

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) DO RESERVATÓRIO DE CRUZETA/RN DURANTE PERÍODO DE ESTIAGEM PROLONGADA

Fernanda Monicelli Câmara Brito¹; Diógenes Fernandes dos Santos²; Vanessa Becker³; Fabiana Oliveira de Araújo⁴

RESUMO – A eutrofização é um processo natural, consistindo no aumento da produtividade primária, através do enriquecimento excessivo de nutrientes. Dentre esses, o fósforo é na maioria das vezes o mais limitante para a produção primária. Para restauração dos ecossistemas eutrofizados, é necessário cessar o aporte externo de nutrientes e reduzir o fósforo disponível na coluna d'água e no sedimento. Eventos extremos, como a seca severa estão ficando mais comuns e com maior intensidade em regiões áridas e semiáridas, desde 2012, a região nordeste tem apresentado seca prolongada. O objetivo deste estudo é analisar as mudanças de variáveis limnológicas, e calcular o índice de estado trófico de reservatório situado na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte em período de estiagem. O estudo foi desenvolvido no Reservatório Público Cruzeta, localizado no município de mesmo nome. As variáveis limnológicas medidas foram a transparência da água, fósforo total e clorofila-*a*, para verificar o grau de trofia utilizou-se o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. *et al.* (1983). Os valores de secchi variaram pouco ao longo do período de estudo (0,20m); os valores de clorofila-*a* em 2017 ficaram, em sua maioria, abaixo de 50 µg/L e no ano de 2018 aumentou seus valores de maneira significativa; o fósforo total variou bastante com tendência de aumento de 2017 para 2018. O volume do reservatório foi similar nos meses de cada ano, respectivamente, entretanto, as variáveis limnológicas aumentaram significativamente de um ano para outro. Esse aumento tende a ser resultado da fertilização interna e da seca prolongada, sendo os responsáveis pelas alterações do estado trófico do sistema e das variáveis limnológicas. O IET permaneceu eutrófico, porém, percebe-se a necessidade de um índice com mais graus de trofia, pois mesmo com aumento nas variáveis, o grau permaneceu o mesmo.

ABSTRACT– Eutrophication is a natural process, consisting of increasing primary productivity through excessive nutrient enrichment. Among these, phosphorus is in most cases the most limiting for primary production. To restore eutrophic ecosystems, it is necessary to stop the external supply of nutrients and reduce the available phosphorus in the water column and in the sediment. Extreme events, such as severe droughts are becoming more common, with greater intensity in arid and semi-arid regions, since 2012, the northeast region has presented a prolonged drought. The objective of this study is to analyze the changes of limnological variables and to calculate the trophic state index of the reservoir located in the semi-arid region of the state of Rio

1) Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: monicellif@gmail.com

2) Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: diogenes_fernandes_santos@hotmail.com

3) Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: becker.vs@gmail.com

4) Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: fabianabio@gmail.com

Grande do Norte during the dry season. The study was developed in the Cruzeta Public Reservoir, located in the municipality of the same name. The limnological variables measured were the water transparency, total phosphorus and chlorophyll-*a*, to verify the degree of trophic state was used the Carlson IET (1977) modified by Toledo Jr. *et al.* (1983). Secchi values varied little over the study period (0.20m); chlorophyll-*a* values in 2017 were mostly below 50 µg / L and in 2018, this variable increased its values significantly; the total phosphorus varied considerably with a tendency to increase from 2017 to 2018. The volume of the reservoir was similar in the respective months of each year, however, limnological variables increased significantly from year to year. This increase tends to be the result of internal fertilization and prolonged drought, being responsible for the changes in the trophic state of the system and the limnological variables. The trophic status index remained eutrophic, however, the need for an index with more degrees of trophic state was observed, since even with an increase in the variables, the degree remained the same.

Palavras-Chave – Qualidade da água. Eutrofização. Déficit hídrico.

INTRODUÇÃO

A eutrofização é um processo natural que os ecossistemas aquáticos sofrem, mas que tem sido acelerado pelas atividades humanas (Le Moal *et al.*, 2019). Esse processo consiste no aumento da produtividade primária e da matéria orgânica, através do enriquecimento excessivo de nutrientes, fósforo e nitrogênio (Pearl, 2006; Smith; Schindler, 2009), que ocasiona a perda do equilíbrio ecológico e a degradação progressiva do mesmo (Schindler, 2006). Dentre os nutrientes, o fósforo é na maioria das vezes o mais limitante para a produção primária, e, portanto, o elemento chave no controle da eutrofização (Schindler *et al.*, 2008).

A alta biomassa algal causada pela eutrofização eleva a turbidez, reduz da transparência, gera mudanças na cor e odor e diminui a concentração de oxigênio dissolvido, levando a mortandade da fauna aquática, com consequente perda da biodiversidade e comprometimento de atividades econômicas (Dodds *et al.*, 2009). Além disso, algumas cianobactérias produzem toxinas potencialmente tóxicas que ameaçam a biota e a saúde humana (Fastner *et al.*, 1999).

Para restauração dos ecossistemas aquáticos eutrofizados, é necessário, primeiramente, cessar o aporte externo de nutrientes (fontes pontuais e difusas). Contudo, apenas com essa medida o lago levaria décadas para recuperar-se, devido ao processo de fertilização interna (COOKE *et al.*, 2005; HILT *et al.*, 2006). Sendo assim, além de cessar o aporte externo é necessário reduzir o fósforo disponível na coluna d'água e no sedimento.

Eventos extremos, como chuvas intensas em períodos curtos e secas severas, estão ficando cada vez mais comuns, o que aumentará a frequência de períodos de estresse hidrológico (IPCC, 2014). Provavelmente esses eventos terão maior intensidade, em regiões áridas e semiáridas, devido ao aquecimento climático (Jeppesen *et al.*, 2009).

A região mais vulnerável a eventos extremos de seca, no Brasil, é o semiárido nordestino (Marengo *et al.*, 2007). O semiárido tem apresentado intensificação e piora da eutrofização devido

aos eventos extremos de seca, em virtude do baixo volume de água e à concentração de nutrientes de uma fonte autóctone (Costa *et al.*, 2016; Figueiredo e Becker, 2018; Rocha Junior *et al.*, 2018; Costa *et al.*, 2019). Desde 2012, a região nordeste tem apresentado ocorrência desses eventos de seca prolongada, como um dos mais severos já registrados nos últimos 50 a 100 anos (ANA, 2019).

Os reservatórios do semiárido tem grande importância para o desenvolvimento dessa região, sendo a forma encontrada para regularizar o regime hidrológico dos rios intermitentes. São utilizados para múltiplas finalidades, como o abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, a dessedentação animal, a pesca, a aquicultura e o lazer (Paulino e Texeira, 2012).

Diante do exposto, torna-se importante o monitoramento limnológico em reservatórios de abastecimento que passam por eventos extremos de seca. Assim, o objetivo deste estudo é analisar as mudanças de variáveis limnológicas, como também calcular o índice de estado trófico de reservatório situado na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte em período de estiagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Reservatório Público Cruzeta, localizado no município de mesmo nome, estando a aproximadamente 233 km de distância da capital do estado (Figura 1). Está situado na sub-bacia do Rio Seridó pertencente à Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu.

O Reservatório Cruzeta (06°03' - 06°25'S e 36°35' - 36°57'W) foi construído pelo DNOCS em 1920, barrando o Riacho São José. É considerado um lago raso com profundidade máxima de 8,7m e média de 4,7 m e sua água é utilizada como fonte de abastecimento para a cidade de Cruzeta bem como para irrigação, pesca, recreação e dessedentação de animais (Freitas *et al.*, 2011). A bacia hidráulica é de 6,16 km² e a área da bacia hidrográfica é de 1.400 km² (SEMARH, 2015). Sua capacidade máxima de acumulação é de 35.000.000 m³.

O clima predominante na região é quente, classificado como Bsh (Álvares *et al.*, 2014), com a estação chuvosa ocorrendo de fevereiro a junho, com máximo entre março e abril e demais meses marcados por escassez de chuva (Medeiros *et al.*, 2015). A precipitação média anual na bacia do açude Cruzeta é de 650 mm (SEMARH, 2015) enquanto a evaporação potencial média anual é de 3.323mm, caracterizando um alto déficit hídrico (Freitas *et al.*, 2011). As atividades econômicas predominantes no município são agricultura e pecuária extensiva (Ferreira, 2015).



Figura 1 – Reservatório de Cruzeta, situado no município de mesmo nome, Rio Grande do Norte.

Amostragem

As amostragens foram realizadas com frequência mensal durante o período de maio a setembro de 2017 e maio a setembro de 2018, no ponto próximo ao barramento do reservatório, estando o reservatório seco de outubro de 2017 a abril de 2018. As amostras de água (1000 ml) foram coletadas com o auxílio de garrafa de Van Dorn e integradas em todo eplímínio.

Variáveis Analisadas

In situ foi mensurada a transparência da água (m) com o disco de Secchi. Fósforo total foi analisado 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 μm) e, após extração com álcool a 95% e tiveram suas concentrações determinadas por análise colorimétrica.

Para verificar a evolução do grau de trofia do reservatório, utilizou-se o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1983), desenvolvido para ambientes tropicais. 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

Durante o período de estudo o reservatório de Cruzeta estava com menos de 2% de sua capacidade máxima de acumulação. Nos meses de setembro de 2017 e 2018 o reservatório secou totalmente, em virtude do longo período de estiagem que ocorre atualmente no semiárido Norte Rio Grandense (Figura 2).

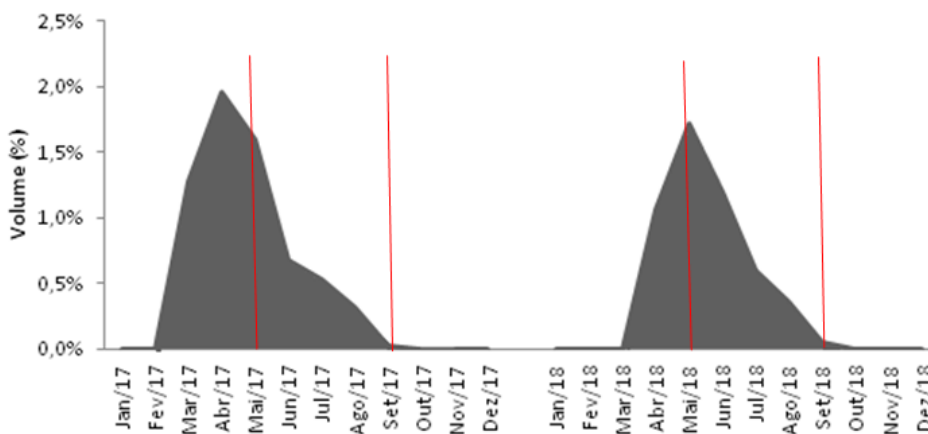


Figura 2 – Variação do volume do reservatório de Cruzeta durante os anos de 2017 e 2018.

Os valores de secchi variaram pouco ao longo do período de estudo (0,20m), entretanto ficaram um pouco menores no ano de 2018, sendo o mês de setembro do mesmo ano o valor mais baixo, observando-se, portanto uma tendência de queda (tabela 2), com máximo de 0,28m e mínimo de 0,075m (figura 3).

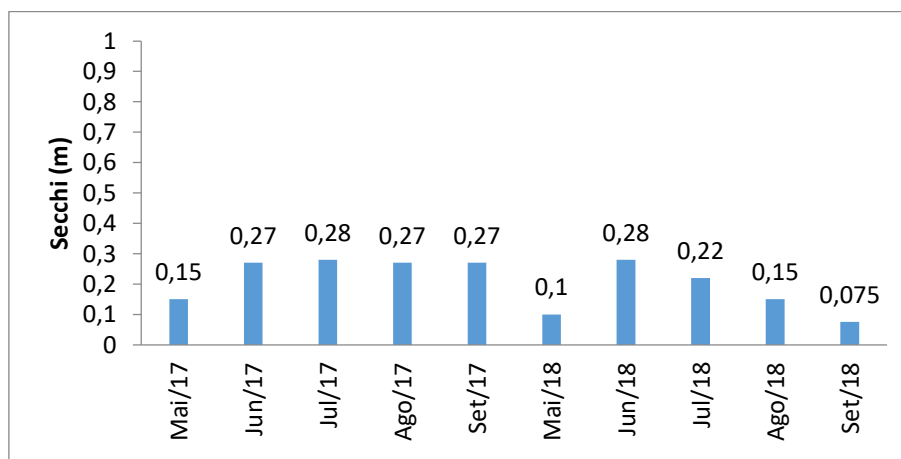


Figura 3 - Valores da profundidade de secchi dos meses de maio a setembro de 2017 e 2018

Os valores de clorofila-*a* em 2017 ficaram, em sua maioria, abaixo de 50 $\mu\text{g/L}$ com um grande aumento do mês de agosto para setembro de 2017. No ano de 2018, esta variável aumentou seus valores de maneira significativa (tabela 2) com todos os valores acima de 60 $\mu\text{g/L}$, havendo novamente um grande aumento de agosto para setembro de 2018, que foi o maior valor de clorofila-*a* de todo o estudo, com maior valor de 468,82 $\mu\text{g/L}$ e menor de 17,39 $\mu\text{g/L}$ (figura 4).

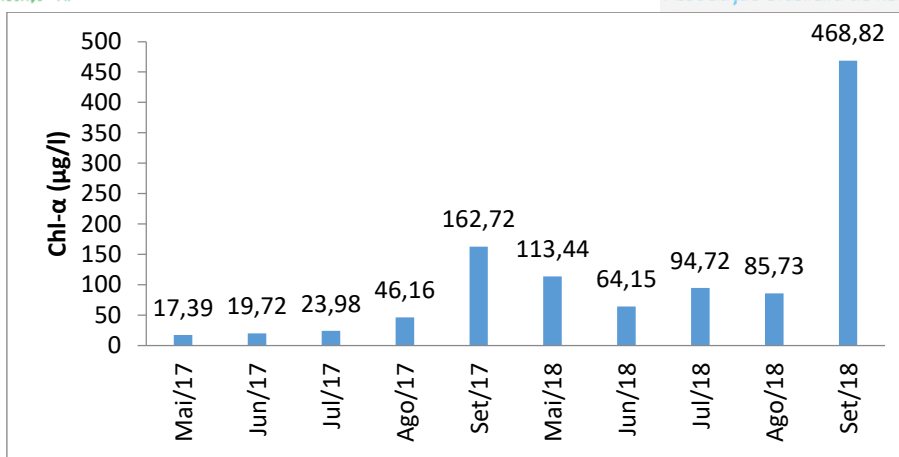


Figura 4 - Valores de clorofila-a dos meses de maio a setembro de 2017 e 2018

O fósforo total variou bastante ao longo dos meses, sempre com valores muito elevados, com tendência de aumento de 2017 para 2018 (tabela 2), com máximo de 807 µg/L e mínimo de 184,5 µg/L (figura 1).

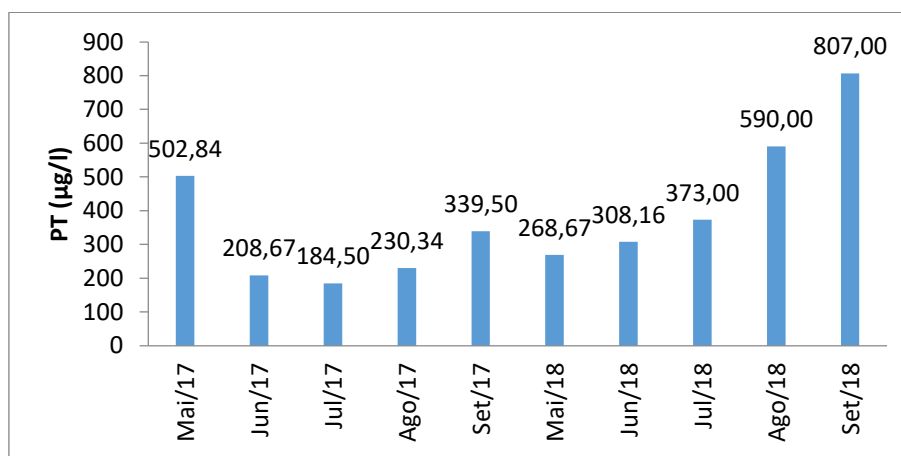


Figura 5 – Valores de Fósforo total dos meses de maio a setembro de 2017 e 2018

Tabela 2 – Valores médios de clorofila-a, profundidade de Secchi e fósforo total dos meses de maio a setembro de 2017 e 2018.

| Ano | Secchi (m) | Clorofila-a (µg/L) | Fósforo Total (µg/L) |
|------|------------|--------------------|----------------------|
| 2017 | 0,25 | 53,99 | 293,16 |
| 2018 | 0,16 | 165,37 | 469,36 |

Pode-se observar que o volume do reservatório foi similar nos respectivos meses de cada ano, após a seca total do reservatório em 2017 houve enchimento a partir de março de 2018 para um volume semelhante ao do ano anterior, entretanto, as variáveis limnológicas aumentaram significativamente de um ano para outro. Esse aumento tende a ser resultado do processo de fertilização interna, onde o fósforo presente no sedimento é liberado para coluna d'água, propiciando o crescimento de biomassa algal (Cooke *et al.*, 2005; Hilt *et al.*, 2006).

Estudo anterior comprovou que o reservatório de Cruzeta possui fósforo móvel em seu sedimento (Cavalcante *et al.*, 2018), que pode ser liberado com o enchimento do reservatório. De maio de 2013 a fevereiro de 2014 o reservatório em questão passou pelas mesmas condições de volumes muito baixos, e a ressuspensão do sedimento elevou as concentrações de nutrientes e estimulou o crescimento fitoplanctônico (Ferreira, 2015). O mesmo processo provavelmente ocorreu novamente, o que explica as maiores concentrações de fósforo total e clorofila-*a* e diminuição da profundidade de secchi encontradas em 2018. Além disso, a chegada das chuvas em 2018 pode ter carregado nutrientes da bacia para dentro do reservatório, aumentando esses valores das variáveis limnológicas.

O índice de estado trófico (Figura 6) permaneceu eutrófico durante todos os meses analisados neste estudo, devido a alta concentração dos nutrientes causada pela alta evaporação. Pois a seca prolongada também é responsável por alterações do estado trófico do sistema, e nas variáveis limnológicas (Barbosa *et al.*, 2012; Jeppesen *et al.*, 2015). Porém, percebe-se a necessidade de um índice com mais graus de trofia, pois mesmo com um grande aumento nas variáveis, o grau permaneceu o mesmo.

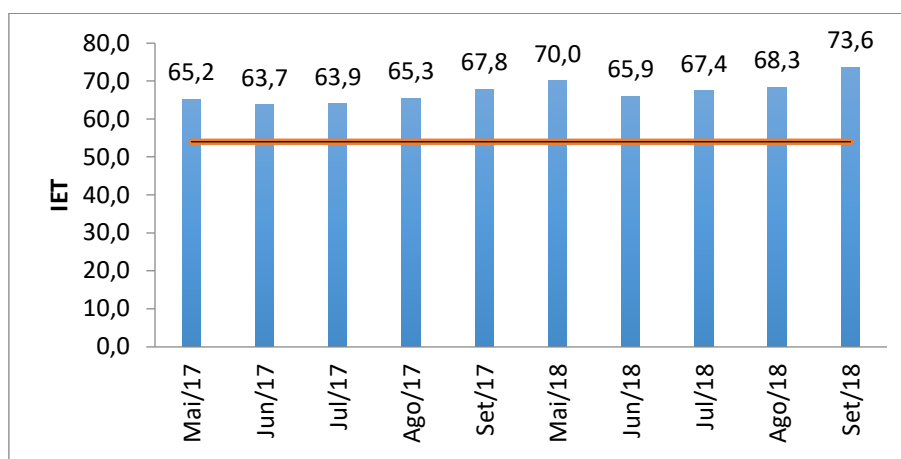


Figura 6- Índice de estado trófico dos meses de maio a setembro de 2017 e 2018

CONCLUSÕES

O reservatório de Cruzeta apresenta situação delicada no que se refere à qualidade de sua água, uma vez mensurado o índice de estado trófico é possível constatar que este apresenta como resultado uma classificação de reservatório eutrofizado ao longo de todos os meses estudados.

Ainda é possível concluir que a seca hidrológica que se prolonga no semiárido nordestino conjuntamente com o aporte autóctone do sistema atua piorando as variáveis limnológicas e mantendo a classificação eutrófica do reservatório de Cruzeta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento de pesquisa ao Projeto Universal 407783/2016-4 intitulado “*Qualidade da disponibilidade hídrica e proposição de técnicas de mitigação frente às mudanças climáticas na região semiárida brasileira*” e também pela bolsa de mestrado do co-autor Diógenes Fernandes dos Santos; e à CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal Superior) pela bolsa de mestrado da autora Fernanda Monicelli Câmara Brito. Também agradecem o grupo de pesquisa ELISA (Estudos Limnológicos do Semiárido) da Universidade Federal do Rio do Norte pelo suporte e apoio nas amostragens de campo e análise de amostras.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., *et al.* (2013) “*Köppen's climate classification map for Brazil*”. Meteorologische Zeitschrift 22(6), pp. 711 – 728.
- AMERICAM PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2012). “*Standard methods for the examination of water and wastewater*”. Washington D.C.: APHA – AWWA – WPCF, 19 ed .
- ANA – Agência Nacional de Águas. Monitor de Secas. Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/>>. Acesso em 5 de fevereiro de 2019.
- BARBOSA, J.E.L., *et al.* (2012). “*Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management*”. Acta Limnologica Brasiliensia 24 (1), pp.103 – 118.
- CARLSON, R. E. A. (1977). “*Trophic State Index for Lakes*”. Limnology e Oceanography 22(2), pp. 361 – 369.
- CAVALCANTE, H., *et al.* (2018). “*Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs*”. **Science of the Total Environment**, 619–620, pp. 1022–1029.
- COOKE, G.D. *et al.* (2005). “*Restoration and Management of lakes and Reservoirs*”. Taylor and Francis, 3ªEd. - Boca Raton. pp. 177-191.
- COSTA, M.R.A.; ATTAYDE, J.L.; BECKER, V. (2016). *Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes*. Hydrobiologia 778(1), pp.75 – 89.
- COSTA, M.R.A., *et al.* (2019) *Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoir*. Hydrobiologia 831(1), pp.43 – 54.
- DODDS, W.K., *et al.* (2009). “*Policy Analysis Policy Analysis Eutrophication of U . S*” . Freshwaters : Damages. Environ. Sci. Technol 43 (1), pp.12 – 19.
- FASTNER, J., *et al.* (1999) . “*Characterization and diversity of microcystins in natural blooms and strains of the genera Microcystis and Planktothrix from German freshwaters*”. Arch. Fur Hydrobiol 145 (1), pp. 147 – 163.

FIGUEIREDO, A.L.; BECKER, V. (2018). “*Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region*”. Brazilian Journal of Water Resources 23 (53), pp. 1 – 8.

HILT, S., *et al.*(2006) “Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes - A guideline and state of the art in Germany” . *Limnologia* 36(3), pp. 155–171.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: FIELD, C. B., *et al.*(2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-32.

JEPPESEN, E., *et al.* (2009). “*Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations*”. Journal of Environmental Quality 38(5), p.1930-1941.

JEPPESEN, E., *et al.* (2015). “*Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity*”. Hydrobiologia 750(1), pp. 201-227.

LE MOAL, M., *et al.*(2019). “*Eutrophication: A new wine in an old bottle?*”. Science of the Total Environment 651(1), p. 1–1.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. (2007). “*Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4*”. Revista Multiciência 8 (1) , pp.5 – 28.

MARENGO, J.A., *et al.* (2009) . “*Future change of 10 temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system*”. Int. J. Climatol 29 (1), pp.2241 – 2255.

MOSLEY, L. M. (2015). “*Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration*”. Earth Sci. Rev 140 (1), pp.203–214.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. (2005). “*Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality*”. Hydrobiologia 548(1), pp. 85 – 99.

TOLEDO JR, A. P., *et al.*(1983). “*A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação de Processo da Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais*” in Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 1983. pp.1–34

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. (2012) “*A Questão Ambiental e a Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas do Nordeste*”. Org. PIRES, T. C. CGEE,Ed. pp. 219-246.

PEARL, H. W. (2006). “*Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations*”. Ecological engineering 26 (1), pp. 40–54.

ROCHA JUNIOR, C.A.N., *et al.* (2018). “*Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs*”. Acta Limnol. Bras. 30.

SCHINDLER, D.W., *et al.* (2008). “*Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment*”. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(32), pp. 11254–11258.

SCHINDLER, D.W. (2006). “*Recent advances in the understanding and management of eutrophication*”. Limnol. Oceanogr 51, pp.356–363.

SMITH, V. H., SCHINDLER, D. W. (2009). “*Eutrophication science: where do we go from here?*”. Trends in Ecology & Evolution 24, pp. 201-207.

SOARES, M. C. S., *et al.* (2012). “*Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir*”. Limnologica 42(3), pp. 197-203.