



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

INVESTIGAÇÃO DA CONDIÇÃO TRÓFICA DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA BOLONHA

* Izabelle Ferreira de Oliveira¹
Luiza Carla Girard Mendes Teixeira¹
Neyson Martins Mendonça¹

INVESTIGATION OF THE TROPICAL CONDITION OF THE BOLONHA WATER SUPPLY RESERVOIR

Recibido el 25 de octubre de 2018; Aceptado el 12 de enero de 2021

Abstract

The problems related to water quality involve a very broad spectrum in the determination of human activities that have been causing a series of impacts on the quality of this element, with emphasis on the water eutrophication. Due to the excessive supply of nutrients mainly from agricultural activities of the discharge of effluents, changes in the water regime, pollution by heavy metals and pesticides. This study focused on water monitoring in order to evaluate the Trophic State Index of the Bologna reservoir in the municipality of Belém-PA, based on the quantification of the variables total phosphorus and transparency over the rainy and less rainy period, which allowed the classification of the Bologna reservoir as an eutrophic environment, both in the rainy and less rainy periods of the year 2017.

Keywords: Bolonha, phosphor, Trophic State Index.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém, Brasil.

* *Autor correspondiente:* Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (LAESA), Universidad Federal de Pará. Augusto Corrêa, 01, Guamá, Campus Belém. Belém, Pará, Brasil. CEP 66075-110. E-mail: iza_belemm@hotmail.com

Resumo

Os problemas relativos à qualidade da água envolvem um espectro bastante amplo na determinação das atividades humanas que vêm ocasionando uma série de impactos à qualidade deste elemento, com destaque para a eutrofização das águas. Devido ao aporte excessivo de nutrientes provenientes principalmente de atividades agropecuárias do despejo de efluentes, das alterações no regime hídrico, da poluição por metais pesados e de agrotóxicos. Este estudo concentrou-se no monitoramento de água como objetivo avaliar o Índice Estado Trófico do reservatório Bolonha no município de Belém-PA, a partir da quantificação das variáveis fósforo total e transparência ao longo do período chuvoso e menos chuvoso, o que permitiu a classificação do reservatório Bolonha como um ambiente eutrófico, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso do ano de 2017.

Palavras chave: Bolonha, fósforo, Índice de estado trófico.

Introdução

Há diversas formas de se monitorar um manancial e para isso diversos parâmetros podem ser utilizados para avaliar a qualidade da água, um indicador da qualidade da água e eutrofização (Esteves,1998). De acordo com Esteves (1998) a eutrofização representa o aumento da concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio aos corpos hídricos, que favorecem a floração exacerbada de organismos fotossintéticos, elevando assim a produtividade do meio e acarretando na redução da qualidade da água. Segundo Mota (2006) a eutrofização pode levar a alteração no sabor, no odor, na turbidez, na cor e a redução do oxigênio dissolvido provocando a mortandade dos peixes principalmente em corpos lânticos.

Dentre as formas para se ter conhecimento sobre o grau de trófia existente em um determinado ecossistema, tem-se a determinação do Índice de Estado Trófico (IET), que foi desenvolvido por Carlson em 1977 para ambientes de clima temperado (Fia *et al.*,2009). Para mensuração do grau de trófia em ambientes aquáticos de clima tropical, Toledo Jr, no ano de 1983, adaptou o índice proposto por Carlson voltando para ambientes lânticos, e em 2004 Lamparelli modificou o índice para ser aplicado para ambientes lóticos (Fia *et al.*, 2009). Determinar o IET é de fundamental importância para avalia à qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (Silveira, 2011).

Os problemas relativos à qualidade da água envolvem um espectro bastante amplo na determinação das atividades humanas que vêm ocasionando uma série de impactos à qualidade deste elemento, com destaque para a eutrofização das águas devido ao aporte excessivo de nutrientes provenientes principalmente de atividades agropecuárias (Monteagudo *et al.*, 2012; Pedrazzi *et al.*, 2013; Smith *et al.*, 2013); do despejo de efluentes (Thevenon *et al.*, 2011; Lawal *et al.*, 2013); das alterações no regime hídrico (Costigan e Daniels, 2012); da poluição por metais pesados (Thevenon *et al.*, 2011; Medeiros *et al.*, 2013); e de agrotóxicos (Moreira *et al.*, 2012). Todas essas ações antropogênicas geram impactos que se agravam, em decorrência do efeito acumulativo gerado pelo crescimento populacional desordenado e pela falta de planejamento

nas cidades, tornando-se constante ameaça aos mananciais de abastecimento (Beghelhi et al., 2015).

Na Região Metropolitana de Belém-PA Brasil, os reservatórios Água Preta e Bolonha são os principais mananciais de abastecimento de águas superficiais (Silva,2010). Encontram-se dentro da Área de Proteção Ambiental do Parque Estadual do Utinga. Ao longo dos anos o crescimento desordenado ao redor do parque vem influenciando diretamente na qualidade da água dos reservatórios. A verificável falta de infraestrutura, de serviços de coleta, de transporte e de tratamento de esgotos ocasionaram o lançamento inadequado de resíduos nos reservatório. Com o descarte, verificou-se a deterioração da qualidade da água de ambos os reservatórios, devido ao excesso de nutrientes como nitrogênio e fósforo, resultando no processo de eutrofização dos reservatórios (Silva, 2010).

Nesse sentido, esta pesquisa propõe o monitoramento do reservatório Bolonha, com foco na obtenção do IET ao longo do período chuvoso e menos chuvoso do ano 2017, para assim identificar em qual período a eutrofização é mais elevada e quais são os fatores que contribuem para o seu aumento.

Materiais e métodos

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no reservatório de abastecimento de água do Bolonha, situado no Parque Estadual do Utinga (PEUT), que fica na Avenida João Paulo II, s/n - Curió Utinga, no município de Belém-PA, Brasil. Na Figura 1 é apresentada a localização geográfica do reservatório Bolonha.

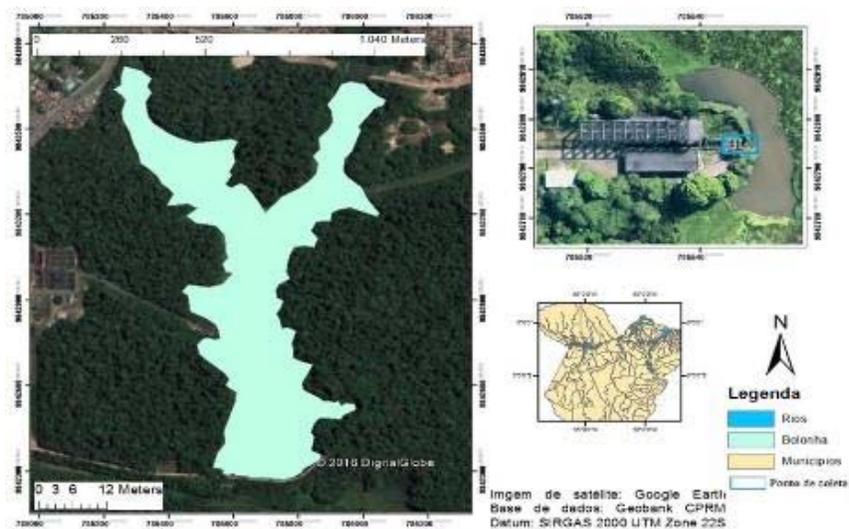


Figura 1. Mapa de Localização geográfica do reservatório Bolonha-Belém-PA.

O reservatório Bolonha apresenta forma alongada, aproximadamente 577.127 m² de área e 1,954. 000 m³ de volume d'água. Sua profundidade máxima está em torno de 7,64 m (Sodré, 2007).

Coleta

A coleta e análise das amostras foram realizadas entre os meses de abril e junho no ano de 2017, compreendendo os períodos chuvoso e menos chuvoso. As coletas foram feitas em um intervalo de quinze (15) minutos, abrangendo o período de 08:00 h às 17:00h.

Foram realizadas no total oito (08) campanhas, divididas em quatro (04) campanhas referentes ao período chuvoso e quatro (04) para o período menos chuvoso. O monitoramento ocorreu no período de nove (09) horas compreendendo trinta e seis (36) coletas diárias. A amostragem para determinação das variáveis físico-químicas no ponto de coleta foi do tipo simples, por meio da técnica de imersão do frasco numa profundidade máxima de 30 cm da coluna d'água (Cetesb, 2010).

Enguadramento para obtenção de IET

Para a classificação dos IET's, foram adotadas as metodologias propostas por Carlson (1977) e Toledo Jr. et al. (1983), de acordo com as equações, 1, 2, 3 e Quadro 1.

$$IET (PT)=14.42 \times \ln (PT)+4.15$$

Equação (1)

$$IET (DS)=60-14.41 \ln (DS)$$

Equação (2)

$$IET (PT)= 14.43 \times \ln (PT) - 3.28$$

Equação (3)

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida na superfície da água (µg/L).

DS: Profundidade do disco de secchi (m)

Quadro 1. Equivalência do IET para as medidas das variáveis de PT, e transparência em reservatórios segundo Carlson (1977) e Toledo Jr. et al. (1983).

	Estado trófico	IET Total	Fósforo Total (µg.L ⁻¹)	Clorofila "a" (µg.L ⁻¹)	Transparência (m)
Carlson (1977)	Oligotrófico	≤ 40	≤ 12	<2.6	>4.0
	Mesotrófico	40 < IET ≤ 55	≤ 12 < FT ≤ 18	≤ 2,6 < CL ≤ 12.75	≤ 4.0 < S ≤ 1.5
	Eutrófico	IET > 55	> 18	> 12.75	< 1.5
Toledo Jr(1983)	Ultraoligotrófico	IET ≤ 24	≤ 6.0	≤ 0.51	≥ 7.8
	Oligotrófico	24 < IET ≤ 44	7.0 a 26	0.52 – 3.81	7.7 – 2.0
	Mesotrófico	44 < IET ≤ 54	27 a 52	3.82 – 10.34	1.9 – 1.0
	Eutrófico	54 < IET ≤ 74	53 a 211	10.35 – 76.06	0.9 – 0.3
	Hipereutrófico	IET > 74	> 211	> 76.06	< 0.3

A classificação da água do reservatório Bolonha deu-se por meio da determinação do grau de trófia utilizando o IET de Carlson (1977) e também o método de Toledo Jr (1983) para IET-DS e IET-P o que permitiu classificar o reservatório Bolonha em diferentes graus de trófia.

Avaliação da sazonalidade climática de Belém-PA.

Para efeito de comparação das variáveis nos diferentes períodos chuvoso e menos chuvoso, considerou-se a sazonalidade do município de Belém, conforme descrito por Menezes (2013), onde o período menos chuvoso contempla os meses de junho a novembro e o período chuvoso, os meses de dezembro a maio. A Figura 2 mostra esse mesmo comportamento para o ano de 2017 (período de realização da pesquisa).

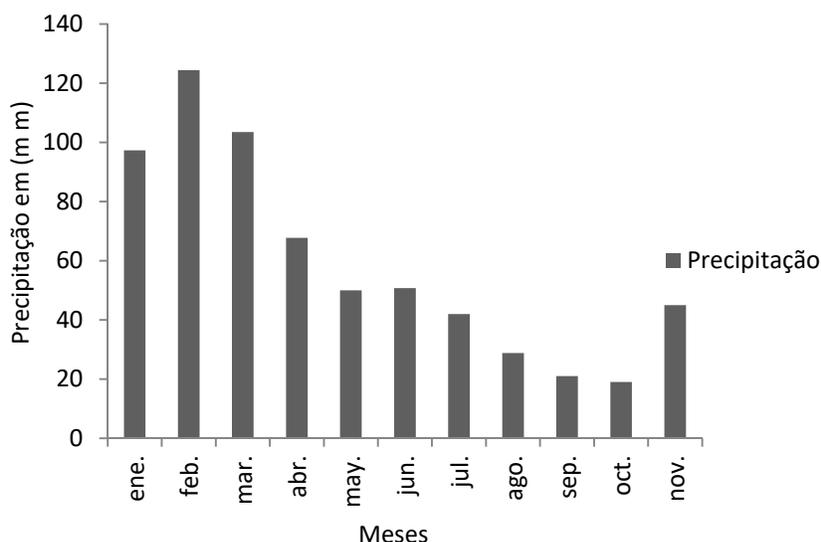


Figura 2: Hidrograma dos níveis de precipitação de Belém-PA

Tucci (2004) afirma que a precipitação pode influenciar os diversos parâmetros de qualidade da água, em reservatório na evolução ou diminuição da poluição da água. Por esse motivo, a diferenciação quanto à sazonalidade climática da região da grande Belém foi levada em consideração, uma vez que, as alterações no decorrer do ano podem imprimir modificações na qualidade da água.

Tratamento estatístico

O presente trabalho aplicou a estatística descritiva e analítica nos dados obtidos em campo e laboratório. Essas ferramentas são de fundamental importância para explicar o que de fato representam os resultados das variáveis, e se elas sofrem grandes mudanças nos períodos chuvoso e menos chuvoso do reservatório Bolonha.

Na estatística descritiva, foram determinados, os valores médios, máximos, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação. Na estatística analítica foi aplicado o teste de hipótese para avaliar a qualidade da água do reservatório Bolonha nos períodos chuvoso e menos chuvoso.

As análises das séries temporais foram realizadas conjuntamente nos dois períodos (chuvoso e menos chuvoso) para os dados obtidos para IET's, com avaliação individual para cada período.

Foram utilizados gráficos de controle para analisar as tendências e padrões das formas de fósforo presente na água, além de monitorar o IET, e indicando sua faixa de variação para o reservatório Bolonha ao longo do tempo.

Foram utilizadas algumas ferramentas estatísticas, como o software Minitab 17 para a aplicação da estatística descritiva, e para as análises multivariada e construção dos gráficos.

Resultados e discussões

Os IET's calculados para a água superficial do reservatório Bolonha estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva para os dados IET para período chuvoso e menos chuvoso

Período chuvoso_2017							
Media Geral	PT	DS	IET-P _C	IET-P _T	IET-DS	IET-Médio	Nível de trófia
	(µg/L)	(m)					mg P/L
N	144	144	144	144	144	144	144
MÁXIMO	1445	2	102	109	64	85	4.3
MÉDIA	241	1	74	81	58	70	0.50
MÍNIMO	41	1	50	58	53	58	0.1
DP	199.6	0.2	6.7	6.7	2.1	3.4	0.4
CV (%)	829	146	90	82	35	48	824.8
Período menos chuvoso_2017							
Media Geral	PT	DS	IET-P _C	IET-P _T	IET-DS	IET-Médio	Nível de trófia
	(µg/L)	(m)					mg P/L
N	144	144	144	144	144	144	144
MÁXIMO	1513	1	102	76	64	67	26.3
MÉDIA	332	1	76	62	59	56	1.0
MÍNIMO	24	1	43	4	56	22	0.1
DP	232	0	13	14	2	13	2.5
CV (%)	697	104	170	220	27	233	2577.3

Através dos hidrogramas na Figura 3 pode-se observar o comportamento temporal do IET no reservatório Bolonha durante o período chuvoso e menos chuvoso. Quanto ao desvio padrão, os valores obtidos mostram-se mais elevados no período menos chuvoso, onde teve seu estado trófico oscilando de eutrófico e hipereutrófico. Já o enquadramento do período chuvoso, também é eutrófico e hipereutrófico.

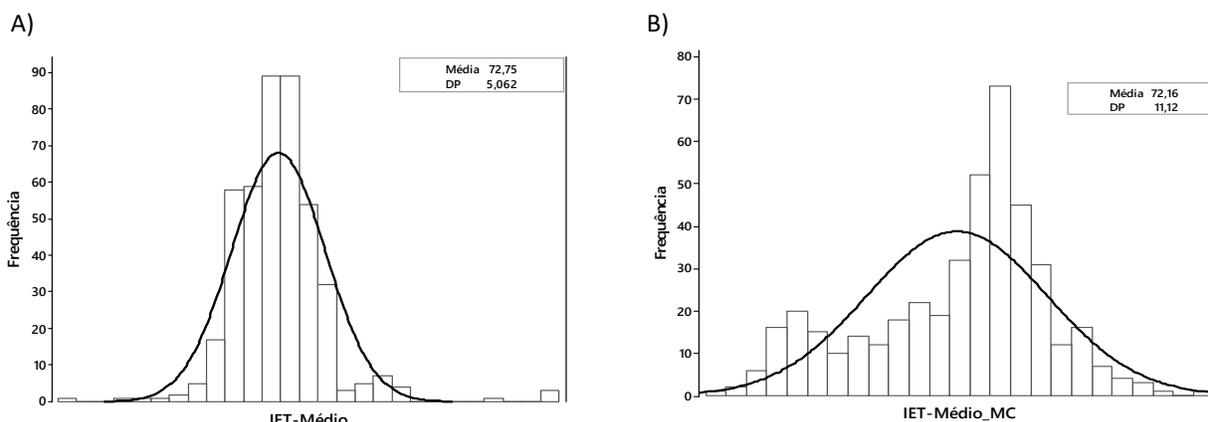


Figura 3. Hidrograma médio do IET para o a) período chuvoso e b) menos chuvoso.

O enquadramento do reservatório Bolonha se deu da seguinte forma: no período chuvoso 72% dos dados determinados foram eutróficos e 28% hipereutrófico; e no período menos chuvoso 41% dos dados se enquadram como hipereutrófico e 59% eutrófico. O IET médio obteve uma variação de 70 para o período chuvoso e 56 para o menos chuvoso. Os resultados das médias do IET permitiram classificar o reservatório Bolonha como um ambiente eutrófico, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso.

O IET-PTT permitiu classificar o reservatório Bolonha como um ambiente que oscila entre hipereutrófico e eutrófico. Para período chuvoso o valor foi de 81, e para o período menos chuvoso o valor detectado foi de 62. Já a classificação do IET-PTC para o período chuvoso, foi de 74 e para o período menos chuvoso o valor foi de 76, classificando o reservatório como eutrófico para ambos os períodos.

Para o período chuvoso o IET classificou as águas do reservatório como eutrófico e hipereutrófico. Este resultado pode ser influenciado por existir um maior carreamento de sedimentos para o reservatório neste período. Para o período menos chuvoso, o IET classificou o reservatório como eutrófico, podendo ser verificado que o reservatório passa por um elevado enriquecimento de nutrientes, uma vez que para todos os campos a classe eutrófica aparece.

Essa mesma classificação foi obtida por Santos et al. (2014) para o reservatório Água Preta, enquadrando-se como eutrófico; o menor valor encontrado foi de 54.95, em abril e o maior valor foi de 62.25 em junho. Em semelhante situação, Gonçalves et al. (2015) classificaram os reservatórios Água Preta e Bolonha como hipereutrófico.

Esta classificação indica que as águas do reservatório estão passando para uma produção de nutrientes elevada, podendo vir a causar possíveis implicações para a qualidade da água.

Vale ressaltar que estudo desenvolvido Gonçalves et al. (2015) mostra que a bacia hidrográfica dos reservatórios Bolonha e Água Preta possui uma área urbana que somada à área desmatada equivale a 43% da área total da bacia, isso expõe que a microbacia hidrográfica tem sofrido grande pressão antrópica.

O reservatório Bolonha é margeado em grande parte por uma vegetação com árvores de grande e médio porte características da região amazônica, porém como o reservatório está inserido na região metropolitana de Belém, sofre com a retirada da cobertura vegetal e ocupação residencial, a qual aumenta o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos e despejo de resíduos por parte das comunidades residentes nas proximidades do reservatório Bolonha respectivamente, o que contribuindo para aceleração do processo de eutrofização (ARAÚJO, 2015).

Na região semiárida, a alteração nos valores de IET-P é facilmente detectável em virtude das condições climáticas. No período de estiagem há, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes; essa condição é propícia à penetração de luz na água. É comum observar que um incremento do processo após o período chuvoso se mostra menos intenso.

Farage et al. (2010), Freitas et al. (2011), Mendonça Jr. (2014) e Paiva et al. (2016) encontraram níveis de IET semelhantes e/ou superiores ao encontrado nesta pesquisa, com variações entre 35 a 80, permanecendo entre as faixas de classificação eutrófico e hipereutrófico.

Quanto aos valores obtidos para o IET-DS, os mesmos apresentaram-se homogêneos. Para o período chuvoso encontrou-se valor de 58 e no período menos chuvoso o valor foi de 59, classificando o ambiente como eutrófico.

Ribeiro Filho et al. (2011) estabelecem que a transparência da água influencia fortemente o estado trófico do habitat aquático, a penetração da luz determina o desenvolvimento de fitoplâncton e, como consequência, tem-se um enriquecimento no reservatório.

O controle de nutrientes em lagos e reservatórios necessitam de uso de boas práticas de manejo e uso dos solos da bacia, para obter redução de carga de nutrientes através do tratamento dos efluentes industriais e domésticos (Salas Martino, 1991).

Em São Paulo, verificou-se no reservatório Ilha da Solteira que o IET variou entre oligotrófico e mesotrófico. Enquanto o reservatório de Barra Bonita, a classificação foi hipereutrófico. O estuário Lagoa dos Patos no Rio Grande Sul, obteve grau de trófia hipertrófico (Garcia et al., 2007, Bruzelle et al., 2012, Baumgarten, Paixão, 2013).

Para a qualidade das águas no que concerne os efeitos dos esgotos, de acordo com a classificação da Agencia Nacional da Água (ANA), foi possível avaliar o impacto no nível de trófia (NT) do reservatório Bolonha.

O Nível de trófia (NT) para os períodos chuvoso e menos chuvoso apresentaram valores médios de 0,50 mg.P/L e 1,0 mg.P/L respectivamente. Em ambos os períodos, os valores demonstraram-se acima do valor limitante de referencia para eutrofização, que é 0,025 mg.P/L, definidos pela ANA em 2004.

No período menos chuvoso, foram encontrados os maiores valores de NT. Os mesmo apresentaram-se bastante acima do limite determinado, variando 0,73 mg.P/L a 1,51 mg.P/L. Esses dados permitiram, identificar a grande influência da área urbana e das áreas desmatadas do reservatório Bolonha, mostrando a fragilidade da manutenção da qualidade da água do reservatório.

A partir dos resultados dos índices gerais obtidos para a variável PT e para a transparência (DS), foi possível elaborar os gráficos de serie temporais Figura 4. Ao analisar os gráficos de serie temporal aplicado aos IET'S de PT e DS, pode-se, através do monitoramento temporal, observar que as variações ocorreram no decorrer do período chuvoso e menos chuvoso. Nos períodos analisados, o IET-PT registrou maiores valores classificando o reservatório Bolonha como um ambiente heterogêneo que oscila entre eutrófico e hipereutrófico respectivamente.

A análise comparativa dos resultados do IET-PT e IET-DS revelam, para os dois índices utilizados, que existem momentos em que a classificação através do índice do fósforo classifica o ambiente em classe superior obtida através da concentração da transparência.

De acordo com a classificação de estado trófico da ANA, observa-se nos gráficos de serie temporal que ambos os índices encontram-se acima do valor de IET de 47, atribuindo a corpo d'água oligotrófico, o qual na classificação trófica é um ambiente não impactado.

No período chuvoso, o gráfico de serie temporal indica que o IET-PT apresenta flutuações que não são regulares nas campanhas 01 e 02. A partir das análises dos dados obtidos através do monitoramento, foi possível a verificação de picos na concentração de fósforo, no reservatório Bolonha. A elevação dessa concentração deu-se em função da liberação deste elemento na coluna d'água, em virtude da recirculação do mesmo no ambiente, sendo perceptível em decorrência do monitoramento temporal. Já o IET-DS demonstra-se homogêneo apresentando poucas oscilações.

No período menos chuvoso, os gráficos indicam que o IET não apresenta uma normalidade. Há varias oscilações em ambos os índices. Nota-se que a presença de fósforo é mais expressiva em decorrência da pressão antrópica, qe causam alto aporte de fósforo na água. Nota-se que, no decorrer do monitoramento temporal, há uma similaridade entre as campanhas 01 e 02, as quais pode se observar as variações mais elevadas do fósforo ao longo do monitoramento no período menos chuvoso.

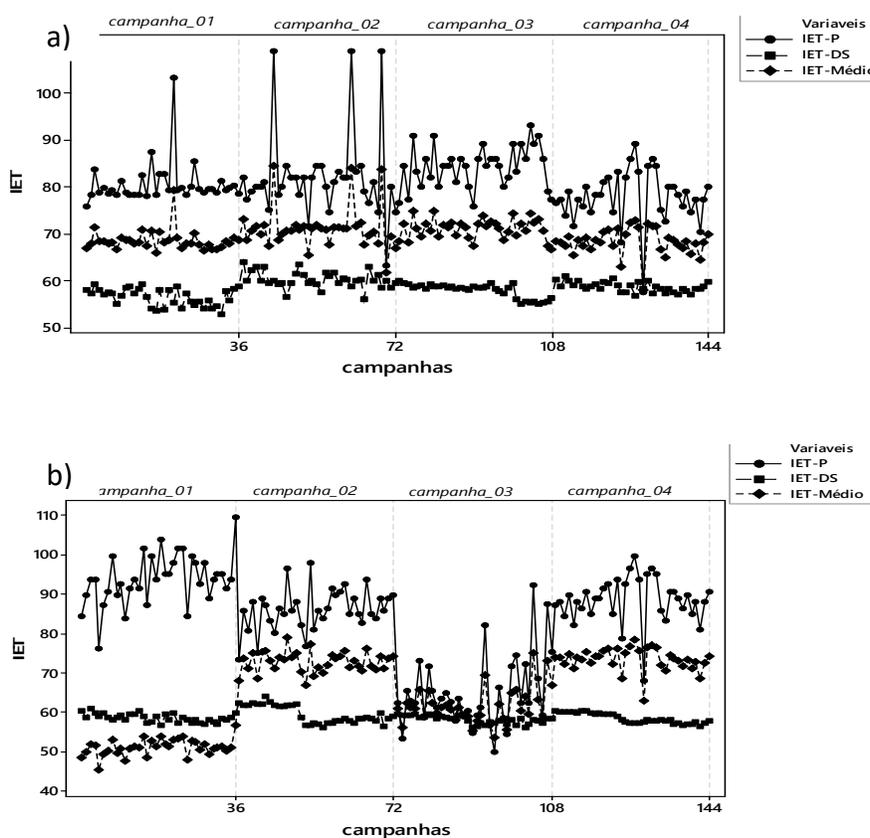


Figura 4. Gráficos de serie temporal para IET do período chuvoso e menos chuvoso. a) Período chuvoso; b) Período menos chuvoso.

Com base nos dados de IET juntamente com os gráficos de serie temporal pode-se imprimir uma representatividade do comportamento da eutrofização no reservatório Bolonha, sendo possível verificar seu comportamento ao longo da sazonalidade da região metropolitana de Belém e, assim, identificando o comportamento da eutrofização em ambos os períodos, notando uma presença mais marcante no período menos chuvoso.

Com base nos dados, o IET é heterogêneo. Foi possível observar que o ambiente do reservatório Bolonha tem um elevado grau de eutrofização, sendo possível também observar alguns picos nos gráficos de controle (Figuras 5 e 6) referentes às campanhas dos períodos chuvoso e menos chuvoso.

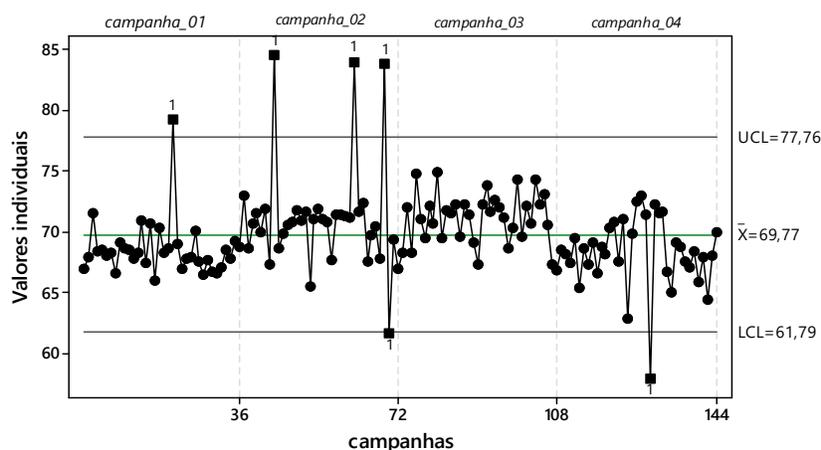


Figura 5. Gráfico de controle para IET para período chuvoso.

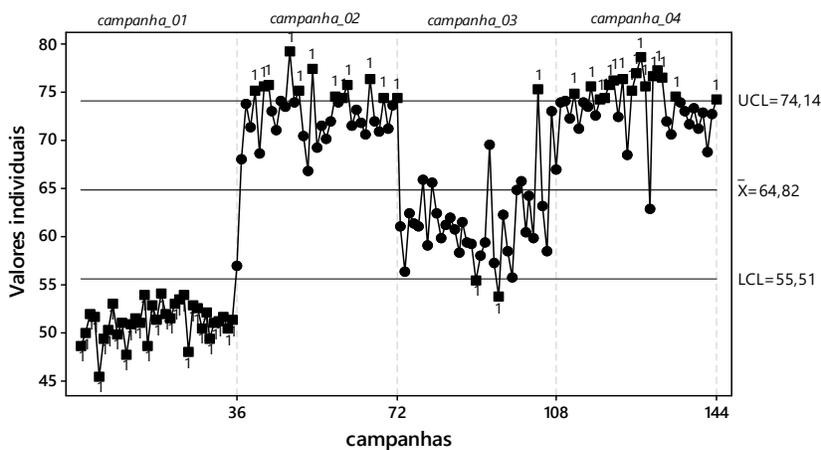


Figura 6. Gráfico de controle para IET para período menos chuvoso.

Conforme a classificação do IET, a água do reservatório é eutrófica e hipereutrófica para o período chuvoso, destacando a campanha 02 que demonstra alguns picos fora de controle, reportados através do monitoramento temporal, onde foi possível observar picos acima do limite, o que provavelmente pode ser atribuído ao valor de fósforo detectado no ambiente.

Para o período menos chuvoso, a campanha 01 foi a que apresentou maior número de representatividade acima do controle, referente ao IET-PT. Foram detectadas essas observações pelo fato das concentrações de fósforo terem apresentado maiores valores a serem perceptíveis durante o monitoramento.

Foi possível observar no gráfico de controle que o IET, apresentou-se acima do limite de controle principalmente no período menos chuvoso. Com base nisto pode-se observar que o reservatório deve estar sofrendo influência direta com descarga de esgotos e outros poluentes.

Vale resaltar que algumas medidas mitigadoras devem ser aplicadas para que a eutrofização do reservatório Bolonha, não evolua ainda mais, como manter o monitoramento aumentando os pontos de coleta por longos períodos para que se possa observar tendência de qualidade da água, detalhar o nível dos nutrientes, considerando as entradas de esgotos (doméstico e industrial) que são lançadas diretamente no reservatório e por fim realizar campanhas de qualidade da água para verificar o tempo de vida útil do reservatório em relação ao assoreamento.

Os índices desenvolvidos por Carlson e Toledo Jr, foram escolhidos, uma vez que esses índices são amplamente utilizado e abrange os três parâmetros: a transparência da água, clorofila "a" e a concentração do fósforo total. Trata-se de uma forma simples de analisar o IET e se adequa as condições do reservatório Bolonha, pois oferecem várias vantagens em função da utilização de parâmetros de fácil determinação e baixo custo, além de facilitar no repasse das informações qualitativas ao público mais leigo.

Vale ressaltar que medidas precisam ser realizadas para uma possível melhora na qualidade da água do reservatório, como a implementação e expansão da rede coletora de esgoto, coleta seletiva adequada para evitar a deposição inadequada de resíduos sólidos dentro dos limites do parque, o que possivelmente diminuiria a contaminação dos córregos que desembocando nos mananciais

Conclusões

Através da obtenção do IET, foi possível enquadrar o reservatório Bolonha como ambiente eutrófico e hipereutrófico. O IET-PTT permitiu classificar o reservatório Bolonha como um ambiente que oscila entre hipereutrófico e eutrófico. Para o período chuvoso, o valor foi de 81;

para o período menos chuvoso valor detectado foi de 62. Já a classificação do IET-PTC para o período chuvoso o valor foi de 74 e para o período menos chuvoso o valor foi de 76, classificando o reservatório como eutrófico para ambos os períodos.

Quanto aos valores obtidos para o IET-DS, os mesmos apresentaram-se homogêneos. Para o período chuvoso encontrou-se valor de 58 e no período menos chuvoso o valor foi de 59, classificando o ambiente como eutrófico.

Ressalta-se que tais valores devem se ao resultado obtido em ambos os períodos e que, por sua vez, já vem sofrendo influência antrópicas através da expansão urbana nas proximidades.

Referências

- Araújo Júnior, A. C. R. (2015) Indicadores de qualidade ambiental no lago Bolonha, Parque Estadual do Utinga, Belém-Pará, *Boletim Gaúcho de Geografia*, **42**(1), 276-299.
- Baumgarten, M. G. Z., Paixão, B. E. G. (2013) Uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da lagoa dos patos (RS), *Revista Atlântica*, **32**(1), 5-22.
- Buzelli, G. M., Cunha-santino, M. B. (2013) Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de barra bonita, SP. *Revista Ambiente & Agua - An interdisciplinary journal of applied science*, **8**(1), 186- 205.
- Beghelli, F. G. S., Carvalho, M. E. K., Peche Filho, A., Machado, F. H., Moschini-Carlos, V., Pompêo, M. L. M., Ribeiro, A. I., Medeiros, G. A. (2015) Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiá-Mirim – SP, *Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia Aquática*, **19**(1), 13-22.
- Carlson, R. E. (1977) A trophic state index for lakes. *Limnological Research Center, University of Minnesota, Revista Limnology and oceanography*. **22**(2), 361-369.
- CETESB, Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (2017) *Guia nacional de coleta e preservação de amostras*. Acesso em: 02 de out. de 2017, disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>
- Costigan, K. H., Daniels, M. D. (2012) Damming the Prairie: Human alteration of Great Plains river regimes, *Journal of Hydrology*, **12**, 12-20.
- Esteves, F. A. (1998) Fundamentos de limnologia. (2) ed. Rio de janeiro: Interciência.
- Farage, J. de A. P., Matos, A. T. de M., Silva. D. D., Borges, A. C. (2010) Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do rio pomba. *Revista de engenharia na agricultura, viçosa - MG*, **18**(4), 322-329.
- Fia, R., Matos T. A., Coradi, P. C., Ramirez, O. P. (2009) Estado trófico da água na bacia hidrográfica da lagoa mirim, R.S., Brasil. *Revista Ambiente e Água*, **4**(1), 132-141.
- Freitas, F. R. S., Righetto, A. M., Attayde, J. L., (2011) Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. *Revista o ecologia Australis*, **15**, 655-665.
- Garcia, C. Z., Garcia, D. C. O., Leite, M. A., (2007) Comparação entre dois índices de estado trófico para o reservatório de ilha solteira.
- Gonçalves, E. D., Santos, M. L., Soares, J. A., Souza, H. N., Mourão, F. V., Castro, K. F. (2015) Aplicação do sistema de informação geográfica na microbacia dos lagos Bolonha e Água Preta (PA). *Boletim técnico científico do ceonor tropical journal of fisheries and aquatic sciences*, **15**(1), 43-50.
- Lawal, M. O., Samuel, O. B., Moge kwu, T. O., Bolaji, D. A. (2013) Toxicity of two households liquid soaps on *Poecilia reticulata* Peters 1859, **17**(1) 35-41.

- Monteagudo, L., Moreno, J. L., Picazo, F. (2012) River eutrophication: Irrigated vs. non-irrigated agriculture through different spatial scales. *Journal of Water Research*, **46**, 2759–2771.
- Medeiros, G. A., Tresmondi, A.C.C., Queiroz, B.P.V., Melo, C.A., Rosa, A.H., Negro, C.V., Fraceto, L.F., Ribeiro, A. I. (2013) Evaluation of metals in water and sediments of micro-basins in the city of Americana, São Paulo state, Brazil, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **172**,201-212.
- Moreira, J. C., Peres, F., Simões, A. C., Pignati, W. A., Dores, E. C., Vieira, S. N., Strüssmann, C., Mott, T. (2012) Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. *Revista Ciência saúde coletiva*, **17**, 1557-1568.
- Mendonça, JR. R. J. (2014) Os reservatórios eutrofizados da região tropical semiárida atuam como emissores ou como sequestradores de dióxido de carbono. *Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em engenharia sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, Rio Grande do Norte-RN, 1-37 .
- Mota, S. (2006) Introdução à engenharia ambiental. **4**, 388. *Rio de janeiro: Abes*.
- Naval, L. P., Silva, C. D. F. E., Souza, M. A. A. (2003) Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETM) no reservatório da Uhe Luís Eduardo Magalhães., In:XXIX Congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental,2004, San Juan.
- Paiva, R. L., Oliveira, S. M. G. T., C. M. B., Andrade, E. M., Lopes,F. B. (2016) Índice do estado trófico no reservatório Caxitoré, Ceará, *Revista encontros universitariosda ufc*, **1(1)** 5490-5496.
- Pedrazzi, F. J. M., Conceição, F. T., Sardinha, D. S., Moschini-Carlos, V., Pompêo, M. (2013) Spatial and Temporal Quality of Water in the Itupararanga Reservoir, Alto Sorocaba Basin (SP), Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, **5**, 64-71.
- Ribeiro Filho, R. A. A., Petrere Junior, M. B, C., Benassi, S. F. D., Pereira, J. M. A. A., (2011) Itaipu reservoir limnology: eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. **71(4)**, 889-902.
- Santos. M. L. S., Bordalo,A. O., Perreira, J. A. R., Chira.,P. A., Alves, I. C. C., Sodré, S. S. V.,(2013) Influência da expansão urbana na qualidade da água em reservatório da região amazônica Belém, Para. *bol. t c. cient. cepnor*, **13(1)**, 15 – 22.
- Silveira. C., Rosa, L., Mees, J. B. R., Bortoli, M. M. (2011) Determina o do  ndice de estado tr fico de um manancial receptor de efluente de esta o de tratamento de esgoto. *II Congresso brasileiro de gestão*,UNOPAR - Campus Piza- Londrina-PR,1-4.
- Silva, J. P. (2010) *Avalia o da qualidade da água superficial utilizada no sistema de abastecimento público do município de Belém (PA). Disserta o de mestrado.Programa de p s gradua o em engenharia civil, Universidade Federal do Pará*, 1-84.
- Sodré, S. do S. V. (2007) Hidroquímica dos lagos Bolonha e  gua Preta, mananciais de Belém-pará. *Disserta o de mestrado. Programa de p s-gradua o em ciências ambientais. Universidade Federal do Pará*.
- Smith, A.P., Western, A. W., Hannah, M. C., (2013) Linking water quality trends with land use intensification in dairy farming catchments. *Journal of Hydrology*, **476**, 1–12.
- Thevenon, F., Graham, N. D., Herbez, A., Wildi, W., Pot , J. (2011) Spatio-temporal distribution of organic and inorganic pollutants from Lake Geneva (Switzerland) reveals strong interacting effects of sewage treatment plant and eutrophication on microbial abundance. *Journal of Chemosphere*, **84**,609–617.
- Toledo, JR., Talarico, A. P., Chinez, M., Agudo, S. J., E. G. (1983) A aplica o de modelos simplificados para a avalia o de processo de eutrofiza o em lagos e reservatórios tropicais, *Science open*, 34.