

DINÂMICA DE VARIÁVEIS LIMNÓLOGICAS EM UM RESERVATÓRIO URBANO, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Leandro Gomes Viana (1); Patrícia Silva Cruz (1); Dayany Aguiar de Oliveira (2);
Daniely de Lucena Silva (3); Sandra Maria Silva (4)

(1) Podium-Cursos - E-mail: leandrogomesbiologo@gmail.com

(1) Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, E-mail: patrciacruz_biologa@hotmail.com

(2) Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, E-mail: dayanyaguiar93@gmail.com

(3) Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, E-mail: daniquimicg@gmail.com

(4) Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, E-mail: sandramsilva@uepb.edu.br

Resumo: O estudo da dinâmica de variáveis limnológicas em reservatórios possibilita o desenvolvimento de estratégias para o manejo e usos adequados desses sistemas, além de produzirem informações que podem servir de subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas concernentes ao controle da poluição aquática. O objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica de variáveis limnológicas e a variação do estado trófico em um reservatório urbano, Semiárido do Brasil. O estudo foi realizado no reservatório Bodocongó (7°13'11" S e 35°52'21" W). Para tanto, foram realizadas amostragens com frequência mensal, durante o período de Março/2012 à Agosto/2012, em um ponto na região mediana do reservatório. As amostras de água (500 ml) foram coletadas em quatro profundidades de acordo com a atenuação da luz pelo Disco Secchi (100%, 50%, 1% e 0% de luminosidade). As variáveis físicas, químicas e biológicas da água analisadas foram: temperatura, pH, transparência do Secchi, fósforo total, fósforo reativo solúvel, N-amoniaco e clorofila-a. Para analisar a evolução do grau de trofia do reservatório, utilizou-se o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1983), desenvolvido para ambientes tropicais. Quanto às variáveis analisadas, o reservatório apresentou águas com baixa transparência (<2 m), temperatura acima de 24 °C e pH variando de levemente neutro a básico. Foram também observadas altas concentrações de Fósforo total, Fósforo Reativo Solúvel e N-amoniaco durante todo o estudo. De acordo com os resultados do Índice de Estado Trófico, o reservatório apresentou águas com elevado grau de trofia (Eutróficas). Diferenças significativas temporais ($p \leq 0,05$) foram observadas para a temperatura, pH, fósforo total e fósforo reativo solúvel. O fósforo total esteve acima do valor máximo permissível (50 µg/L) pela Resolução Conama 357/2005 para águas de Classe 3 em ambientes lênticos. As águas do reservatório apresentaram um elevado nível de eutrofização e condições favoráveis ao desenvolvimento de florações algais.

Palavras-Chave: Esgotos; Eutrofização; Cianobactérias; Poluição; Urbanização.

Introdução

A forma encontrada para regularizar o regime hidrológico dos rios intermitentes do Nordeste do Brasil foi à construção de reservatórios ou açudes, que desempenham um importante papel para o desenvolvimento dessa região. Os reservatórios são utilizados para múltiplas finalidades, como o abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, a dessedentação animal, a pesca, a aquicultura e o lazer (PAULINO; TEXEIRA, 2012), além de garantir em curto prazo, a disponibilidade de água em regiões altamente urbanizadas, durante períodos de secas prolongadas (LEHNER et al., 2011; LIU; PAN; CHEN, 2016).

Embora a construção de reservatórios seja uma solução para os problemas associados à necessidade de água, assegurando a sua disponibilidade, sobretudo na época da seca, esses ambientes são influenciados por fatores como tempo de residência da água, altas temperaturas e evaporação que, juntamente com o despejo crescente de esgoto doméstico e industrial dos centros urbanos, têm infligido problemas ambientais como a eutrofização cultural (DANTAS et al., 2008).

Os reservatórios no Semiárido do Brasil, geralmente apresentam vazões reduzidas e conseqüentemente um elevado tempo de retenção da água, além de um balanço hídrico negativo durante a maior parte do ano devido às altas taxas de evaporação e baixa precipitação da região, fato que contribui para o acúmulo de sais e nutrientes, tornando esses ambientes mais vulneráveis à eutrofização (BARBOSA et al., 2012; MESQUITA; ATTAYDE 2014). Nas últimas décadas, o impacto antrópico sobre os ecossistemas aquáticos vem acelerando o processo de eutrofização, que compromete os usos múltiplos de água dos lagos e reservatórios no Brasil e no mundo (BARBOSA et al., 2012; COSTA et al., 2009).

As características biológicas, físicas e químicas de reservatórios de regiões semiáridas, além de serem afetadas por ações antrópicas, podem ser influenciadas por flutuações sazonais no nível da água, as quais estão associadas a fatores climáticos e ao uso consultivo da água (NASELLI-FLORES; BARONE, 2005; STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013). Nesse contexto, o monitoramento de variáveis limnológicas, assim como a aplicação de modelos que permitam avaliar o estado trófico, em reservatórios, possibilita inferir sobre a qualidade da água destes sistemas.

Devido ao crescimento da demanda d'água, juntamente com o aumento da poluição dos sistemas aquáticos em alguns países, tornam-se necessário estratégias de manejo para a garantia de fornecimento de água de boa qualidade, especialmente em regiões altamente urbanizadas (LEHNER et al., 2011; LIU; PAN; CHEN, 2016), sendo desta forma necessário o monitoramento destes sistemas, uma vez que devem ser atendidos padrões rigorosos com relação à qualidade e uso da água. Diante do exposto, o presente estudo buscou analisar a dinâmica de variáveis limnológicas e a variação do estado trófico em um reservatório urbano do Semiárido Brasileiro.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório Bodocongó (7°13'11" S e 35°52'21" W; altitude de 508 m), localizado no Semiárido Brasileiro (Figura 1), o qual apresenta uma área de 352,720 m², profundidade média de 4,5 m e capacidade máxima de armazenamento é de aproximadamente 1,019,830 m³. O clima da região é classificado como As' (quente e úmido com chuvas de outono-inverno) e precipitação pluviométrica média de 730 mm/ano. Refletindo o estado eutrófico e a falta de mata ciliar em Bodocongó, cerca de 53% de sua área total é coberta pelas macrófitas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

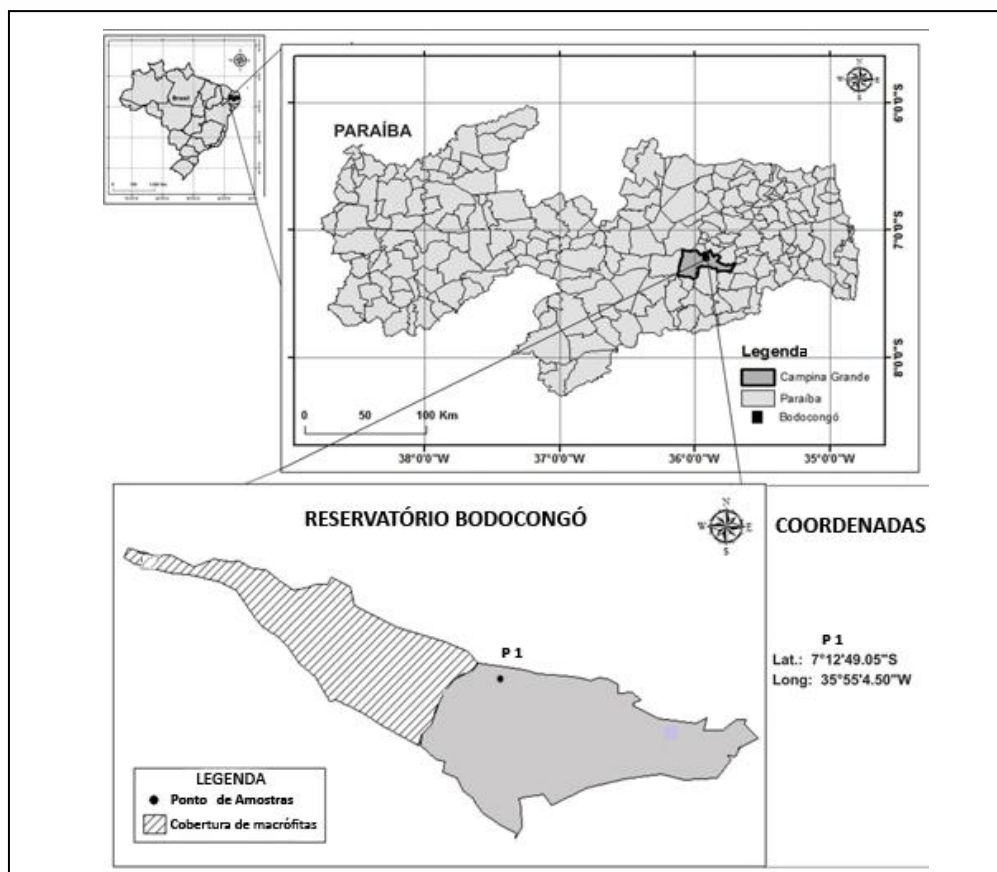


Figura 1 - Localização da área de estudo. Ponto de amostragem indicado por “•” no mapa.

Amostragem

As amostragens foram realizadas com frequência mensal durante o período de Março/2012 à Agosto/2012, em um ponto (P1) situado na região mediana do reservatório (Figura 1). As amostras de água (500 ml) foram coletadas em quatro profundidades com o auxílio de garrafa de Van Dorn de 5 litros. As profundidades foram definidas a partir do desaparecimento do disco de Secchi (observação visual): na superfície (a 100% de incidência luminosa), na zona eufótica (50% e 1% de incidência de luz) e na zona afótica (profundidade máxima).

Variáveis Analisadas

In situ foi mensurada a temperatura da água e o pH utilizando-se uma Sonda Paramétrica (Horiba/U-50), e a transparência da água com o disco de Secchi. Nutrientes fosfatados (Fósforo Reativo Solúvel e Fósforo Total) e Nitrogenado (N-amoniaco) foram analisados de acordo com técnicas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Para análise de clorofila-a, as amostras foram filtradas em membranas de fibra de vidro ($\varnothing=47$ mm e porosidade=1,2 μ m) e, após extração com acetona a 96%, tiveram suas concentrações determinadas por análise colorimétrica.

Análise dos Dados

Para verificar diferenças significativas ($p \leq 0,05$) temporais (entre os meses) com relação às variáveis limnológicas em estudo, utilizou-se o teste Kruskal-Wallis. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa STATISTICA[®] version 10.

Para verificar a evolução do grau de trofia do reservatório, utilizou-se o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1983), desenvolvido para ambientes tropicais. Os dados utilizados para determinar o IET foram apenas os coletados da superfície. A classificação trófica seguiu o critério apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: (IET) de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr et al. (1983).

ESTADO TRÓFICO	IET
Oligotrófico	< 44
Mesotrófico	44 < IET < 54
Eutrófico	≥ 54

Resultados e discussões

O reservatório apresentou águas com temperatura acima 24 °C, com variações significativas temporais ($H=20,06745$ $p=0,0012$). O pH oscilou de levemente neutro a básico, apresentando diferenças significativas temporais ($H=19,48542$ $p=0,0016$). Diferenças significativas temporais também foram observadas para o Fósforo Total ($H=20,75305$ $p=0,009$) e Fósforo Reativo Solúvel ($H=18,04000$ $p=0,0029$). Não foram observadas diferenças significativas temporais quanto ao N-amoniaco. Entretanto, suas altas concentrações combinadas com as de fósforo indicam um avançado grau de eutrofização do reservatório (Tabela 1).

Tabela 1: Média e Desvio Padrão das variáveis físicas e químicas da água mensuradas no reservatório Bodocongó (PT: Fósforo Total; PSR: Fósforo Reativo Solúvel).

MESES	VARIÁVEIS				
	Temperatura (°C)	pH	PT(µg/L)	PSR (µg/L)	N-amoniaco (µg/L)
Março/12	26,82±0,51	7,18±0,22	990,08±60,89	2124,60±465,3	1500,73±1,59
Abril/12	26,54±0,34	7,53±0,09	1080,08±92,3	662,60±31,60	1500±1,45
Mai/12	25,95±0,49	8,10±0,19	893,42±24,28	875,10±197,61	1435,23±386,44
Junho/12	25,70±0,21	7,89±0,11	898,00±18,71	1082,60±19,15	1176,90±332,82
Julho/12	24,17±0,30	7,66±0,24	585,08±79,81	717,10±28,44	1012,40±466,39
Agosto/12	24,33±0,32	8,01±0,006	558,50±55,87	718,60±54,76	1494,40±99,45

Em relação às concentrações de Fósforo total, as águas do reservatório apresentaram-se em discordância com a Resolução CONAMA 357/05, que recomenda que a concentração de Fósforo Total seja inferior a 50 µg/L para águas da Classe 3 em ambientes lênticos.

O N-amoniaco pode ocorrer como resultado da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica (ESTEVES, 2011). Os altos valores do N-amoniaco observados no estudo podem ser atribuídos à decomposição da grande quantidade de matéria orgânica oriunda de esgotos domésticos produzidos nas residências em torno do reservatório.

A clorofila-a apresentou valores altos, acima de 10 µg/L (Figura 2). Diferenças significativas temporais ($H= 12,52133$ e $p=0,0283$) foram observadas para esta variável. A transparência da água foi baixa, não ultrapassando 2 m (Figura 3).

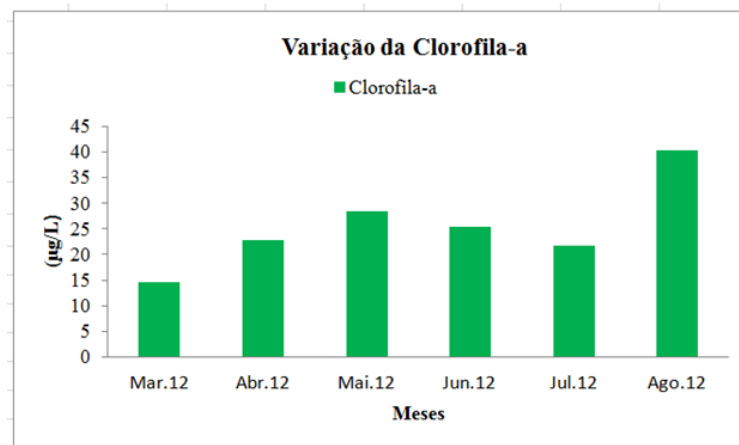


Figura 2: Variação média da clorofila-a da água durante o período de estudo.

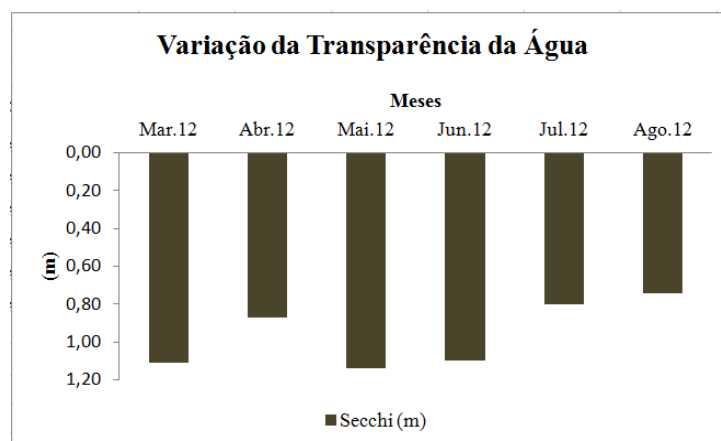


Figura 3: Variação da transparência da água durante o período de estudo.

O influxo de nutrientes fosfatados e nitrogenados em ambientes aquáticos seja por processos naturais ou antropogênicos, podem alterar ou perturbar a qualidade dos ecossistemas, bem como a distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica (RICKLEFS, 2003). Ao serem lançados na água, os nutrientes, contribuem para aumento da produção orgânica do sistema, com elevação da biomassa fitoplanctônica e consequente diminuição na penetração de luz (ESTEVES, 2011), fato observado durante o período de estudo, onde os valores de clorofila-a foram altos, e os da transparência da água baixos (Figura 2 e 3). A baixa transparência do Secchi observada durante o estudo pode estar também relacionada ao processo de mistura da água favorecido pela ação dos

ventos e a baixa profundidade do reservatório analisado, o que provoca a ressuspensão de materiais depositados no sedimento.

De acordo com os resultados dos valores do Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al., (1983) para ambientes tropicais (IETm), verificou-se que o reservatório apresentou elevado grau de trofia, sendo classificado, durante todo o período, como eutrófico (Figura 4). Quando se analisou de forma isolada, o IET para cada variável utilizada, evidenciou-se que as concentrações de Fósforo Total, Fósforo Reativo Solúvel e clorofila-a promoveram altos valores para cada índice, o que refletiu no IETm.

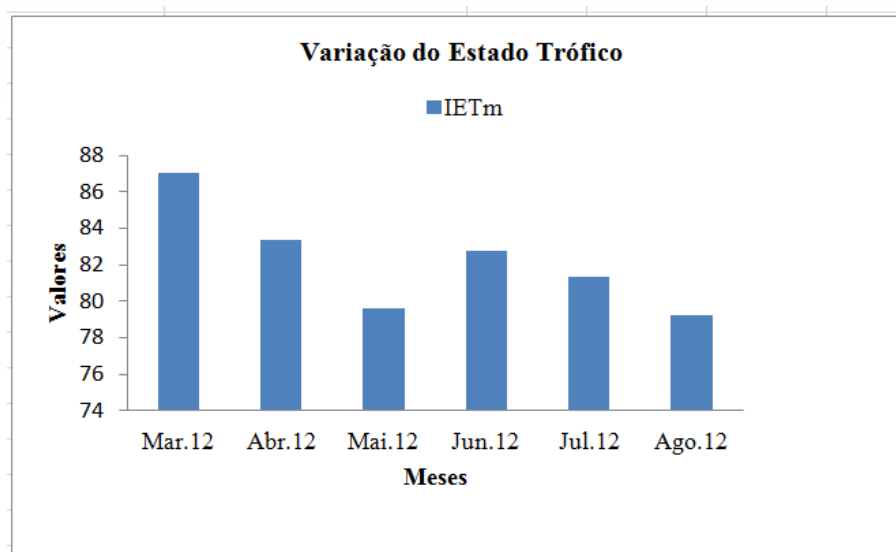


Figura 4: Variação do IETm durante o período de estudo.

O reservatório Bodocongó recebe, sem nenhum tipo de tratamento, efluentes industriais e esgotos ricos em matéria orgânica, oriundos da comunidade do seu entorno, fato que promove o rápido processo de eutrofização cultural de suas águas (DUARTE et al., 1998; ABÍLIO et al., 2006; DINIZ; BARBOSA; CEBALLOS, 2006; CARVALHO et al., 2008), que é refletindo nos altos valores do IETm observados durante o estudo.

O aumento das concentrações de fósforo é uma das principais causas da eutrofização em ecossistemas continentais. O fósforo pode atuar como fator limitante na produção primária em ecossistemas aquáticos, podendo conduzir à eutrofização (LAMPARELLI, 2004). O processo de eutrofização, acarreta o crescimento excessivo de florações algais e plantas aquáticas (HUANG et al., 2017), redução da diversidade de espécies, mortandade de peixes e perda da qualidade da água. Outro grande problema relacionado à eutrofização é a proliferação de cianobactérias que oferecem

riscos à saúde pública (VIDAL; NETO, 2014). Dentre os fatores que afetam a formação de floração de cianobactérias e sua persistência, pode-se destacar a intensidade e a duração da exposição a luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água (se a água é calma ou de correnteza rápida) e estabilidade da coluna de água (USEPA, 2012). O pH básico somado a altas concentrações de fósforo e N-amoniacal observadas no estudo, aliado a altas taxas de insolação e temperaturas, são fatores que podem contribuir para a ocorrência de florações algais, dentre elas, as de cianobactérias.

Em estudos de Monteiro e Vasconcelos (2013), concomitante a esse, no mesmo reservatório, foi observado um crescente aumento na densidade fitoplanctônica no período de Março/12 a Agosto/12, com maior contribuição das cianobactérias, que representaram uma densidade média de 40% do total da comunidade fitoplânctonica. A proliferação de cianobactérias produtoras de cianotoxinas nos corpos d'água pode afetar a qualidade da água e aumentar o risco de toxicidade (MAGALHÃES et al., 2001). As cianotoxinas podem causar desde irritações cutâneas a intoxicações agudas e crônicas na biota aquática e seres humanos (FROSCIO et al., 2008; CALIJURI; ALVES; SANTOS; 2006; FALCONER; HAMPAGE, 2005).

Conclusões

Concluiu-se que as águas do reservatório Bodocongó apresentou um elevado nível de eutrofização e condições favoráveis ao desenvolvimento de florações algais.

Fomento

Os autores deste trabalho agradecem ao PROPESQ-UEPB pelo apoio financeiro e ao LEAq (Laboratório de Ecologia Aquática) pelo apoio logístico das coletas e estrutura para as análises.

Referências

ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; LEITE, R. L.; RUFFO, T. L. M. Gastrópodes e outros Invertebrados do Sedimento e Associados a Macrófitas *Eichhornia crassipes* de um Açude Hipertrófico do Semiárido Paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p: 165-178, 2006.

AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: APHA – AWWA – WPCF, 2012.

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

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: Rima, 2006.

CARLSON, R. E. A Trophic State Index for Lakes. **Limnology e Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CARVALHO, A. P.; NETO, J. M. M.; LIMA, V. L. A.; SOUSA, R. F.; SILVA, D. G. K. C.; ARAÚJO, F. A. Aspectos qualitativos da água do Açude de Bodocongó em Campina Grande – PB. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 96-109, 2008.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União – Seção 1, nº 53, 18 de março de 2005.

COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L.; ESKINAZISANT'ANNA, E. M. Dinâmica de Cianobactérias em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.2, p.382-401, 2009.

DANTAS, E. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; NETO, J. D. T. A.; CAVALCANTI, A. D. C. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n.4, p.970-982, 2008.

DINIZ, C. R.; BARBOSA, J. E. L.; CEBALLOS, B. S. O. Variabilidade Temporal (Nictemeral Vertical e Sazonal) das condições Limnológicas de Açudes do Trópico Semi-árido Paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 1-19. 2006.

DUARTE, M. A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; ANNEMARIE, K.; MELO, H. N. S.; ARAÚJO, J. A. H. Índice do estado trófico de carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil. In: **Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98)**. APIS, 1998. p. 1-5.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FALCONER, I. R.; HAMPAGE, A. R. Health Risk Assessment of Cyanobacterial (Blue-green Algal) Toxins in Drinking Water. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 2, n. 1, p. 43-50, 2005.

FROSCIO, S. M.; HUMPAGE, A. R.; WICKRAMASINGHE, W.; SHAW, G.; FALCONER, I. R. Interaction of the cyanobacterial toxin cylindrospermopsin with the eukaryotic protein synthesis system. **Toxicon**, v. 51, n. 2, p. 191-198, 2008.

HUANG, J. X.; XU, CHANG-CHUN.; RIDOUTT, B. G.; WANG, XUE-CHUN.; REN, PIN-AN. Nitrogen and Phosphorus Losses and Eutrophication Potential Associated with Fertilizer Application to Cropead in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 159, p. 171-179, 2017.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. 2004. 191 f. Tese (Doutorado em Ecossistemas Terrestre e Aquáticos)-Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEHNER, B.; LIERMANN, C. R.; REVENGA, C.; VOROSMARTY, C.; FEKETE, B.; CROUZET, P.; DOLL, P.; ENDEJAN, M.; FRENKEN, K.; WISSER, D. High-Resolution Mapping of the World's Reservoirs and Dams for Sustainable River-flow Management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 9, p. 494-502, 2011.

LIU, H., PAN, D., CHEN, P. A. Two-year Field Study and Evaluation of Water Quality and Trophic State of a Large Shallow Drinking Water Reservoir in Shanghai, China. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 29, p. 13829-13838, 2016.

MAGALHÃES, V. F.; SOARES, R. M.; AZEVEDO, S. M. F. O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (RJ, Brazil): Ecological implication and human health risk. **Toxicon**, v. 39, n. 7, p. 1077-1085, 2001.

MESQUITA, T. P. N.; ATTAYDE, J. L. Eutrofização e Capacidade de Fósforo de Seis Reservatórios da Bacia do Rio Seridó, RN. In: MATTOS, A.; MATTOS, K. M. D. C. (Org.). **Projeto Mevemuc - Monitoramento da Evaporação e as Mudanças Climáticas**. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica Editora, 2014. p. 479-498.

MONTEIRO, F. M.; VASCONCELOS, J. F. Ocorrência de cianobactérias produtoras de toxinas em um reservatório do semi-árido brasileiro. In: I Workshop Internacional sobre água no Semiárido Brasileiro, 2013, Campina Grande. Anais do I Workshop Internacional sobre água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande: Realize Eventos, 2013. p.1-5.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level Fluctuations in Mediterranean Reservoirs: setting a Dewatering Threshold as a Management tool to Improve Water Quality. **Hydrobiologia**, v. 548, p.85-89, 2005.

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. A **Questão Ambiental e a Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas do Nordeste**. In: PIRES, T. C (Ed.). A Questão da Água no Nordeste. Brasília: CGEE, 2012. p. 219-246. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/publicacoes/agua_nordeste.php>, Acesso em: 16 Jul. 2017.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TOLEDO JR, A. P.; TALARICO M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação de Processo da Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 12. 1983, Rio de Janeiro. **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro: ABES, 1983. p.1-34.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Cyanobacteria and Cyanotoxins: Information for Drinking Water Systems. Office of Water. July, 2012.



VIDAL, T. F.; NETO, J. C. Dinâmica de Nitrogênio e Fósforo em Reservatório na Região Semiárida Utilizando Balanço de Massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, 402–407, 2014.