

**Índice do Estado Trófico (IET) em águas amazônicas: baía do Marajó e baía do Guajará**

**Traffic State Index (TSI) in amazonian waters: Marajó bay and Guajará bay**

**Índice del Estado de Trófico (IET) en aguas amazonicas: bahía Marajó y bahía Guajará**

Recebido: 06/08/2020 | Revisado: 21/08/2020 | Aceito: 26/08/2020 | Publicado: 29/08/2020

**Hebe Morganne Campos Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7154-9947>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [hebemcr@gmail.com](mailto:hebemcr@gmail.com)

**Shirleny Pereira Campos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0176-0821>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [shirlenyeamb@gmail.com](mailto:shirlenyeamb@gmail.com)

**Carla Renata de Oliveira Carneiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-2605>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [carlacarneiro7@outlook.com](mailto:carlacarneiro7@outlook.com)

**Gysele Maria Morais Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3801-4312>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [gyselemorais@hotmail.com](mailto:gyselemorais@hotmail.com)

**Danielle Nazaré Salgado Mamede Pantoja**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9795-2726>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: [danielle.salgado@hotmail.com](mailto:danielle.salgado@hotmail.com)

**Resumo**

O monitoramento da qualidade da água é de fundamental importância, pois através dela podemos diminuir os problemas relacionados à poluição e contaminação dos corpos hídricos. Pode-se citar como um dos problemas relacionados à qualidade da água a eutrofização, sendo esse um fenômeno que consiste na proliferação de algas em corpos d'água. Pesquisas que visam estudar os índices de qualidade da água são oportunas por ajudarem a evitar problemas maiores, relacionados à saúde pública, bem estar humano e até mesmo a potabilidade. Nesse

sentido, este trabalho visou obter o Índice do Estado Trófico (IET) em águas amazônicas e comparar os resultados de fósforo total e/ou clorofila *a* de acordo com o CONAMA 357/2005. Os cálculos foram realizados de acordo com a metodologia de Lamparelli (2004), sendo uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por Carlson (1977). Percebe-se que o lago Bolonha e a Baía do Guajará, obtiveram valores de “Supereutrófico” e variação de “Ultraoligotrófico” a “Supereutrófico” respectivamente para IET, sendo possível associar o uso e ocupação do solo próximo aos pontos de amostragens e a interferência urbana do recurso hídrico estudado. Já o rio Pará e o rio Maratauíra apresentaram baixo risco de eutrofização, com predominância do estado “ultraoligotrófico” indicando que as áreas de estudos apresentaram um baixo grau de trofia. Obteve-se valores de fósforo total acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 nos trabalhos realizados na baía do Guajará e no lago Bolonha para águas doces classe 2. Na área portuária de Barcarena e rio Maratauíra, apresentaram concentrações baixas de fósforo total.

**Palavras-chave:** Índice de qualidade de água; Grau de trofia; Águas amazônicas.

### **Abstract**

Monitoring water quality is of fundamental importance, because through it we can reduce problems related to pollution and contamination of water bodies. One can cite eutrophication as one of the problems related to water quality, this being a phenomenon that consists of the proliferation of algae in water bodies. Research aimed at studying water quality indexes is opportune to help prevent major problems, related to public health, human well-being and even drinking. In this sense, this work aimed to obtain the Trophic State Index (EIT) in Amazonian waters and to compare the results of total phosphorus and / or chlorophyll *a* according to CONAMA 357/2005. The calculations were performed according to the methodology of Lamparelli (2004), being an adaptation for tropical environments of the index adopted by Carlson (1977). It is noticed that the lake Bologna and the Bay of Guajará, obtained values of “Supereutrófico” and variation of “Ultraoligotrófico” to “Supereutrófico” respectively for TSI, being possible to associate the use and occupation of the soil near the sampling points and the interference of the studied water resource. The Pará river and the Maratauíra river had a low risk of eutrophication, with a predominance of the “ultraoligotrophic” state, indicating that the study areas had a low degree of trophy. Total phosphorus values above the limit established by CONAMA Resolution 357/2005 were obtained in the works carried out in Guajará Bay and Lake Bologna for class 2 freshwater. In

the port area of Barcarena and Maratauíra River, they presented low concentrations of total phosphorus.

**Keywords:** Water quality index; Degree of trophy; Amazonian waters.

## Resumen

El monitoreo de la calidad del agua es de fundamental importancia, porque a través de él podemos reducir los problemas relacionados con la polución y contaminación de los cuerpos de agua. La eutrofización se puede citar como uno de los problemas relacionados con la calidad del agua, que es un fenómeno que consiste en la proliferación de algas en los cuerpos de agua. La investigación dirigida a estudiar los índices de calidad del agua es oportuna porque ayuda a evitar problemas importantes relacionados con la salud pública, el bienestar humano e incluso la potabilidad. En este sentido, este trabajo tenido como objetivo obtener el Índice de Estado Trófico (IET) en aguas amazónicas y comparar los resultados de fósforo total y / o clorofila *a* según CONAMA 357/2005. Los cálculos se realizaron de acuerdo con la metodología de Lamparelli (2004), siendo una adaptación para ambientes tropicales del índice adoptado por Carlson (1977). Se observa que el lago Bolonia y la Bahía de Guajará, obtuvieron valores de “Supereutrófico” y variación de “Ultraliogotrófico” a “Supereutrófico” respectivamente para IET, siendo posible asociar el uso y ocupación del suelo cerca de los puntos de muestreo y la interferencia del recurso hídrico estudiado. El río Pará y el río Maratauíra, por su parte, presentaron bajo riesgo de eutrofización, con predominio del estado “ultraoligotrófico”, lo que indica que las áreas de estudio tuvieron un bajo grado de trofico. Los valores de fósforo total por encima del límite establecido por la Resolución CONAMA 357/2005 se obtuvieron en las obras realizadas en la Bahía de Guajará y el Lago Bolonia para agua dulce clase 2. En la zona portuaria de Barcarena y río Maratauíra, tenían bajas concentraciones de fósforo total.

**Palabras clave:** Índice de calidad del agua; Grado de trofeo; Aguas amazónicas.

## 1. Introdução

Essencial para a existência da vida, a água tem sido um dos elementos naturais mais impactados negativamente pela ação antrópica, em decorrência de suas atividades em prol do desenvolvimento econômico de um lugar, região e/ou país. Estas ações alteram as características físico-químicas e biológicas da água, provocando danos à saúde humana e do ecossistema (Souto et al., 2019). Nesse sentido, a qualidade da água sofre alterações em seus

teores de nutrientes, temperatura, sedimentos, potencial hidrogeniônico (pH), toxinas não metálicas, metais pesados, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, entre muitos outros (Oliveira, et al., 2013).

A Agência Nacional de Águas (ANA), discrimina que em termos da perda de qualidade e quantidades de água, os ecossistemas de água doce estão entre os mais degradados do planeta (Agência Nacional de Águas, 2011). Em virtude de fatores ambientais que, possivelmente, se agravarão nos próximos anos, tais ecossistemas, como sabe-se, já sofreram perdas de espécies e de habitat em taxas bem superiores que outros ecossistemas terrestres ou marinhos.

A presença de um corpo d'água em uma determinada região, segundo Vasconcelos & Souza (2011) favorece a instalação de comunidades urbanas ou agrícolas, que dependem de recursos hídricos para fornecer água, energia elétrica, transporte, alimento, diversão, entre outros. Contudo, a falta de planejamento que coaduna os recursos hídricos tende à escassez do mineral, uma vez que, este bem natural vem sendo poluído pela própria população beneficiada.

A degradação da qualidade dos corpos hídricos está associada ao tipo de uso e ocupação do solo, a poluição das águas advém de diversas fontes, ou seja, de despejo de efluentes domésticos, industriais e agrícolas. Estas fontes possuem características próprias, como no caso dos esgotos domésticos que apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e agentes patogênicos (Pereira, 2014).

Segundo o mesmo autor, o lançamento de efluentes *in natura* em corpos d'água resulta em vários problemas socioambientais, principalmente, em impactos significativos sobre a biota aquática. A exemplo pode-se citar a matéria orgânica presente nos efluentes domésticos que ao entrar em um sistema aquático, favorece uma grande proliferação de bactérias aeróbicas aumentando o consumo de oxigênio dissolvido na água, podendo este reduzir-se a níveis muito baixos, até mesmo extinguir, gerando grande interferência à vida aquática, sejam em processos como a eutrofização, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, escassez de água de boa qualidade, o desequilíbrio ecológico, entre outros.

Von Sperling (2014) argumenta que para avaliar os impactos da poluição hídrica e eficácia de medidas de controle, faz-se necessário quantificar as cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água. Para tanto, são necessários levantamento de campo na área de estudo, amostragem de poluentes e análises laboratoriais, medição de vazões, dentre outros instrumentos de monitoramento do corpo receptor.

Os padrões de qualidade de água estão relacionados aos parâmetros capazes de refletir, de maneira direta ou indireta, a presença de certas substâncias ou microrganismos que podem comprometer sua qualidade, afetando sua estética ou solubilidade. Os padrões de qualidade exigem que a água não contenha elementos, cujos Valores Máximos Permitidos (VMP) estejam em desacordo com as legislações vigentes para cada tipo de uso, ou seja, águas que contenham microrganismos patogênicos ou substâncias químicas que representem concentrações tóxicas que sejam nocivas à saúde pelo seu uso (Pereira, 2014). Assim, a pesquisa objetivou obter o Índice do Estado Trófico (IET) em águas amazônicas e comparar os resultados de fósforo total e/ou clorofila *a* de acordo com o CONAMA 357/2005.

## 2. Metodologia

Esta pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira foi caracterizada através de atividade de campo na baía do Guajará, situada a oeste da cidade de Belém e prolonga-se ao norte até encontrar o estuário do Rio Pará e a Baía do Marajó. Pertence ao sistema estuarino do Rio Pará, no qual a interação entre correntes fluviais, marés e regime de ondas confere ao ambiente condições hidrodinâmicas de alta energia. A dinâmica das águas e as variações sazonais extremas são fatores importantes que influenciam na qualidade de suas águas. A margem esquerda da Baía do Guajará é constituída por numerosas ilhas e canais, sobressaindo-se as Ilhas das Onças, Jararaquinha, Jararaca, Mirim e Jutuba, enquanto que a margem direita corresponde à orla da cidade de Belém.

Ao longo dos anos com o crescimento populacional acelerado na capital paraense, passando de um pouco acima de 1 milhão de habitantes em 1990 para cerca de 2,5 milhões em 2017, impactou a qualidade dos recursos hídricos (IBGE, 2017). Apesar de não ter indústrias de grande porte, a cidade produz uma carga elevada de efluentes domésticos, resíduos sólidos e líquidos que são lançados diretamente ou não no sistema hidrográfico através de cerca de 30 km de canais naturais, formados por baías, rios, furos e igarapés. Esses canais deságuam no Rio Guamá e na Baía do Guajará, os quais constituem juntos, os principais corpos hídricos receptor da carga de poluentes produzidos pelas atividades industriais e domésticas da cidade (Santos, 2012).

Com isso, foram selecionados oito pontos de coletas na Baía de Guajará. A amostragem foi realizada durante o mês de abril de 2017, iniciando às 6:50 horas e finalizando às 9:42 horas. Elas foram coletas em maré seca e no período de chuvoso. A amostragem foi realizada de acordo com os protocolos de amostragem de corpos d'água,

padronizada pelo Standard Methods for Water and Wastewater (APHA, 2005). As amostras foram coletadas aproximadamente a 10-20 cm da superfície, em frascos de diferentes volumes, de polietileno, frascos de OD, frascos âmbar, frascos bacteriológicos, os quais foram devidamente lavados e esterilizados em autoclaves. Em campo, as garrafas foram acondicionadas com água do próprio corpo hídrico e colocadas em contra corrente ao fluxo da correnteza para coletar as amostras, e finalmente armazenado em caixas de isopor em refrigeração.

As concentrações das variáveis: temperatura, o pH, a condutividade e o OD foram determinadas *in situ* com a sonda Multiparamétrica portátil Gabinet USB/DC Buffers marca Hach modelo HQ040D, com as suas respectivas sondas. O armazenamento e acondicionamento das amostras seguiram metodologia estabelecida pela (CETESB, 2013), bem como pelas exigências estipuladas pelos laboratórios responsáveis pelas análises: Laboratório de hidrocarbonetos (LABOHI) do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará), Multianálises e CSL. Para isso, cada laboratório enviou seus recipientes devidamente etiquetados e preparados para o recebimento de suas respectivas amostras, as quais, posteriormente, foram depositadas em seus devidos frascos e volumes, acondicionadas em isopor e refrigeradas a 4°C, até posterior análise, as quais aconteceram dentro do prazo de validade. Os valores de DBO<sub>5</sub> foram obtidos pelo método de Incubação a 20° C por 5 dias (APHA-AWWA-WEF, 20Th method 5210 – B), com a determinação de O<sub>2</sub> realizadas, respectivamente, no primeiro e quinto dia baseado no método de Winkler. A turbidez foi determinada com turbidímetro (marca Quimis, modelo Q279P). O fósforo total e o Nitrogênio total foram determinados pelo método espectrofotométrico (APHA et al, 1998).

Os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico (CETESB, 1978). O método utilizado para analisar os valores de coliformes termotolerantes foi o da técnica de tubos múltiplos (APHA et al, 1998) e as determinações de clorofila-a foram feitas pelo método espectrofotométrico (APHA et al, 1998). Os coliformes termotolerantes foram determinados pelo método de Tubos Múltiplos de acordo com o estabelecido pelo Standard Methods for the Examination of Water & Wasterwater Method 9230 – B (APHA et al., 1995).

O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado, de acordo com a metodologia proposta por Lamparelli (2004), que foi uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por Carlson (1977), utilizado para climas temperados. As equações de cálculo para ambiente lóticos, córregos e rios, estão apresentadas a seguir:

$$\mathbf{IET (CL) = 10x (6-((-0,7-0,6x(\ln CL))/\ln 2))-20} \quad \mathbf{(1)}$$

$$\mathbf{IET (PT) = 10x (6-((0,42-0,36x (\ln PT))/\ln 2))-20} \quad \mathbf{(2)}$$

em que:

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

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

**ln:** logaritmo natural.

O resultado final do IET corresponde a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, conforme a equação 3:

$$\mathbf{IET = \underline{IET(CL)+IET(PT)} / 2} \quad \mathbf{(3)}$$

A partir desta fórmula, criou-se um aplicativo no *play store* para o cálculo do índice de Estado Trófico total e de cada parâmetro. Tal aplicativo está disponibilizado gratuitamente para Androides, diminuindo desta forma o tempo e aumentando a precisão na obtenção dos resultados.

Os limites dos diferentes níveis tróficos para os rios são: ultraoligotrófico ( $IET \leq 47$ ); oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ); mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ); eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ); supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ); hipereutrófico ( $IET > 67$ ) (Lamaparelli, 2004).

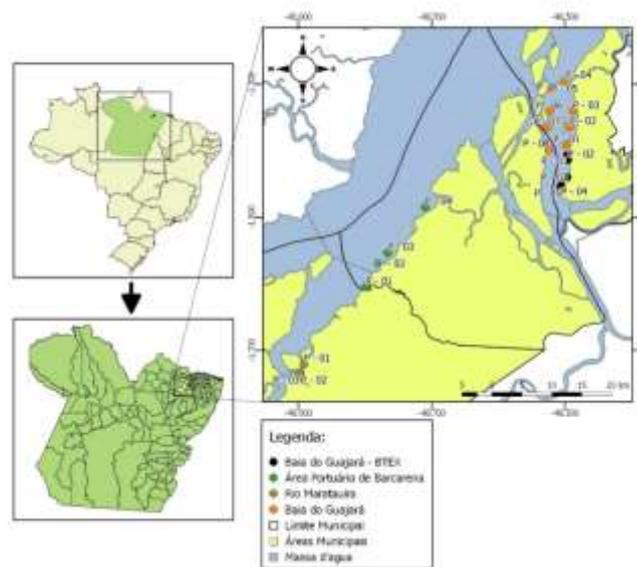
Para a construção dos aplicativos, para o cálculo de IET foram necessários à utilização de duas áreas: a primeira área destinada ao design, local apropriado para a formação da estética do aplicativo e, a segunda parte, voltada para a programação visual em bloco, plataforma MIT (MIT, 2018).

Para a segunda parte da pesquisa foram obtidos dados teóricos de trabalhos de Ribeiro et al., 2011; Ribeiro et al., 2014; e Piratoba et al., 2017. Foram feitas as determinações do IET como descrito anteriormente, em seguida comparou-se os resultados obtidos pelos limites definidos pela Resolução CONAMA 357/05 e avaliou-se as diferenças entre os resultados obtidos para as análises do IET.

## 2.1 Área de Estudo

A área de estudo desta etapa compreendeu corpos hídricos situados nos municípios de Barcarena, Belém e Abaetetuba, todos localizados no Estado do Pará, conforme Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de localização dos pontos de amostragem nas áreas em estudo.



Fonte: Autores, (2020).

### **Município de Barcarena**

Barcarena se localiza no estado do Pará, pertencente à região metropolitana de Belém, fazendo limite com os municípios de Acará, Moju, Abaetetuba e Belém. Sua área total é de 1.316,2 km<sup>2</sup>, tendo seu território dividido por pequenas ilhas, como exemplos a ilha das Onças, Ipiranga, Trambioca, Mucura, Arapari e outras (Carmo & Costa, 2016). A cidade possui as seguintes coordenadas geográficas: 01°30'24" de latitude Sul e 48°37'12" de longitude oeste de Greenwich. Sua economia se baseia principalmente em função do pólo industrial no setor de Alumínio, Caulim e Siderurgia, seguido das atividades agrícolas, extrativista e turística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010; Seicomtur, 2011).

### **Município de Belém**

Belém, é a capital do estado do Pará, está situada no norte do Brasil. Vizinho dos municípios de Ananindeua, Barcarena e Ponta de Pedras. Sua população em 2010 foi de 1.393.399 habitante e a população estimada para o ano de 2017 é de 1.452.275 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Apresenta as seguintes coordenadas: 1°27'18" S e 48°30'9" O.

## **Baía do Guajará**

Situada a oeste da capital, a baía do Guajará recebe águas do rio Guamá e Acará, localiza-se no município de Belém, capital do estado do Pará, situado a 1° 30' de latitude sul e 40°30' de longitude oeste GWr no ponto de encontro das influências marítimas da baía de Guajará e fluviais do rio Guamá (Ribeiro, 1992).

## **Lagos Bolonha e Água Preta**

Os lagos Água Preta e Bolonha são os principais mananciais responsáveis pelo abastecimento da Região Metropolitana de Belém (RMB), sendo composta ainda pelos municípios de Ananindeua, Santa Bárbara, Benevides e Marituba, atendendo aproximadamente 75% da população (Sodré, 2007). Tais mananciais pertencem ao Parque Estadual do Utinga.

O lago Bolonha apresenta uma área de 2.600.000 m<sup>3</sup> de água acumulada, possuindo duas nascentes com área equivalente de 1.790.000 m<sup>2</sup> e 7,60 m de profundidade máxima (Ribeiro, et al., 2011). E o lago Água Preta, que nasce no município de Ananindeua e atinge a capital paraense, possui uma área de aproximadamente 7,2 km<sup>2</sup> (Vasconcelos & Souza, 2011).

## **Município de Abaetetuba**

O município de Abaetetuba está situado na confluência do rio Tocantins com o rio Pará, cujas coordenadas geográficas são: 01°43'24" de latitude Sul e 48°52'54" de longitude Oeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007). Sua população para o ano de 2017 foi estimada em 153.380 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

## **3. Resultados e Discussão**

Segundo Bazanella (2015) o Índice de Estado Trófico (IET) é um indicador que busca classificar os corpos d'água segundo seu grau de trofia, ou seja, avalia a qualidade, disponibilidade e o efeito da adição de nutrientes presentes na água, os quais são os responsáveis pelo excessivo crescimento das algas ou de macrófitas no meio aquático.

De acordo com Lamparelli (2004) os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios são: ultraoligotrófico ( $IET \leq 47$ ); oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ); mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ); eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ); supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ); hipereutrófico ( $IET > 67$ ).

Com a aplicação da metodologia do cálculo do IET neste trabalho, obtivemos a classificação do corpo hídrico quanto ao IET (PT) e IET (CL). Para Von Sperling (2014), o cálculo do IET pode ser feito com apenas uma variável disponível, caso não houver resultado para fósforo total ou clorofila a, sem nenhuma limitação.

### 3.1. Lago Bolonha

Ribeiro et al. (2011) determinaram a qualidade da água dos principais mananciais de Belém através do Índice da Qualidade da Água (IQA). O trabalho foi realizado em um único ponto de amostragem do lago Bolonha, pois não foi possível a realização da coleta de água no lago Água Preta, devido à grande quantidade de macrófitas no local. Como resultados obtiveram IQA de qualidade “boa”.

A partir dos dados coletados, para alcançar os resultados do Índice do Estado Trófico (IET) seguiu-se a classificação proposta por Lamparelli (2004) e os padrões recomendados pelo CONAMA 357/05 para Fósforo Total obtidos de Ribeiro et al. (2011), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** - Resultados, interpretação de fósforo total conforme a resolução CONAMA 357/05 para “águas doce classe 2” e classificação de IET (PT) – Lago Bolonha.

Pontos	Fósforo Total* (mg/L)	Valor de IET	Classificação
P1	0,21	66,86	Supereutrófico
VMP**	0,030 mg/L		

Nota: (\*) Variável de Fósforo Total obtidos de Ribeiro et al., 2011.

Nota: (\*\*) Padrão Resolução CONAMA N° 357/2005 Águas Doces, classe 2 para ambientes lênticos.

Fonte: Ribeiro et al., (2011).

O fluxo de água em ambiente “lêntico”, que é o caso do Lago Bolonha, favorece maiores teores de fósforo total e clorofila a resultando assim, no processo de eutrofização. (Ribeiro, et al., 2011). Através do Índice de Qualidade da água – IQA a qualidade de água no ponto de amostragens como “Boa”. Entretanto como pode ser observado na Tabela 1, este mesmo ponto foi classificado como “Supereutrófico” através do Índice do Estado Trófico –

IET. Para Von Sperling (2014), o fósforo é um elemento de grande importância para o crescimento de algas, porém em concentrações elevadas nos lagos e represas o crescimento desses organismos pode aumentar, dando origem ao processo de eutrofização. Por essa razão, tal classificação foi consequência da quantidade de fósforo total (0,21 mg/L) obtidos de Ribeiro et al. (2011) que se apresentou fora do padrão estabelecido pelo CONAMA 357/05.

### 3.2. Rio Maratauíra

Ribeiro et al. (2014), avaliaram a qualidade das águas superficiais do rio Maratauíra, localizado no município de Abaetetuba, estado do Pará. Foram realizadas coletas de águas sazonais em três pontos amostrais onde concluíram que para que a água do rio Maratauíra possa ser usada para o consumo humano, seria necessário passar por um processo de tratamento convencional. Nessa mesma campanha foram coletadas a variável clorofila *a* e fósforo total que é o objeto deste trabalho para quantificar o Índice do Estado Trófico (IET).

Neste sentido, para o Rio Maratauíra, os resultados do Índice do Estado Trófico (IET) acompanharam a classificação proposta por Lamparelli (2004) e os padrões recomendados pelo CONAMA 357/05 para Fósforo Total e Clorofila *a* obtidos de Ribeiro et al. (2014), conforme Tabela 2.

**Tabela 2** - Resultados, interpretação de fósforo total e clorofila *a* conforme a resolução CONAMA 357/05 para “águas doce classe 2” e classificação de IET (PT) + IET (CL) – Rio Maratauíra

Pontos	Fósforo Total* (mg/L)	Clorofila <i>a</i> * (µg/L)	Valor de IET	Classificação
P1	0,56	0,12	49,28	Oligotrófico
P2	0,05	0,09	41,76	Ultraoligotrófico
P3	0,13	0,08	43,73	Ultraoligotrófico
<b>VMP**</b>	0,10 mg/L	30 µg/L		

Nota: (\*) Variáveis de Fósforo Total e Clorofila *a* obtidos de Ribeiro et al., 2014.

Nota: (\*\*) Padrão Resolução CONAMA N° 357/2005 Águas Doces, classe 2 para ambientes lóticos.

Fonte: Ribeiro et al., (2014).

Como pode ser observado na Tabela 2, o grau de trofia do rio Maratauíra apresentou-se nos dois últimos pontos (P2 e P3) a classificação “Ultraoligotrófico”. Porém, observou-se no primeiro ponto (P1) o estado “Oligotrófico”. Classificação essa que pode ser justificada

pelo fato do ponto P1 (Figura 1) está localizado em frente ao Mercado de Peixe Municipal e próximo a orla da cidade. Entretanto, ambos pontos apresentam classificação de médio níveis de eutrofização, pois apresentaram baixos níveis de nutrientes no recurso hídrico estudado.

Através dos dados fornecidos de Ribeiro et al. (2014) observou-se na Tabela 2, que todos os pontos de amostragens para Clorofila *a* estiveram em conformidade com o limite estabelecido pelo CONAMA 357/05. Entretanto, o valor do P1 (0,56 mg/L) e P3 (0,13 mg/L) apresentaram-se acima do limite permitido para fósforo total.

### 3.3. Baía do Guajará (Ribeiro et al., 2014)

Ribeiro et al. (2014), analisaram os Níveis de Compostos Orgânicos Derivados de Petróleo (BTEX) no entorno da zona portuária de Belém, estado do Pará, com objetivo de monitoramento da qualidade da água juntamente com a legislação vigente, Portaria 518/2004 e a Resolução 357/2005 do CONAMA. Os pontos de amostragens se deram a partir de observação *in loco* em cinco pontos amostrais dos eventuais pontos de riscos de contaminação por BTEX nas cercanias de portos e do terminal de Miramar. O trabalho foi desenvolvido durante o mês de dezembro de 2010. Os resultados revelaram que os níveis de BTEX não apresentaram quantidades significativas na água da baía do Guajará.

Os resultados do Índice do Estado Trófico (IET) seguindo a classificação proposta por Lamparelli (2004) e os padrões recomendados pelo CONAMA 357/05 para Fósforo Total obtidos de Ribeiro et al. (2014) desdobraram-se, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Resultados, interpretação de fósforo total conforme a resolução CONAMA 357/05 para “águas doce classe 2” e classificação de IET (PT) – baía do Guajará.

Pontos	Fósforo Total * (mg/L)	Valor de IET	Classificação
P1	0,35	64,37	Supereutrófico
P2	0,31	63,73	Supereutrófico
P3	0,29	63,39	Supereutrófico
P4	0,18	60,91	Eutrófico
P5	0,15	59,96	Eutrófico
LMP**	0,10 mg/L		

Nota: (\*) Variável de Fósforo Total obtidos de Ribeiro et al., 2014.

Nota: (\*\*) Padrão Resolução CONAMA N° 357/2005 Águas Doces, classe 2 para ambientes lóticos.

Fonte: Ribeiro et al., (2014).

Na Tabela 3 observou-se que os valores de IET variaram de “supereutrófico” (P1, P2 e P3) a “Eutrófico” (P4 e P5). Tal variação de classificação pode estar relacionado com a influência antrópica, pois trata de uma área urbanizada e atrelada com a falta de saneamento em alguns pontos da cidade. Observa-se na Figura 1 que os pontos de amostragens estão localizados as margens direita da baía do Guajará que acaba sofrendo com os poluentes liberados pelas atividades urbanas.

Observou - se também que os valores de fósforo total, avaliados nas águas da baía do Guajará de Ribeiro et al. (2014) indicam que todos os pontos de coleta estão em desacordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA para água doce de classe 2.

### 3.4. Baía do Guajará (Atividade de campo)

Os resultados aqui analisados mostraram uma variação de classificação do IET de “ultraoligotrófico” a “supereutrófico” conforme pode ser observado na tabela 4.

Os resultados do Índice do Estado Trófico (IET) seguindo a classificação proposta por Lamparelli (2004) e os padrões recomendados pelo CONAMA 357/05 para Fósforo Total, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4** - Resultados, interpretação de fósforo total conforme a resolução CONAMA 357/05 para “águas doce classe 2” e classificação de IET (PT) – baía do Guajará.

Pontos	Fósforo Total (mg/L)	Valor de IET	Classificação
<b>P1</b>	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
<b>P2</b>	0,12	58,81	Mesotrófico
<b>P3</b>	0,10	57,86	Mesotrófico
<b>P4</b>	0,03	51,61	Oligotrófico
<b>P5</b>	0,17	60,61	Eutrófico
<b>P6</b>	0,08	56,70	Mesotrófico
<b>P7</b>	0,12	58,81	Mesotrófico
<b>P8</b>	0,30	63,56	Supereutrófico
<b>LMP*</b>	0,10 mg/L		

Nota: (\*) Padrão Resolução CONAMA N° 357/2005 Águas Doces, classe 2 para ambientes lóticos.  
Fonte: Autores (2017).

Observa - se na Tabela 4 que o parâmetro de fósforo total nos pontos P2, P5, P7 e P8 apresentaram-se fora do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05.

Há a predominância do estado “Eutrófico” no ponto P5 (próximo à ilha de Paquetá) e “Supereutrófico” no ponto P8 (localizada a ilha das Onças). Podemos associar tais pontos com os maiores valores de fósforo total, tal classificação é consequência das alterações de fósforo total, pois sabe-se que as ilhas não possuem uma infraestrutura satisfatória de saneamento básico.

### **3.5. Área Portuária de Barcarena**

Na área portuária de Barcarena, município paraense, realizaram a caracterização de parâmetros de qualidade da água considerando quatro pontos amostrais. Foram realizadas duas campanhas, alternando o período menos chuvoso (dezembro de 2011) e o período mais chuvoso (junho de 2012), cada uma por um período de 12 horas e intervalos de 90 minutos. Apresentando temperatura máxima de 33°C e a mínima de 22, 8° C. No estudo foram realizados o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB). Os resultados demonstraram que as amostras de águas apresentaram IQA de qualidade “ótima” e “boa”. Nessa mesma campanha foram coletados a variável de fósforo total que é o objeto deste trabalho para quantificar o Índice do Estado Trófico (IET).

Com base nos dados acerca do fósforo total obtidos de Piratoba et al. (2017), os resultados do Índice do Estado Trófico (IET) seguindo a classificação proposta por Lamparelli (2004) e os padrões recomendados pelo CONAMA 357/05 apresentaram-se na Tabela 5.

**Tabela 5** - Resultados, interpretação de fósforo total conforme a resolução CONAMA 357/05 para “águas doce classe 2” e classificação de IET (PT) - área portuária de Barcarena.

Período	Pontos	Fósforo Total* (mg/L)	Valor do IET	Classificação
PC	P1	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P2	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P3	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P4	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
PMC	P1	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P2	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P3	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
	P4	0,01	45,90	Ultraoligotrófico
<b>LMP**</b>		0,10 mg/L		

Nota: (\*) Variável de Fósforo Total obtidos de Piratoba et al., 2017.

Nota: (\*\*) Padrão Resolução CONAMA N° 357/2005 Águas Doces, classe 2 para ambientes lóticos.

Fonte: Piratoba et al., (2017).

Observa-se na Tabela 5, que todos os pontos de amostragens obtiveram a classificação “Ultraoligotrófico”. Indicando assim, que a área de estudo apresenta um baixo grau de trofia. Lamparelli (2004) cita que os corpos d’água que obtiverem a classificação de IET “Ultraoligotrófico” apresentam concentrações de nutrientes insignificantes, não ocasionando prejuízos aos usos da água. O rio Pará apresenta grande capacidade de diluição de seus poluentes, devido o mesmo sofrer influência direta da maré oceânica (Piratoba, et al., 2017). Fato este que pode estar relacionado com a sua classificação.

Os dados obtidos para variável de fósforo total de Piratoba et al., (2017), apresentaram valores menores que 0,10 mg/L para todos os pontos de coleta.

#### 4. Conclusões

Nos dois trabalhos realizados na baía do Guajará foram observadas variações de IET, relacionando assim o uso e ocupação do solo próximo aos pontos de amostragens, onde foi possível observar a interferência urbana no recurso hídrico. No trabalho de Ribeiro et al. (2014) a classificação de IET nos três primeiros pontos foram “Supereutrófico” e “Eutrófico” nos dois últimos pontos. Já os valores de fósforo total para todos os pontos de amostragens apresentaram valores acima do limite permitido pelo CONAMA 357/05. No trabalho de campo deste estudo, foi observado que os pontos de amostragens apresentaram maiores classificação de IET, ou seja, o P5 foi considerado (Eutrófico) e o P8 (Supereutrófico),

consequentemente, estes mesmos pontos apresentaram os maiores valores de fósforo total acima do permitido pelo CONAMA 357/05.

O rio Para, área portuária de Barcarena, apresentou baixo grau de trofia “ultraoligotrófico”, graças a sua intensa hidrodinâmica. Tal classificação é devido o rio Pará apresentar uma boa capacidade de autodepuração uma vez que o IET não excedeu o limite de 47. Os valores de fósforo total dos pontos de coleta estão dentro do padrão de qualidade para águas doces classe 2.

No rio Maratauíra, houve predominância de classificação “Ultraoligotófico”, porém, no ponto um (P1) sua classificação foi de “Oligotrófico” devido ser localizada na área urbanizada da cidade. A variável de clorofila *a* nos pontos de amostragens estão dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA 357/05, no entanto, os pontos P1 e P3 para fosforo total não estão em conformidade com a legislação citada.

O lago Bolonha no ponto de amostragem foi classificado como “Supereutrófico”, indicando que esse corpo hídrico possuem uma intensa atividade antrópica em decorrência da floração de algas no lago. A variável de fósforo total apresentou valor de 0,21 mg/L. O valor máximo permitido pelo CONAMA 357/05 é de 0,030 mg/L para ambientes lóticos.

Para futuros trabalhos envolvendo índices de qualidade de água, sugere-se uma maior acurácia tanto na qualidade quanto na quantidade de pontos de amostragem de forma a avaliar se tais índices são adequados para predizer a qualidade deste recurso. No que concerne à comunicação de informações de qualidade de água, sugere-se que órgãos responsáveis apliquem este método na compilação e divulgação de tais dados. Informações de qualidade de água são preciosas para aqueles que diretamente utilizam águas de corpos hídricos intensamente pressionados – ribeirinhos, pescadores, banhistas, indústrias, etc. Sugere-se, ainda, que sejam construídos mapas informativos e que estes mapas sirvam como instrumentos de gestão e auxílio à tomada de decisões de instituições públicas e privadas – especialmente aquelas que não com corpo técnico especializado para a interpretação de dados de qualidade de água.

## Referências

Agência Nacional de Águas. (2011). *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília, DF.

Bazanella, C. E. (2015). *Monitoramento do índice de estado trófico do lago do centro universitário Univates – Lajeado /RS*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Univates, Lajeado.

Carmo, M. B. S & Costa, S. M. F. (2016). Os paradoxos entre urbanos no município de Barcarena, Pará. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 8(3), 291-305. Acesso em 20 março, em <http://www.scielo.br/pdf/urbe/v8n3/2175-3369-urbe-2175-3369008003AO01.pdf>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2007). Acesso em 19 novembro, em [www. ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2017). *Estimativa populacional*. Acesso em 19 novembro, em [www. ibge.gov.br](http://www. ibge.gov.br).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2010). Acesso em 19 novembro, em [www. ibge.gov.br](http://www. ibge.gov.br).

Lamparelli, M. C. (2004). *Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. (2017). Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo. Acesso em 15 junho, em [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006.../TeseLamparelli2004.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006.../TeseLamparelli2004.pdf)

Oliviera, C. A., Barcelo, W. F. & Peixoto, J. S. G. (2013). *Análise da qualidade de água do Córrego dos Cesários Anápolis/GO*. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 9(2), 166-179.

Pereira A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1). Acesso em: 12 ago 2020.

Pereira, R. S. (2014). Poluição hídrica: causas e consequências. *Revista eletrônica Recursos Hídricos*. IPH-UFRG. 1(1), 20-36.

Piratoba, A. R. A., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P. & Gonçalves, W. G. (2017). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. doi:10.4136/ambi-agua.1910. *Rev. Ambient. Água*. vol. 12(3) Taubaté, May / Jun.

*Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, (53), 58-63.

Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., Barbosa, K. S. & Vera, M. A. P. (2014). Avaliação preliminar da qualidade das águas superficiais do rio Maratauíra do município de Abaetetuba – Pa. *Rev. Enciclopédia Biosfera*. 10(19), 377-387.

Ribeiro, H.M.C., Cruz, L.D.F., Picanço, A.R.S., Falcao, E.H.O.; Ladeira, T.S. & Morales, G.P. (2011). *Determinação da Qualidade Ambiental das Águas dos Mananciais de Abastecimento da Cidade de Belém-Pará-Brasil*. In: XIV World Water Congress, 2011, Recife. XIV World Water Congress.

Ribeiro, H. M.C., Cruz, L.D.F., Picanço, A.R.S. & Morales, G.P. (2014). Avaliação de recursos hídricos a partir de indicadores de qualidade de água e níveis de btrx na região portuária de Belém. *Rev. Sodebras*. 9(101), 4-8.

Ribeiro, H.M.C. (1992). *Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga (Belém – PA)*. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém.

Secretaria de indústria, comércio e turismo - Seicomtur. (2011). Inventário da Oferta Turística de Barcarena (PA). Barcarena: SEICOMTUR. Recuperado de [http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario\\_barcarena2011final\\_2.pdf](http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_barcarena2011final_2.pdf).

Sodré, S. S. V. (2007). *Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta mananciais de Belém-Pará*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa, Belém.

Souto, C. K. B.; Teles, A. I. L.; Andrade, A. A.; Xavier, B. V. M. P.; Torres, E. E. S. A.; Dias, E. C.; Silva, G. P. C.; Barros, K. C.; Souza, L. P.; Prata, L. K. F. (2019). Fatores antrópicos de poluição hídrica na bacia do tucunduba em Belém-PA. *Brazilian Journal Of Development*, v. 5, n. 9, p. 13824-13834, 2019. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n9-014>.

Vasconcelos, V. M. M. & Souza, C. F. (2011). Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2).

Von Sperling, M. (2014). *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. DESA/UFMG Belo Horizonte-MG, volume 7.

Von Sperling, M. (2014). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. (4a. ed.). Belo Horizonte, V.1, Editora UFMG.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Hebe Morganne Campos Ribeiro – 30%

Shirleny Pereira Campos – 25%

Carla Renata de Oliveira Carneiro – 20%

Gysele Maria Morais Costa – 15%

Danielle Nazaré Salgado Mamede Pantoja – 10%