BIOTA AMAZÔNIA
OPEN JOURNAL SYSTEM

ARTIGO

DOI: http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n4p45-48

Avaliação do estado trófico atual do reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una, a mais antiga represa construída na Amazônia Central

Paulo Roberto Brasil Santos[1]
Carlos Antônio Zarzar[2]
Keid Nolan Silva Sousa[3]

1. Engenheiro de Pesca (Universidade Federal Rural da Amazônia). Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (Universidade Federal do Oeste do Pará). Professor da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
2. Engenheiro de Pesca e Mestre em Biometria e Estatística Aplicada (Universidade Federal Rural de Pernambuco). Professor da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
3. Biólogo (Universidade Federal do Pará). Doutor em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). Professor da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
**Autor para correspondência: paulobrasil_pesca@hotmail.com*

RESUMO

O reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Curuá-Una foi a primeira usina hidrelétrica construída na Amazônia Central. Este reservatório pode ser um exemplo de projeção de impactos causados por esses empreendimentos sobre os habitats aquáticos. O objetivo deste trabalho foi classificar as águas do reservatório da UHE de Curuá-Una por meio da determinação do grau de trofia utilizando o índice de estado trófico. As coletas foram realizadas mensalmente no período de maio de 2016 a abril de 2017 em oito estações de coleta no reservatório totalizando em 96 amostras em 12 meses. Foram mensuradas as variáveis: Porfundidade, transparência, fósforo total, clorofila-a e pluviometria. Avaliou-se o índice de estado trófico (IET) para reservatórios. Para analisar as diferenças significativas espaço-temporal do IET, foi efetuada uma ANOVA *two-way*. O valor máximo de fósforo total foi de 14,7 $\mu g.L^{-1}$ nas proximidades do principal tributário, essa região apresenta um solo geoquimicamente mais rico. Para a clorofila-a, os maiores valores estão nas proximidades da represa e o máximo observado foi 20,94 $\mu g.L^{-1}$. O Índice do Estado Trófico médio varia entre ultraoligotrófico a mesotrófico, sendo observados tanto nas proximidades da barragem quanto na área mais externa do reservatório. Apesar de não apresentar difereças significativas nas variáveis espaciais e temporais, foi possível perceber que o IET do fósforo total não coincidi com IET da clorofila-a, o que indica que o processo de eutrofzação não está plenamente estabelecido no reservatório, e pode estar sendo limitado por fatores que não foram mensurados nesse estudo, como o efeito da expansão agropecuária.

Palavras-chaves: Índice de trofia, mesotrófico, Reservatório de Curuá-Una, variação espaço-temporal, limnologia.

A Current trophic state evaluation of the Hydroelectric Curuá-Una reservoir, one of the oldest dams built in Central Amazon

ABSTRACT

The Hydroelectric Plant reservoir of Curuá-Una was the first hydroelectric power plant built in the Central Amazon. That reservoir can be an example of impacts projection caused by these ventures on aquatic habitats. The research objective was to classify the water from the Curuá-Una reservoir by means of the trophic degree determination using the trophic state index. The samples were carried out monthly in the period from May 2016 to April 2017 in eight collection stations in the reservoir totaling 96 samples in 12 months. The following variables were measured: depth, transparency, total phosphorus, chlorophyll-A and rainfall. And then the Trophic Status Index (TSI) for reservoirs was evaluated. To analyze the significant spatiotemporal differences of the TSI, a two-way ANOVA was performed. The highest concentrations of total phosphorus were recorded at points 14,7 $\mu g.L^{-1}$ near the main tributary, this region presents a geochemically richer soil. For the chlorophyll-a, in the closer human site from water dam, maximum observed was 20,94 $\mu g.L^{-1}$. The Trophic Status Index mean (TSIm) floated from ultraoligotrophic to mesotrophic, being observed both in the vicinity of the water dam and in the outermost area of the reservoir. Although it did not found significant spatial and temporal variables differences, it was possible to notice that the total phosphorus TSI did not coincide with chlorophyll-A TSI, which indicates that the eutrophication process is not fully established in the reservoir, and may be limited by factors that were not measured in this study, such as the effect of agricultural expansion.

Keywords: Index of trophic; Mesotrophic; Curuá-Una Hydroelectric Plant; Spatio-temporal variation; limnology.

Introdução

A construção de hidrelétricas causa muitos impactos nas paisagens fluviais alterando os habitats aquáticos e suas características físicas, químicas e geomorfológicas influenciando na diversidade desses habitats e consequentemente na biota associada (JUNK; MELLO, 1990; ALLAN, 2004; TUNDISI; TUNDISI, 2008). Logo, o monitoramento da composição paisagística desses ambientes e das margens do rio é essencial para se acompanhar as alterações nesses sistemas hídricos e suas comunidades (USEPA, 2007).

Diante do esgotamento da possibilidade de aumentar o potencial energético das principais bacias hidrográficas da região Sul e Sudeste, a Amazônia é o alvo das políticas de expansão energética brasileira. Atualmente, a Amazônia representa um polo promissor para a instalação de mais de 23 hidrelétricas nos seus rios, excetuando os reservatórios já existentes como Tucuruí, Balbina, Samuel, Madeira e Belo Monte (BRASIL, MME 2011; FEARNSIDE, 2015).

A Usina Hidrelétrica de Curuá-Una foi uma das primeiras usinas construídas na Amazônia. Criada na década de 70, foi a primeira usina hidrelétrica na Amazônia Central. Está situada à 70 km da cidade de Santarém, estado do Pará, implantada no rio de mesmo nome, na porção média - um dos tributários do rio Amazonas - a usina foi construída com uma capacidade geratriz de 30 MW (QUINTÃO et al., 2009). Por ser antiga (40 anos) e ter passado por todos os processos pós-instalação, a usina hidrelétrica de Curuá-Una pode ser um exemplo de projeção dos impactos causados por esses tipos de empreendimentos. Esses impactos na qualidade da água podem ser determinados por suas características físicas, químicas e biológicas, e com isso é possível identificar as causas de eventuais degradações (SANTOS et al., 2011).

No Brasil, diversos corpos d'água apresentam-se com médio ou elevado grau de trofia, principalmente aqueles próximos às áreas urbanas intensamente povoadas, ou em bacias hidrográficas com uso e ocupação desordenados, comprometendo a qualidade de água para diversos usos, inclusive o da geração de energia elétrica (TUNDISI, 2007).

Entre as formas de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes existe o Índice do Estado Trófico (IET), que permite classificar os corpos de água em diferentes graus tróficos (LAMPARELLI, 2004). O IET foi desenvolvido por Carlson (1977), com o objetivo de tornar mais clara a comunicação de estudos envolvendo a eutrofização e a classificação de corpos aquáticos. Essa ferramenta é atualmente utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para avaliar a qualidade da água de rios e reservatórios.

O IET permite uma avaliação limnológica do grau de trofia de um ambiente aquático utilizando, como por exemplo, a clorofila-a e a concentração do fósforo total. Trata-se de uma forma simples de analisar um conceito multidimensional que envolve critérios de oxigenação, transparência, nutrientes eutrofizantes, biomassa, composição e concentração de fito e zooplâncton, entre outros dados (VON SPERLING, 2005).

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Attribution 4.0 Internacional

O IET funciona também como um registro da ação antrópica nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para tomada de decisão, formulação de estratégias de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA et al., 2009).

Considerando que a construção de hidreléticas alteraram a qualidade da água e que essa qualidade pode sofrer influência da sazonalidade pluviométrica. O presente estudo tem como objetivo classificar as águas do reservatório da hidrelétrica de Curuá-Una por meio da determinação do grau de trofia utilizando os índices de estado trófico pelo método de Lamparelli (2004).

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório da Usina Hidrelétrica Silvio Braga, mais conhecida como UHE Curuá-Una, mantida e operada pela ELETRONORTE S/A. Está localizada no rio Curuá-Una, na cachoeira do Palhão (54 ° 18 '55 "W e 02 ° 48 '38 "S), à 68 m acima do nível do mar e à 72 km a sudeste de Santarém. Segundo Fearniside (2005) a maior parte do reservatório (57,4%) está inserida na bacia do rio Curuá-Una, apenas uma pequena parte se encontra em bacias de outros afluentes como o rio Moju (11,7%), Mojuí (4,4%), e Poraquê (3,2%), e em vários igarapés menores (2,9%), sendo que o reservatório encheu pelo período de janeiro a maio de 1977. Sua área superficial é de 78 km^2, sua extenção longitudinal é de 42 km, seu tempo de residência está entre 20 a 75 dias e seu volume em torno de 130 a 530.106 m^3 (GUNKEL et al. 2003).

Caracterização dos dados das amostras

As coletas foram realizadas mensalmente no período de maio de 2016 a abril de 2017 contemplando oito (P1 a P8) estações de coleta no reservatório totalizando em 96 amostras em 12 meses (Figura 1).

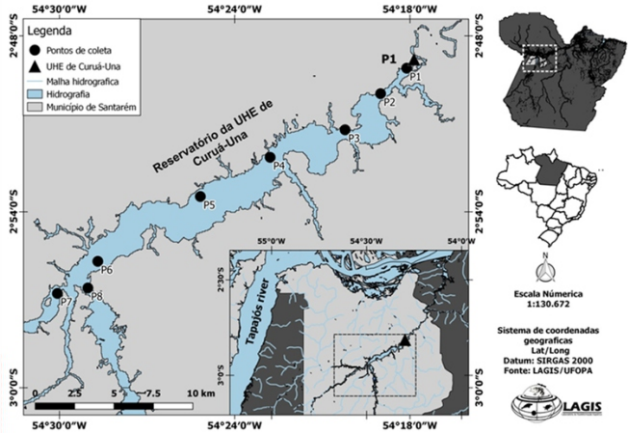

Figura 1. Locais das coletas no reservatório Curá-Una, no sudeste de Santarém do estado do Pará, Brasil. / **Figure 1.** Collection sites at the Curá-Una reservoir, in the southeast of Santarém in the state of Pará, Brazil.

Os dados ambientais aferidos *in situ* foram: Profundidade (m), com auxílio de eco sonda – GAMIM ECHO 150, e transparência da água (m), com auxilio de um disco de Secchi. O método analítico para a determinação de fósforo total segui o protocolo preconizado no manual internacional Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Para determinação da clorofila-a foi realizado pelo método analítico com o auxílio de um espectrofotômetro UV-Visível, modelo SP-220 – BIOSPECTRO.

Os dados pluviométricos foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/CRN/SINDA através da Plataforma de Coleta de Dados (PCD), que possui uma estação meteorológica em operação na UHE de Curuá-Una.

Cálculo do IET (Índice de Estado Trófico)

Para avaliação do grau de trofia foi utilizado o método de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios, utilizando as concentrações, em μg.L^{-1}, de fósforo total (Equação 1) e clorofila-a (Equação 2), e calculando o valor do IET (Equação 3) a partir da média dos índices obtidos através das equações 1 e 2.

$$IET\ (PT) = 10.\left(6 - (1{,}77 - \frac{0{,}42\ .\ Ln(PT)}{Ln2})\right) \qquad (1)$$

$$IET\ (Cla) = 10.\left(6 - (\frac{0{,}92 - 0{,}34\ .\ Ln(Cla)}{Ln2})\right) \qquad (2)$$

Onde: PT = concentração de fósforo total medida à superfície da água (μg.L^{-1}), Cla = concentração de clorofila a medida à superfície da água (μg.L^{-1}) e Ln = logaritmo natural (neperiano). O cálculo do IETm mensal é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila-a, conforme a Equação 3.

$$IETm = \frac{IET(PT) + IET(Cla)}{2} \qquad (3)$$

Para a classificação do IET, foram considerados os níveis de trofia: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, conforme a classificação da Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do estado trófico para reservatórios segundo o Índice de Calrson modificado, e suas características principais. / **Table 1.** Trophic state classification for reservoir according to the modified Calrson Index and its main characteristics.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
IET<47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47<IET<52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
52<IET<59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET<63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes nos seus múltiplos usos.
63<IET<67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de floração de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
IET>67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Lamparelli, 2004.

Para analisar as diferenças espaço-temporais em relação ao IET médio foi efetuada uma ANOVA *two-way*, considerando como Fator 1 (Tempo) a variação climatológica pluviométrica tomando como base os trabalhos de Fisch et al. (1998), Vieira e Darwich (1999) e Vale et al. (2016), onde foi determinado como estação seca os meses de julho a setembro, período intermediário ou de transição os meses de maio, junho, outubro e novembro e estação chuvosa os meses de dezembro a abril. O Fator 2 (Espaço) as estações de coleta, além de avaliar a interação significativa entre os fatores (Tempo x Espaço) e *a posteriore* o teste de Tukey ao nível de significância de $\alpha \leq 0{,}05$. As análises foram realizadas no software livre PAST 3.20 (HAMMER et al., 2001).

Resultados

Os valores médios mensuradas no reservatório de profundidade, transparência, fósforo total, clorofila-a e a pluviosidade estão descritos na tabela 2. A profundidade apresenta uma amplitude de aproximadamente 9 a 5 metros entre as estações climatológicas. A menor profundidade registrada foi de 2 m no P8, em novembro de 2016, e a maior profundidade, de 13,5 m, no P1, em março de 2017. A transparência variou entre 0,97 a 1,9 m, sendo o menor valor observado foi de 0,5 m no P8 enquanto que o maior valor foi de 2,5 m no P2.

As maiores concentrações de fósforo totais (Figura 2, A) registradas em nosso estudo foram em P8 (14,7 μg.L^{-1}) e P6 (6,9 μg.L^{-1}) na estação seca. A variação da clorofila-a (Figura 2, C) mostrou-se inteiramente

sazonal, apresentando maiores valores na estação seca (P2=10,47 $\mu g.L^{-1}$; P1=15,4 $\mu g.L^{-1}$; P3=20,94 $\mu g.L^{-1}$). Os valores médios de pluviosidade (Tabela 2) está entorno de 300 a 30 mm, entretanto o valor mínimo de pluviosidade foi de 15 mm no mês de agosto de 2016, enquanto o valor máximo foi de 393 mm no mês de março de 2017.

Tabela 2. Valore médios e desvio padrão da variação das variáveis limnológicas entre os períodos climatológicos. / **Table 2.** Average values and standard deviation of the limnological variables between climatological periods.

Variáveis	Chuvoso	Transição	Seco
Profundidade (m)	9,67 ± 1,73	6,73 ± 1,26	5,01 ± 1,36
Transparência (m)	0,97 ± 0,24	1,38 ± 0,17	1,9 ± 0,22
Fósforo Total ($\mu g.L^{-1}$)	0,38 ± 0,16	0,49 ± 0,25	1,25 ± 0,20
Clorofila a ($\mu g.L^{-1}$)	1,40 ± 0,27	2,13 ± 0,71	3,76 ± 2,18
Pluviometria (mm)	298,5 ± 0,1	140,4 ± 0,1	30,34 ± 0,1

A figura 2 mostra a classificação para o reservatório de Curuá-Una considerando o IET – Fósforo total, IET – clorofila-a e a média aritmética do IET para as concentrações de fósforo total e clorofila-a (IETm). Para o IET Fósforo total (Figura 2, B), os maiores valores ocorreram nos P6 e P8, tangenciando ao estado eutrófico no mês de julho, enquanto que para as outras estações de coleta apresentaram no estado oligotrófico para ultraoligotrófico.

O IET clorofila-a (Figura 2, D) tem um comportamento eutrófico em agosto de 2016 nos pontos P1, P2 e P3, nos meses de setembro a dezembro o ponto P1 apresentou-se como eutrófico. Enquanto que o restante dos pontos ocilou entre mesotrófico e ultraoligotrófico. Esses resultados mostram uma elevação de trofia do reservatório ao longo da estação de seca e intermediária às proximidades da barragem, o que caracteriza um ambiente com maior estabilidade tornando-se lêntico nesse período do ano.

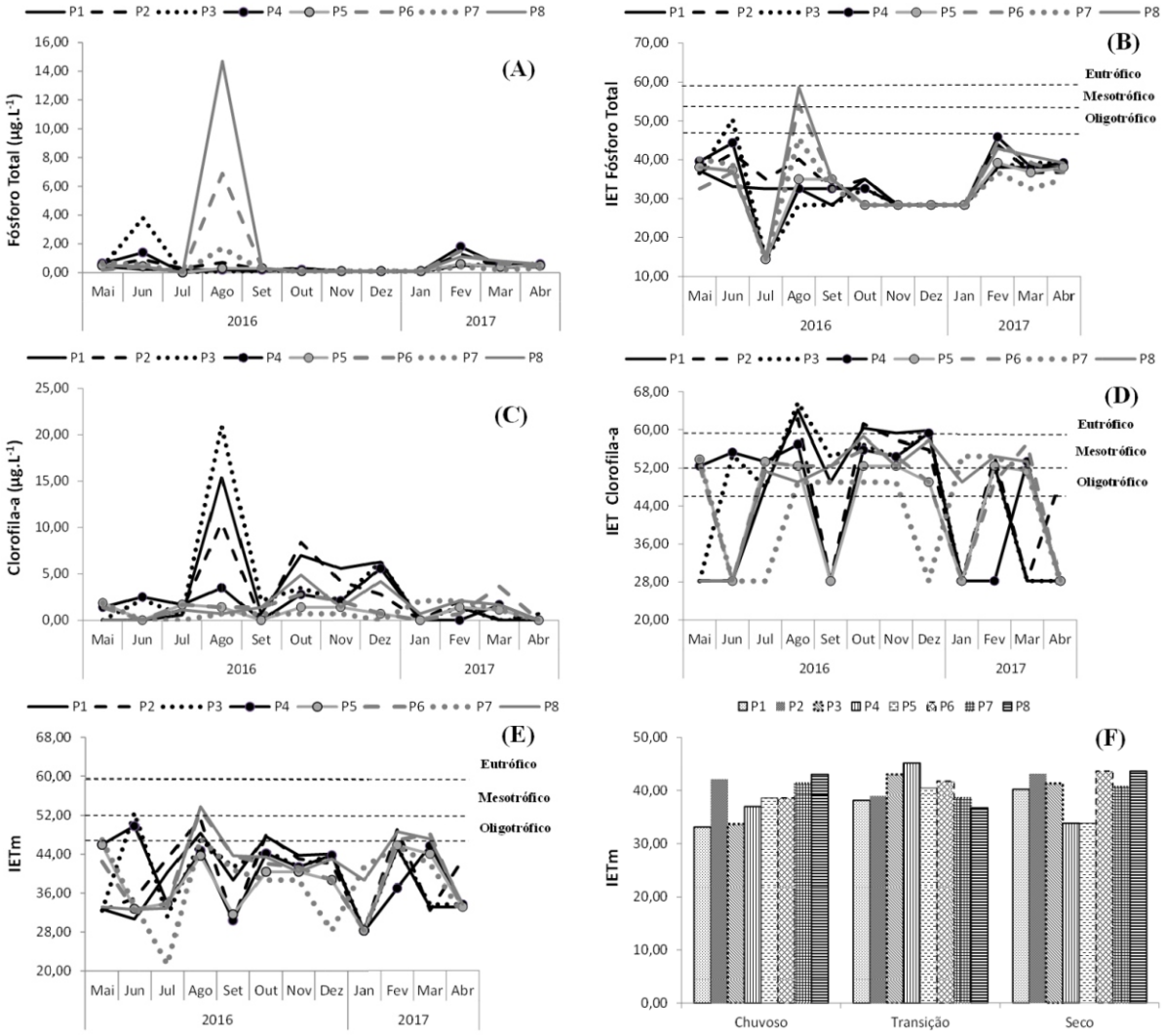

Figura 2. Variação espaço-temporal da concentração de Fósforo total (A), Clorofila-a (C). Classificação do estado trófico do reservatório por ponto de amostragem para Fósforo total (B), Clorofila-a (D), IETm - Índice de Estado Trófico médio (E) e a variação do IETm (F) em função da variação climatológica. / **Figure 2**. Space-time variation of total phosphorus concentration (A), Chlorophyll-a (C). Classification of the Trophic Status Index (TSI) from the reservoir per sampling point for total phosphorus (B), chlorophyll-a (D), Mean Trophic State Index - TSIm (E) and TSIm variation in function of the climatological variation. (F).

Observa-se que o IETm varia ao longo do período coletado entre ultraoligotrófico a mesotrófico (Figura 2, C), sendo os maiores valores observados no P3 no mês de junho e no P8 no mês de agosto, ambos com características mesotróficas. Apesar dessa variabilidade temporal e espacial (Figura 2, F) apresentar ocilações ao longo período estudado, não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) na escala espaço-temporal no reservatório de Curuá-Una (Tabela 3), ou seja, o estado trófico apresentou-se estável no período estudado.

Tabela 3. Resultado da análise de ANOVA *two-way* considerando como Fator 1 as variáveis do tempo (Varaiação climatológica) e o Fator 2 as variáveis do espaço (Estações de coleta). Efeitos significativos ($p < 0,05$) estão destacados em negrito. / **Table 3.** Result of two-way ANOVA analysis considering as Factor 1 the time variables (Climatological Variation) and Factor 2 the space variables (Collection Stations). Significant effects ($p < 0.05$) are highlighted in bold.

Fatores	S.Q.	G.L.	Q.M.	Est. F	p-valor
Tempo	76,2465	2	38,1233	0,6627	0,5186
Espaço	88,1858	7	12,598	0,219	0,9798
Interação	411,702	14	29,4073	0,5112	0,9192
Total	4718,32	95			

S.Q. – Soma dos Quadrados; G.L. – Grau de Liberdade; Q.M. – Quadrado Médio; Est. F – Estatística do teste F (Teste Fisher).

Discussão

Os resultados das variáveis profundidade e transparência foram semelhantes aos trabalhos de Junk et al. (1981) e Vieira e Darwich (1999), que verificaram uma variação de transparência da água entre 0,6 metros no rio Curuá-Una (montante), mantendo, na própria represa, valores médios entre 1,6 a 2,3 m, portanto não apresentaram grandes flutuação entre os anos estudados.

A elevada concentração de fósforo total no P8 e consequentemente no P6 no mês de agosto, possivelmente esteja associada ao solo mais rico do rio Curuá-Una no seu curso superior. Assim como apontam Junk et al. (1981) que o rio Curuá-Una (P8) no seu curso superior, atravessa faixas carboniferas que são geoquimicamente mais ricas, enquanto que a bacia de captacão dos rios Moju e Mojuí (P7), situa-se, predorninantemente, em terrenos do Terciário, que são mais ácidos e pobres em sais minerais.

Junk et al. (1981), registraram valores que oscilaram entre 32 a 43,4 $\mu g\ L^{-1}$. Gunkel et al. (2003) registraram valores médios de fósforo

total no epilímnio 0,021 mg.L^{-1} e no hipolímnio 0,033 mg.L^{-1}. Levando-se em consideração a Resolução CONAMA N° 357/05, o máximo permitoo é de 0,03 mg.L^{-1} para ambientes de água doce classe 2. No presente estudo, o fósforo total apresentou valores muito abaixo do máximo permitido em todo o período estudado.

Os maiores picos de clorofila-a observados nesse estudo, ocorreram nos pontos centrais em direção à barragem, tendo sua vazão controlada tornando o ambiente lêntico na estação seca, e isso contribuiu para aumento dos valores de transparência (Tabela 2) que expandiu a zona eufótica favorencendo a atividade fotossintética. E, aliado à menor perda de material químico e biológico pelas turbinas e vertedouros a montante do reservatório, pode ter estimulado a taxa de crescimento fitoplanctônico, o que explica as maiores concentrações de clorofila encontradas neste período e nessa área (HENRY et al., 1998; BATISTA et al., 2014). A clorofila-a apresentou-se dentro do limite de 30 µg.L^{-1} estabelecidos pelo CONAMA N° 357/05 para a classe 2 de água doce durante os meses observados.

Os dados de precipitação pluviométrica não divergiram dos registrados por Vieira e Darwich (1999), que destacaram que a resposta na represa é simultânea e diretamente ligada à precipitação atmosférica, ocorrendo um período de águas baixas de junho a dezembro e outro de níveis elevados, de janeiro a maio, pelos registros da Usina. Isso foi confirmado por Vale et al. (2016), que demontrou a existência de um padrão climático no resevatórios cuja estacionalidade está bem definida, nos primeiros meses, de janeiro a maio, são os mais chuvosos, e entre julho e dezembro ocorre a estação seca.

O reservatório de Curuá-Una, enquadra-se entre ultraoligotrófico a mesotrófico. Isso caracreriza que o referido reservatório apresenta uma produtividade baixa a intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. No entanto, verifica-se que o reservatório tenha uma tendência em aumentar o seu grau de trófia nas estações secas para o IETfósforo total e clorofila-a, apesar de não apresentar diferença significativa no espaço-temporal. Entre as principais consequências quando ocorre o declínio pluviométrico, ocorrem também mudanças nas concentrações de nutrientes, que podem trazer consigo problemas ambientais e de saúde, este ultimo pela potencialidade de floração de algas tóxicas (BARBOSA, et al 2012; SANTOS et al., 2017).

Em relação ao estado trófico do reservatório observado neste estudo, que está entre ultraoligotrófico a mesotrófico, pode estar ocorrendo uma tendência de diminuição nesse grau de trofia. Gunkel et al. (2003) observaram que o período de crescimento trófico durou 15 anos no reservatório de Curuá-Una desde sua implementação, e que no período em que estes autores realizaram seus estudos, 23 anos após o represamento, identificaram uma condição moderadamente eutrófica.

Porém, os picos de concentrações de fósforo total que ocorrem na área central, quanto nos grandes tributários do reservatório (P7 e P8), podem estar associados ao aumento da ação antrópica no entorno do reservatório. Pois as microbacias hidrográficas da região vem sofrendo alterações com a expansão agropecuária, com a ocupação do uso do solo nas três últimas décadas, isto pode estar contribuindo para o assoreamento e o aporte de nutrientes para essas microbacias (AGUIAR et al., 2014; SILVA; CONCEIÇÃO, 2017). Isso pode ter influenciado o estado trófico, aumentando o índice para eutrófico nos períodos de seca no reservatório.

Outro fato importante que pode ter influenciado as ocilações de fósforo total na estação seca, pode está assoicado com a variabilidade climatológica no reservatório que influência diretamente na profunidade do mesmo (VIEIRA; DARWICH, 1999) e no tempo de residência da água. Reservatórios com níveis baixos de profundidade, intencificam a efciência da ação do vento na resuspensão de nutriente no sedimento para superficie no período de estiagem (FREITAS et al., 2011).

Conclusão

Foi possível perceber que os índices referentes ao fósforo total não coincidiram com os índices referentes à clorofla-a, o que indica que o processo de eutrofização não está plenamente estabelecido no reservatório, e pode estar sendo limitado por fatores que não foram mensurados nesse estudos, como ocupação desordenada nas áreas do entorno e a expansão agropecuária na microbacia da região, que podem contribuir para o aumento do estado trófico no reservatório.

O estado trófico das águas do reservatório de Curuá-Una, não apresentou diferenças significativas ao longo do perido estudado. Embora no período de estiagem as águas apresentaram um nível de trofia mais intensa em decorrência dos menores volumes armazenados.

Portanto, foi possível classificar a partir do IET o estado trófico do reservatório como ultraoligotrófico a mesotrófico. Recomenda-se ainda um monitoramento contínuo da avaliação do estado trófico e da qualidade de água no reservatório estudado, pois o mesmo foi o primeiro construído na Amazônia central e qualquer informação gerada sobre ele pode gerar diversas discussões e tomadas de decisões sobre os impactos causados por reservatórios na Amazônia.

Agradecimentos

Ao programa PRO-AMAZÔNIA através do Processo Nº 23038. 009453/2013-01, às Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A (ELETRONORTE) da UHE de Curuá-Una pelo apoio logístico e ao Programa de Pós-Graduação de doutorado em Sociedade Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 983-992, 2014. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000600003.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

ALLAN, J.D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2004, 35: 257-284.

BARBOSA, L. J. E.; MEDEIROS, F. E. S.; BRASIL, J.; DA SILVA CORDEIRO, R.; CRISPIM, M. C.; GONZAGA DA SILVA, G. H. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; IZIDIO, N. S. C.; LOPES, F. B. Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófco do açude Orós, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 39-48, 2014.

BRASIL, MME (Ministério das Minas e Energia). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, DF. vol. 2 2011. (www.epe.gov.br/pdee/20111229_1.pdf). Acesso em: 10/06/2017.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**. n. 22, p. 361–369, 1977.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 357, de 17 de março de 2005.** Diário Oficial da União – Seção1, n° 53, 18 de março de 2005.

FEARNSIDE, P. M. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 10, n. 4, p. 675-691, 2005. https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-005-7303-7.

FEARNSIDE, P. M. Environmental and social impacts of hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Implications for the aluminum industry. **World Development 77: 4865**. ISSN: 0305-750. (online version published 12 September 2015). https://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.015.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófco da água na bacia hidrográfca da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n.1, p. 132 - 141, 2009.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral Sobre o Clima da Amazônia. **Acta Amazonica,** v. 28, p. 101-126, 1998.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro. **Oceologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

GUNKEL, G.; LANGE, U.; WALDE, D.; ROSA, J. W. C. The environmental and operational impacts of Curuá-Una, a reservoir in the Amazon region of Pará, Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management,** v. 8, p. 201-216. 2003.

HAMMER, O.; HAPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analisys. **Paleontologia Electronica**, V.4, p.1-9, 2001. Disponível em:< http://nhm2.uio.no/norlex/past/download.html>.

HENRY, R.; NUNES, M. A.; MITSUKA, P. M.; LIMA, N.; CASANOVA, S. M. C. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira Biologia,** v. 58, n. 4, p. 571-590, 1998. http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081998000400005.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. São Paulo. 2004. 238f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

JUNK, W. J.; ROBERTSON, B. A.; DARWICH, A. J.; VIEIRA, I. Investigações limnológicas e ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidroelétrica da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 4, p. 689-716, 1981. http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921981114689.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. Estudos Avançados, 1990, 4(8): 126-143. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141990000100010

QUINTÃO, M. T. C. R.; SOUZA, S. A.; COSTA, F. S.; DAMÁZIO, J. M. Uso dos modelos Previvazm e previvaz para Previsão de Afluências Mensais aos Aproveitamentos Hidroelétricos Tucuruí e Curuá-Una. V.27. **Caderno do IME – Série Estatística.** p.1-9, 2009.

SANTOS, M. G.; SANTINO, M. B. C.; JUNIOR, I. B. Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho (campus da Ufscar). **Oceologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 682-696, 2011.

SANTOS, J. A.; MARINS, R. V.; AGUIAR, J. E.; CHALAR, G.; SILVA, F. A. T. F.; LACERDA, L. D. Hydrochemistry and Trophic State Change in a Large Reservoir in the Brazilian Northeast Region Under Intense Drought Conditions. **Journal Of Limnology,** v. 76, n. 1, 2017. DOI:10.4081/jlimnol.2016.1433.

SILVA, R. G. C.; CONCEIÇÃO, F. S. Agronegócio e campesinato na Amazônia brasileira: transformações geográficas em duas regiões nos estados de Rondônia e Pará. **GEOgraphia**, v. 19, n. 41, 2017. https://doi.org/10.22409/geographia.v19i41.1008.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO, 19-38pp, 2007.

TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Limnologia**. Oficina De Textos. 2008.

VALE, R. S.; GOMES, A. C. S.; SANTANA, R. A. S.; TÓTA, J.; MILLER, S. D.; SOUSA, R. A. F. Hydroclimatic variables associated with El Nino and La Nina events at the Curuá-Una hydroelectric reservoir, Central Amazonia. **Acta Amazonica,** v. 46, n. 3, p. 303-308. 2016. http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201600083.

VIEIRA, I.; DARWICH, A. J. Sinecologia da ictiofauna de Curuá-Una, Amazônia: Características hidroquímicas, Climáticas, vegetação e peixes. **Acta Limnologica Brasiliensia,** v. 11, n. 2, p. 41-64. 1999.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

USEPA. *Evaluation of the Nation's Lakes: Field Operations Manual*. E.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. 2007.104p.