

$$IET(P - total) = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln P - total))/\ln 2)) - 20$$

$$IET(Cl) = 10 * (6 - ((0,7 - 0,6 * (\ln Cl))/\ln 2)) - 20$$

Resultados e Discussão

Os resultados com as concentrações médias de P-Total e clorofila-a obtidas durante o período chuvoso nos lagos Água Preta e Bolonha, se encontram sumarizados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Concentrações médias do P-Total e clorofila-a nos lagos Água Preta e Bolonha.

Mês	P-Total (µg/L)		Clorofila-a (µg/L)	
	Água Preta	Bolonha	Água Preta	Bolonha
Fevereiro	53,79	Não coletado	9,74	Não coletado
Março	57,02	102,52	2,83	3,28
Abril	830,63	1931,10	24,34	7,09
Mai	417,88	1019,50	27,09	14,59

O P-total apresentou concentrações médias na faixa de 1,7 µg/L (fevereiro) a 1001,81 µg/L (abril). Com as maiores concentrações observadas no lago Bolonha, o qual recebe uma carga elevada de esgoto doméstico sem nenhum tratamento, segundo dados do levantamento realizado pelo Tribunal de Contas de Estado do Pará (TCE/PA), este lago tem 13 pontos de

lançamento de esgoto (TCE, 2012). Isso é corroborado pois as maiores concentrações de P-total foram obtidas nos pontos próximos aos esgotos e se observou uma depleção nos pontos mais distantes.

Apesar do lago Água Preta possuir em suas margens cerca de 18 pontos de lançamento, este lago tem maior volume de água, recebe águas do rio Guamá e possui um tempo de residência menor do que o do Bolonha, o que tem contribuído para a manutenção da qualidade hídrica do lago (TCE, 2012).

A presença de macrófitas aquáticas das espécies *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* (Figura 3) tem consumido a matéria orgânica despejada diretamente nos lagos, uma vez que as concentrações de P-Total ficaram abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, o qual possui as diretrizes de vários parâmetros para classificar os corpos d'água de acordo com o seu uso. Um estudo realizado por Esteves (2011), em um corpo d'água que recebe grandes quantidades de esgotos domésticos sem tratamento, mostrou a eficiência das espécies de macrófitas aquáticas supracitadas em consumir o nitrogênio total (N-Total), P-Total, e coliformes termotolerantes.

Figura 3 - Lago Bolonha coberto de macrófitas durante o mês de fevereiro de 2024 e não foi possível realizar as coletas.



Fonte: Autor (2024).

As concentrações médias de clorofila-a variaram de 2,89 µg/L (março) a 25,15 µg/L (maio), com as maiores concentrações obtidas nos pontos distantes dos efluentes (e com maior transparência da coluna d'água. Isso mostra que apesar do aporte antrópico de nutrientes, a produtividade primária nos lagos está condicionada a disponibilidade de luz na coluna d'água, similarmente ao observado por Menezes *et al.* (2002) e Sodré (2007). As concentrações obtidas da clorofila-a, assim como o P-Total, foram menores do que o estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

A aplicação do Índice de Estado trófico (IET) levando consideração apenas o P-Total classificou ambos os lagos como Hipereutrófico em todos os meses, enquanto o IET segundo as concentrações de clorofila-a variou entre eutrófico e supereutrófico, nos meses de março a maio, e foi mesotrófico no mês de fevereiro. Ao finalizar o cálculo do IET com as 2 variáveis os lagos são classificados como Hipereutrófico, que são caracterizados como altamente afetados pelo elevado aporte de material orgânico e nutrientes, com ocorrência de florações de algas e mortandade de peixes (LAMPARELLI, 2004).

Conclusões

A aplicação do Índice de Estado Trófico nos lagos Bolonha e Água Preta permitiu classificá-los como Hipereutrófico, o que mostra a necessidade de um melhor gerenciamento



de ambos os lagos, com ações afirmativas quanto ao manejo correto das macrófitas aquáticas que tem se proliferado, ao tratamento e outro destino dos esgotos domésticos despejados diretamente nos lagos, e maior fiscalização para reduzir ou impedir o descarte de resíduos sólidos.

Referências

American Public Health Association - APHA/AWWA/WEF. Standard methods for examination of water and wastewater. 23rd Ed, Washington, **American Water Works Association and Water Environment Federation**, p. 4358, 2017.

Arcova, F. C. S.; Cicco, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por florestas de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.10, n. 20, p. 185-96, 1998.

Carlson, R. E. A Trophic State Index For Lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22(2), 361-369. 1977.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Acesso: 25/09/2023. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. 2005.

COSANPA. **Companhia de Saneamento do Pará**. 2023. Acesso em: 25/09/2023. Disponível em: <https://www.cosanpa.pa.gov.br/>. 2023.

Esteves, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência. p. 826. 2011.

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.

Menezes, L. B. C.; Carvalho, E. A. De; Nuñez, Y. T.; Brito, L. B.; Sember, N. B. G.; Vasconcelos, E. F. **Parques urbanos de Belém (PA): situação atual e problemáticas sócio-ambientais**. Ipiranga Pesquisa: Ciências, Tecnologias & Humanidades, Belém, v. 1, n. 1, p.32-49, 2013.

Sodré, S. do S. V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém –Pará**. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém. p. 115. 2007.

TCE/PA. Tribunal de Contas do Estado do Pará. 2012. **Relatório de Auditoria Operacional**. Disponível em: https://www.tce.pa.gov.br/images/pdf/controle_externo/relatorio_auditoria_operacional_meio_ambiente.pdf.