



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **EFEITOS DA CHUVA NO ESTADO TRÓFICO DE UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO**

*Ticiania Fontoura Vidal<sup>1</sup>; Vanessa Ueta Gomes<sup>2</sup>; Maria Patrícia Sales de Castro<sup>3</sup>; Jessyca Costa Barros<sup>4</sup> & Karina Oliveira Chaves<sup>5</sup>*

**RESUMO** – A presença excessiva de fitoplâncton é consequência direta do enriquecimento da água por nutrientes. A determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos podem avaliar o nível de eutrofização em que um reservatório se encontra. O açude Gavião, responsável pelo abastecimento de água potável da Região Metropolitana de Fortaleza/CE foi estudado com o intuito de se identificar o nível trófico das águas usando o Índice de Estado Trófico médio (IETm). As coletas foram realizadas em cinco pontos de amostragem em caráter mensal durante o período de julho de 2010 a junho de 2011, com total de 12 coletas, sendo seis correspondentes ao período de estiagem e seis ao período chuvoso. As variáveis analisadas foram: transparência da água, concentrações de fósforo total e clorofila-a. Os dados mostraram quanto aos teores de fósforo, suas águas foram classificadas em supereutróficas. As maiores transparências contribuíram para aumento na concentração de clorofila-a no período seco. O Índice de Estado Trófico médio das águas foi classificado como eutrófico para os dois períodos estudados, sendo o IET para o período chuvoso mais elevado, demonstrando forte influência das chuvas no estado trófico do açude.

**ABSTRACT**– The excessive presence of phytoplankton is a direct consequence of the enrichment of water by nutrients. The determination of physical, chemical and biological parameters can assess the level of eutrophication in a reservoir that is. The reservoir Gavião responsible for drinking water supply in the Metropolitan Region of Fortaleza/CE has been studied in order to identify the trophic level of water using the Trophic State Index (TSI). Samples were collected at five sampling points each month during the period July 2010 to June 2011, with a total of 12 samples, six corresponding

1) Mestre em Saneamento Ambiental e Doutoranda em Recursos Hídricos – Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP- 60445-760, Bloco 713. Fortaleza – Ceará, ticianafvidal@yahoo.com.br

2) Mestre e Doutora em Recursos Hídricos – Universidade Federal do Ceará, vanessa\_ueta@yahoo.com.br

3) Mestranda em Saneamento Ambiental – Universidade Federal do Ceará, patricia.sales@gmail.com

4) Mestranda em Saneamento Ambiental – Universidade Federal do Ceará, jessycabarros@gmail.com

5) Mestre em Saneamento Ambiental e Doutoranda em Saneamento Ambiental – Universidade Federal do Ceará, karina.oliveira@ifce.edu.br

to the dry season and six in the rainy season. The variables analyzed were: water transparency, concentrations of total phosphorus and chlorophyll-a. The results shown for the levels of phosphorus, its waters have been classified into supereutrophic. The larger transparencies contributed to increased concentration of chlorophyll-a in the dry season. The Trophic State Index was classified as eutrophic for the two periods studied, the TSI for the highest rainy season, demonstrating the strong influence of rainfall on the trophic state of the reservoir.

**Palavras-chave:** estado trófico, qualidade de água, eutrofização.

## INTRODUÇÃO

Segundo Duarte & Vieira (2009), muitos impactos negativos são gerados pela utilização dos meios hídricos que funcionam como receptores de descargas pontuais e difusas, responsáveis pela diminuição da qualidade da água e consequente alteração da sua estrutura trófica. Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam a capacidade de abastecimento humano, de manutenção da vida aquática e de recreação.

Durante o período de chuvas, a quantidade de nutrientes carregada ao reservatório aumenta consideravelmente, facilitando ainda mais a proliferação das algas. Sendo a quadra chuvosa nas regiões semiáridas bastante curta, seu estudo faz-se primordial para um bom acompanhamento das variáveis limnológicas ao longo do tempo. O Índice do Estado Trófico (IET), por sua vez, tem como finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, de forma confiável, a partir do levantamento das concentrações do nutriente e da clorofila-a (Cordeiro *et al.*, 2009). A transparência também é outro fator de extrema importância, pois a presença de sedimentos na água tem grande influência na variação da zona eufótica e consequente diminuição da atividade fotossintética.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de água foram coletadas no açude Gavião em cinco pontos distintos ao longo de campanhas com periodicidade mensal de julho de 2010 a junho de 2011, compreendendo ciclos de estiagem e de chuva na região. A escolha de cada ponto a ser monitorado foi feita levando em consideração a importância estratégica de cada um em particular e sua localização dentro da bacia hidrográfica. As análises de fósforo total e clorofila-a foram determinados em laboratório, usando como referência Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) e foram realizadas em triplicata. A variável transparência da água foi medida em campo com a utilização do disco de Secchi. A profundidade de coleta foi de 0,3 m, ou seja, coletas superficiais. Foram usados valores médios de cada parâmetro para o cálculo do IET.

A classificação do estado trófico do reservatório foi realizada utilizando o método de Carlson modificado por Toledo *et al.* (1984), cada parâmetro foi classificado quanto ao seu estado trófico conforme os limites recomendados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do estado trófico para reservatórios segundo Carlson (1977) modificado por Toledo. Fonte: Toledo *et al.*, 1984.

<b>Estado Trófico</b>	<b>Fósforo total (mg/L)</b>	<b>Clorofila-a (mg/L)</b>	<b>Transparência (m)</b>
Ultraoligotrófico	$P \leq 0,008$	$Cl \leq 1,17$	$DS \geq 2,4$
Oligotrófico	$0,008 < P \leq 0,019$	$1,17 < Cl \leq 3,24$	$2,4 > DS \geq 1,7$
Mesotrófico	$0,008 \leq P \leq 0,052$	$3,24 \leq Cl \leq 11,03$	$1,7 \geq DS \geq 1,1$
Eutrófico	$0,052 \leq P \leq 0,120$	$11,03 \leq Cl \leq 30,55$	$1,1 \geq DS \geq 0,8$
Supereutrófico	$0,120 \leq P \leq 0,233$	$30,55 \leq Cl \leq 69,05$	$0,8 \geq DS \geq 0,6$
Hipereutrófico	$0,023 < P$	$69,05 < Cl$	$0,6 > DS$

O Índice de Estado Trófico pode ser obtido através das seguintes equações:

$$IET(DS) = 10 * \left( 6 - \frac{0,64 + \ln DS}{\ln 2} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$IET(Pt) = 10 * \left( 6 - \frac{\ln \frac{80,32}{P}}{\ln 2} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$IET(Cl) = 10 * \left( 6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln Cl}{\ln 2} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

O IET de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1984) pode ser obtido separadamente ou através do IET médio, usando os três parâmetros supracitados, como mostra a equação abaixo:

$$IETm = \frac{IET(DS) + IET(Pt) + IET(Cl)}{3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Após calcular o Índice de Estado Trófico Médio (IETm), as águas do reservatório foram classificadas de acordo com os limites estabelecidos por Toledo *et al.* (1984), conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do Índice de Estado Trófico. Fonte: Toledo *et al.*, 1984.

<b>Critério</b>	<b>Estado Trófico</b>
$IET \leq 24$	Ultraoligotrófico
$24 \leq IET \leq 44$	Oligotrófico
$44 \leq IET \leq 54$	Mesotrófico
$54 \leq IET \leq 74$	Eutrófico
$IET > 74$	Hipereutrófico

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O excesso de fósforo surge em águas naturais por conta, principalmente, de descargas de esgotos domésticos e industriais. A presença de fertilizantes, pesticidas e produtos químicos em geral também são fontes de fósforo que, através das chuvas, podem chegar até os corpos hídricos.

A Figura 1 mostra as concentrações médias de fósforo total para o período estudado. Nos meses de estiagem, a concentração manteve-se entre 0,024 e 0,121 mg/L; podendo ser classificado como eutrófico; e nos meses de maior precipitação, a média oscilou em torno de 0,193 mg/L, o que representa águas supereutróficas, o que demonstra uma forte influência das chuvas no grau de eutrofização do açude.

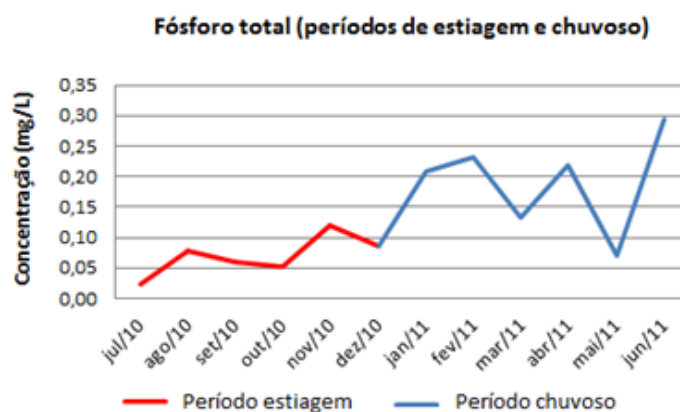


Figura 1 – Concentrações médias de fósforo total da água para período seco (vermelho) e chuvoso (azul), açude Gavião/CE.

É importante observar que os valores de fósforo encontrados durante os meses chuvosos é bem maior que no período seco. Isso decorre do fato de que as chuvas são grandes responsáveis pelo carreamento superficial de nutrientes, enriquecendo os sistemas aquáticos com nitrogênio e fósforo, principalmente. Estes nutrientes tanto podem estar no solo, na coluna de água e/ou retidos nas plantas aquáticas presentes no espelho d'água, que findam por alterar o índice trófico do corpo hídrico.

Santos *et al.* (2011), em estudos nas águas do reservatório Monjolinho/SP, também encontraram maiores concentrações de fósforo total durante o período chuvoso, assim com Braga (2006) encontrou maiores valores do parâmetro em questão também durante o período de chuvas, no açude Gavião.

A partir da Figura 2, pode-se observar com maior clareza o resultado desse enriquecimento das águas provocado pelo aporte de nutrientes alóctones, ocasionando excessiva presença de macrófitas nas margens do açude. A existência dessas algas em elevada quantidade pode provocar a

cobertura da superfície do lago e consequente diminuição da incidência de raios solares, reduzindo as taxas de fotossíntese e podendo até mesmo alterar a composição e dominância de comunidades bióticas.



Figura 2 – Presença excessiva de macrófitas nas margens, açude Gavião/CE.

A quantificação da comunidade fitoplanctônica se constitui em um instrumento de grande importância para o entendimento de sua distribuição espacial e temporal e as relações desta com as variáveis físicas e químicas do meio. Como a clorofila-a é o principal pigmento responsável pela fotossíntese e, de uma maneira geral, o mais abundante, a determinação de sua concentração é frequentemente usada para estimar a biomassa fitoplanctônica (Wetzel, 2001).

A Figura 3 apresenta as concentrações de clorofila-a para os dois períodos estudados. Durante o período seco, os valores oscilaram entre 24,79 e 85,44  $\mu\text{g/L}$ . No período chuvoso, entre 62,38 e 144,66  $\mu\text{g/L}$ . Mais uma vez, percebe-se a grande interferência que a chuva ocasiona aos reservatórios, pois com o aumento dos nutrientes, as algas crescem mais rapidamente e, conseqüentemente, há maior concentração de clorofila-a.

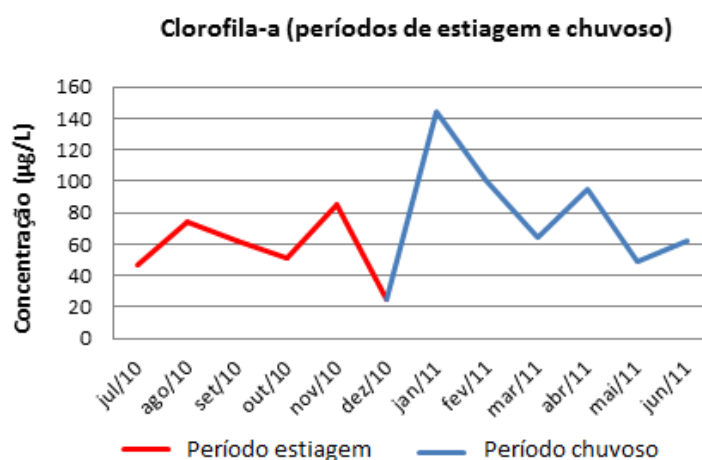


Figura 3 – Concentrações médias de clorofila-a da água para período seco (vermelho) e chuvoso (azul), açude Gavião/CE.

Concentrações de clorofila-a mais elevadas também podem estar associadas ao horário em que as coletas foram realizadas. Entre meio dia e quatorze horas, há intensa radiação solar e as altas temperaturas, o que favorece a atividade fotossintética, resultando em acelerado metabolismo e causando aumento na produção de clorofila-a.

Este resultado configura nos estudos de Chellappa *et al.* (2008), que concluíram que a dinâmica de nutrientes em reservatórios do semiárido é controlada, principalmente, pela variação sazonal das condições climatológicas e hidrológicas.

A transparência de Secchi varia em função da chuva e da drenagem terrestre, que reduzem a entrada de luz no ambiente aquático e aumentam a concentração de nutrientes nos sedimentos, influenciando diretamente na produção de biomassa fitoplanctônica (Azevedo *et al.*, 2008).

A Figura 4 mostra os valores de transparência para o açude Gavião no período estudado. Para os meses de estiagem, os valores ponderaram entre 0,6 e 1,2 m; podendo ser classificado entre eutrófico e hipereutrófico; já para períodos de chuva obteve-se médias entre 0,4 e 0,8 m; classificando o grau como hipereutrófico. Isso acontece devido à presença de sedimentos e outros materiais alóctones carregados para o reservatório durante o período chuvoso, ocasionando uma diminuição na transparência.

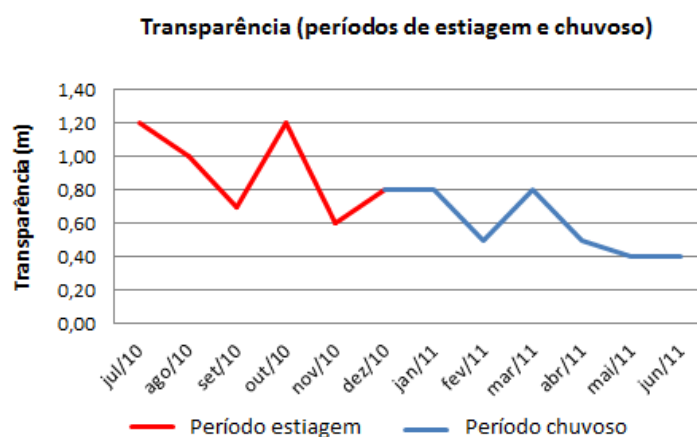


Figura 4 – Valores médios da transparência de Secchi para período seco (vermelho) e chuvoso (azul), açude Gavião/CE.

Segundo Azevedo *et al.* (2008), a presença dos sedimentos tem grande influência na variação da zona eufótica. O aspecto visual da água pode nos dar uma ideia de quão contaminada ela está (Figura 5).



Figura 5 – Aspecto visual da água de baixa transparência, açude Gavião/CE.

Na Figura 6, os valores de IETm são mostrados para os períodos estudados, de forma que, durante os dois períodos estudados, o reservatório pôde ser classificado como eutrófico, pois o valor do IET para as concentrações médias de fósforo total, clorofila-a e transparência ficaram entre 54 e 74 de acordo com o IET modificado.

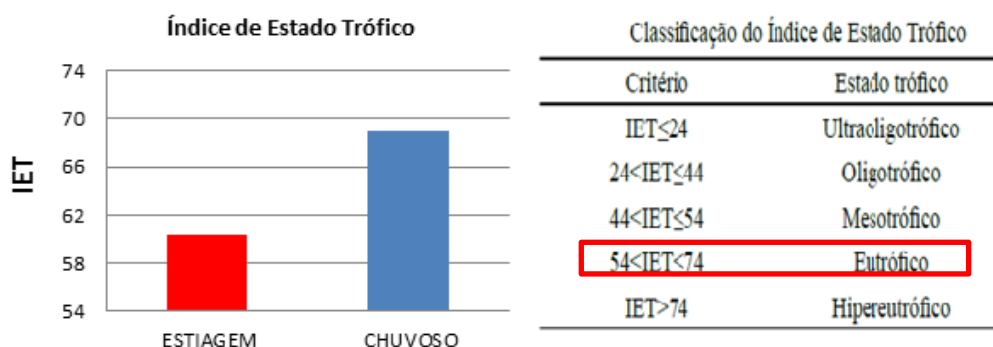


Figura 6 – Valores de IETm no período de estiagem e de chuva, açude Gavião/CE.

Os corpos hídricos que se encontram na classe eutrófica tem alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral, afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos (Batista *et al.*, 2014).

## CONCLUSÃO

O efeito de diluição das concentrações de nutrientes na água dos reservatórios durante o período chuvoso pode, por um curto período de tempo, melhorar as características tróficas destes mananciais, mas as cargas de fósforo recebidas devem agravar o estado trófico devido a alta retenção deste nutriente. Foi observada variabilidade sazonal dos parâmetros entre os períodos de estiagem e chuvoso e as condições tróficas determinadas por meio do índice trófico indicaram a

presença de condições eutróficas, passando por super e hipereutróficas. A presença de materiais alóctones carregados pelo escoamento superficial foi determinante para a redução da transparência da água, o que classificou o reservatório em hipereutrófico nos dois períodos avaliados e conseqüentemente, o arraste de nutrientes foi decisivo para a elevação da concentração de fósforo total e por seguinte, da clorofila-a no reservatório. Conclui-se que o estado trófico deste reservatório está relacionado com as flutuações sazonais hidrológicas, controlado substancialmente pela chuva. O Índice de Estado Trófico médio foi classificado em eutrófico para os dois períodos avaliados.

## BIBLIOGRAFIA

APHA - American Public Health Association. (2005). *“Standard methods for the examination of water and wastewater.”* 21.ed. Washington: APHA, 1207p.

Azevedo, A. C. G.; Feitosa, F. A. N.; Koenig, M. L. (2008). *“Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil.”* Acta Botânica Brasílica, v. 22, n. 3, pp. 870-877.

Batista, A. A.; Meireles, A. C. M.; Andrade M. A. de; Izidio N. S. de C.; Lopes, F. B. (2014). *“Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará.”* Revista Agroambiente, v. 8, n. 1, pp. 39-48.

Braga, E. de A. S. (2006). *“Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude gavião, e sua contribuição para a eutrofização.”* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Carlson, R. E. (1977) *“A Trophic state index for lakes.”* Limnol. Oceanogr., v.22, pp. 361-369.

Chellappa, N. T.; Borba, J. M.; Rocha, O. (2008). *“Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil.”* Brazilian Journal of Biology, v. 68, n. 3, pp. 477-494.

Cordeiro, E. M. S.; Rocha, F. N. S.; Pequeno, M. N. C.; Buarque, H. L. B.; Gomes, R. B. (2009). *“Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do Opaia e da Sapiranga,*



*Fortaleza/CE.*” in IX Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação, IX Encontro de Iniciação Científica, III Simpósio de Inovação Tecnológica, Fortaleza.

Duarte, A. A. L. S; Vieira, J. P. (2009). “*Integrated estuarial modelling for eutrophication vulnerability assessment.*” Journal on Fluid Mechanics, v. 4, pp. 1-1.

Santos, M. G.; Santino, M. B. C.; Junior, I. B. (2011). “*Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho/SP.*” *Oceologia Australis*, v. 15, n. 3, pp. 682-696.

Toledo, A. P.; Agudo, E. G.; Tolarico, M.; Chinez, S. J. A. (1984). “*Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais.*” in XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Santiago do Chile. Chile.

Wetzel, R.G. (2001). “*Limnology: lake and river ecosystems.*” 3<sup>a</sup> ed. San Diego: Academic.