

ESTADO TRÓFICO COMO EXPRESSÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA EM RIO URBANO DE SÃO LUÍS – MA

Meagan Talita Pinheiro Leal¹, Andréa Christina Gomes de Azevedo Cutrim²

RESUMO

A expansão urbana na porção amazônica do Maranhão intensificou a ocupação de áreas ribeirinhas, frequentemente acompanhada por deficiência na infraestrutura de esgotamento sanitário e manejo inadequado de resíduos sólidos. Esse processo tem repercussões diretas sobre a qualidade das águas superficiais, especialmente em rios urbanos sujeitos ao aporte contínuo de nutrientes. O presente estudo aborda as condições tróficas e a qualidade das águas de um rio urbano localizado na Ilha de São Luís – MA, com base em variáveis físico-químicas e biológicas associadas à eutrofização. As coletas foram realizadas em pontos distribuídos ao longo do gradiente longitudinal do curso d'água, contemplando trechos com diferentes níveis de influência antrópica. Foram determinados parâmetros como oxigênio dissolvido, nutrientes nitrogenados e fosfatados, turbidez e clorofila-a, a partir dos quais se procedeu ao enquadramento do estado trófico. Os resultados evidenciaram concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal e fósforo total nos trechos mais urbanizados, associadas ao aumento da biomassa fitoplanctônica. As condições observadas indicam enriquecimento nutricional compatível com ambientes sob pressão urbana contínua, reforçando a necessidade de estratégias integradas de saneamento e monitoramento ambiental na região.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias hidrográficas amazônicas; enriquecimento nutricional; monitoramento ambiental; recursos hídricos urbanos; saneamento básico.

ABSTRACT

Urban expansion in the Amazonian portion of Maranhão has intensified riverside occupation, frequently accompanied by insufficient sanitation infrastructure and inadequate wastewater management. These processes directly affect surface water quality, particularly in urban rivers exposed to continuous nutrient inputs. This study addresses the trophic conditions and water quality of an urban river located on São Luís Island, Maranhão State, Brazil, based on physical-chemical and biological variables associated with eutrophication. Sampling campaigns were conducted at multiple sites distributed along the longitudinal gradient of the river, covering sections under different levels of anthropogenic influence. Parameters such as dissolved oxygen, nitrogen and phosphorus compounds, turbidity, and chlorophyll-a were determined to support trophic classification. The results revealed elevated concentrations of ammoniacal nitrogen and total phosphorus in the most urbanized stretches, associated with increased phytoplankton biomass. The observed conditions indicate nutrient enrichment compatible with environments under persistent urban pressure. These findings reinforce the importance of integrated sanitation strategies and continuous environmental monitoring to support sustainable water resource management in urban watersheds within the Maranhão Amazon region.

KEYWORDS: Amazonian watersheds; nutrient enrichment; environmental monitoring; urban water resources; basic sanitation.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização na região amazônica maranhense, intensificado a partir da década de 1980, promoveu a ocupação de margens fluviais e áreas de várzea, muitas vezes sem planejamento territorial e sem a devida infraestrutura sanitária (Yang *et al.* 2023; IBGE, 2022). Em São Luís, no Maranhão, diversos cursos d'água urbanos passaram a receber cargas crescentes de efluentes domésticos e contribuições difusas, alterando suas características físico-químicas e biológicas.

Rios inseridos em contextos urbanos apresentam dinâmica limnológica fortemente condicionada pelo uso e ocupação do solo. A impermeabilização, a redução da cobertura vegetal e o lançamento de esgotos in natura modificam o balanço de nutrientes e a disponibilidade de oxigênio dissolvido, favorecendo processos de enriquecimento nutricional (Lemley *et al.*, 2017). Em ambientes tropicais, tais alterações podem desencadear respostas rápidas da comunidade fitoplanctônica, expressas pelo aumento da clorofila-a e por mudanças na estrutura trófica.

O estado trófico constitui ferramenta consolidada para sintetizar a condição ecológica de corpos hídricos, integrando variáveis relacionadas à produtividade primária e à disponibilidade de nutrientes (Cavalcanti *et al.*, 2022). Em sistemas fluviais urbanos da Amazônia maranhense, sua aplicação permite identificar gradientes de pressão antrópica e compreender a relação entre saneamento, urbanização e qualidade das águas.

Nesse contexto, a caracterização das condições tróficas de rios urbanos em São Luís contribui para o aprimoramento de estratégias de gestão de recursos hídricos, fornecendo subsídios técnicos para ações de controle de poluição e planejamento ambiental em bacias hidrográficas sob influência urbana.

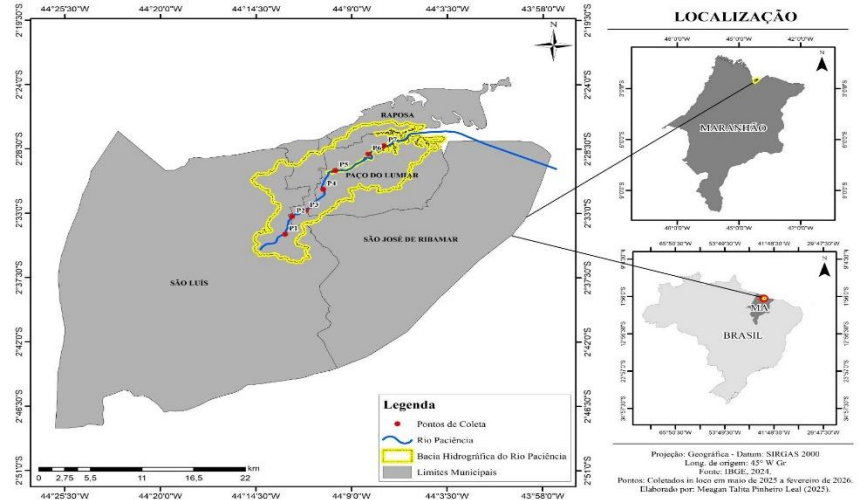
¹Discente do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA da Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: engmeagan@gmail.com.

²Docente do Curso de Ciências Biológicas. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos/UEMA. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: andrea.azevedo.uema@gmail.com.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende um rio urbano localizado na Ilha de São Luís – MA, inserido em bacia hidrográfica com ocupação predominantemente residencial e influência direta de lançamentos difusos e pontuais de efluentes domésticos. O curso d’água apresenta regime pluvial sazonal, típico da porção amazônica maranhense, com distinção entre período chuvoso e de estiagem.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Paciência, São Luís - MA



Fonte: Autoria própria (2025).

Foram definidos setes pontos amostrais distribuídos ao longo do gradiente longitudinal do rio, contemplando trechos a montante (menor influência urbana), intermediários (transição urbano-residencial) e a jusante (maior adensamento populacional). As campanhas de monitoramento foram realizadas em período representativo do regime hidrológico local, com coletas efetuadas em triplicata para controle analítico.

As variáveis físico-químicas in situ incluíram temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica e turbidez, determinadas por meio de sonda multiparamétrica previamente calibrada conforme recomendações do fabricante. A transparência da água foi estimada com disco de Secchi, quando aplicável às condições de profundidade.

As amostras destinadas às análises laboratoriais foram acondicionadas sob refrigeração e processadas conforme metodologias padronizadas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Foram determinadas as concentrações de nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), fósforo total (PT) e ortofosfato dissolvido.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada por meio da determinação de clorofila-a. Para tal, volumes conhecidos de água foram filtrados em membranas de fibra de vidro (GF/F, 0,7 μm), com posterior extração do pigmento em solvente apropriado e leitura espectrofotométrica.

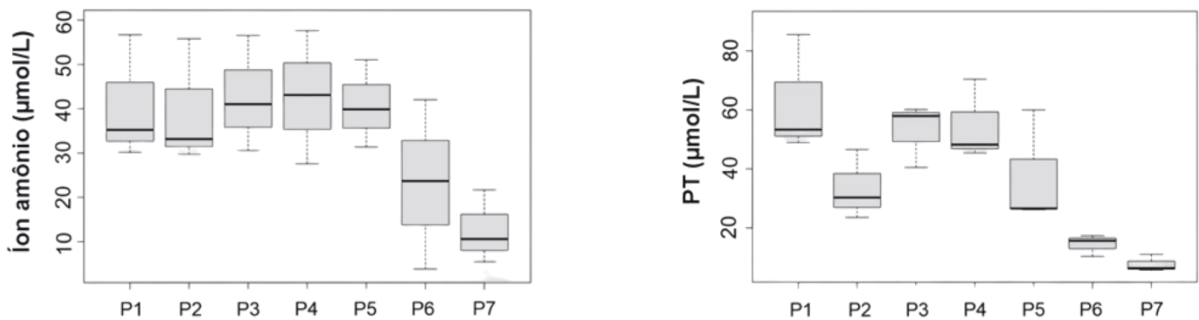
O enquadramento do estado trófico foi realizado com base nas concentrações de fósforo total e clorofila-a, utilizando índice adaptado para ambientes tropicais lóticos, baseado nos modelos estabelecidos por Carlson (1977), Vollenweider (1998) e Lamparelli (2004). A interpretação considerou classes tróficas variando de oligotrófico a hipereutrófico, permitindo a identificação de padrões espaciais associados à intensidade de pressão antrópica.

Os resultados foram organizados por trecho e interpretados à luz da legislação ambiental brasileira vigente (CONAMA nº 357/2005) e de referenciais técnicos aplicáveis a sistemas fluviais urbanos.

RESULTADOS PRELIMINARES

Os dados evidenciam um padrão espacial bem definido nos parâmetros físico-químicos ao longo do gradiente longitudinal do rio Paciência, indicando influência direta do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água.

Figura 2 - Disposição de nutrientes ao longo do rio Paciência



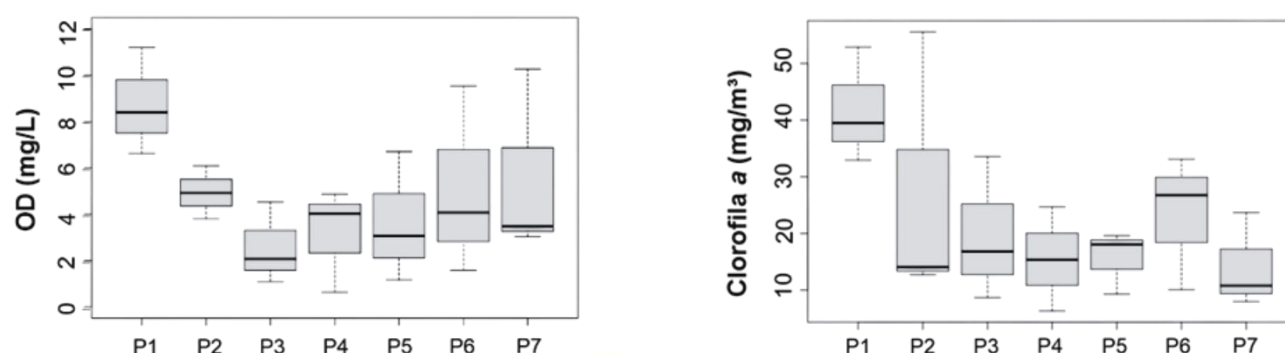
Fonte: Autoria própria (2025)

A disposição dos nutrientes ao longo dos pontos amostrais demonstra incremento progressivo de fósforo total e nitrogênio amoniacal nos trechos associados a maior densidade urbana, enquanto os setores a montante apresentaram concentrações inferiores desses compostos (Figura 2). Esse comportamento sugere contribuição significativa de fontes

difusas e lançamentos de efluentes domésticos nos segmentos mais antropizados.

Concomitantemente, observou-se redução nas concentrações de oxigênio dissolvido nos pontos de maior aporte de nutrientes, configurando padrão típico de sistemas sob influência de carga orgânica. As concentrações de clorofila-a apresentaram comportamento compatível com a disponibilidade de fósforo total, indicando resposta da biomassa fitoplanctônica ao enriquecimento nutricional.

Figura 3 - Relação oxigênio dissolvido e clorofila no rio Paciência.



Fonte: Autoria própria (2025)

O enquadramento trófico preliminar aponta predominância de condições mesotróficas a eutróficas nos trechos intermediários e jusantes, enquanto os pontos menos impactados mantiveram características mais próximas à condição oligotrófica.

De maneira integrada, os resultados indicam que a estrutura trófica do rio está associada à intensidade das pressões urbanas e à limitada cobertura de infraestrutura sanitária, configurando um gradiente de comprometimento ambiental ao longo do curso d'água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua e a Universidade Estadual do Maranhão pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: APHA; 2012; Available from: <https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/SMWW.2882>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Aglomerados Subnormais: resultados preliminares, base gráfica e tabular. 19 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=sobre>.
- CARLSON, R. E. A trophic index for lakes. Limnology and Oceanography. Vol. 22(2) p 361 – 369. 1977.
- CAVALCANTI, Lisana F. et al. Aplicação de múltiplos índices na avaliação do estado trófico e ecológico em um estuário macrotidal tropical (Margem Equatorial, Brasil). Chemistry and Ecology, v. 38, n. 2, p. 122-144, 2022.
- LAMPARELLI, M. C. Graus 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) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 2004.
- VOLLENWEIDER, R.A., GIOVANARDI, F., MONTANARI, G., RINALDI, A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the new Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics 9, 329–357. 1998. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-095x\(199805/06\)9:3<329::aid-env308>3.0.co;2-9](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-095x(199805/06)9:3<329::aid-env308>3.0.co;2-9)
- YANG, F. et al. Trophic status observations for Honghu Lake in China from 2000 to 2021 using Landsat Satellites. Ecological Indicators, v. 146, p. 109898, 2023.