

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

EVOLUÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO JUCAZINHO, PERNAMBUCO

Ioná Rameh¹; Almir Cirilo²

RESUMO – Os problemas ocasionados pela eutrofização em corpos hídricos são conhecidos no mundo todo, principalmente os ligados a deterioração da qualidade da água em mananciais utilizados para abastecimento público por estarem relacionados à graves conseqüências à saúde das populações e ao aumento dos custos com o tratamento da água destinada ao consumo humano. Visto que o fósforo é um importante elemento para desencadear a eutrofização, tornou-se comum a prática de classificar lagos e reservatórios baseado na sua concentração de nutrientes e nas manifestações ecológicas. Este trabalho apresenta a evolução do estado trófico do reservatório Jucazinho, localizado no Agreste pernambucano, através do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo, bem como os valores de cianobactérias observados no período de 2005 a 2010. Observou-se que a ausência de precipitações entre os anos de 2006 e 2007 e a não operação da válvula para a descarga de fundo contribuiu para o aumento das concentrações de fósforo total e, conseqüentemente, para elevação do estado trófico do manancial.

ABSTRACT– The problems caused by eutrophication in water bodies are known worldwide, especially those linked to deterioration of water quality in reservoirs used for public supply because they are related to serious consequences for public health and the increased costs to the treatment of water intended for human consumption. Since phosphorus is an important element to trigger eutrophication has become common practice to classify lakes and reservoirs based on the concentration of nutrients and ecological events. This paper presents the evolution of trophic state Jucazinho the reservoir, located in the Pernambucan through the Trophic State Index of Carlson modified by Toledo, as well as amounts of cyanobacteria observed in the period 2005 to 2010. It was observed that the absence of precipitation in the years 2006 and 2007 and non-operation of the valve to bottom discharge contributed to the increased levels of total phosphorus and hence to increase trophic status.

Palavras-Chave – Reservatório, Fósforo Total, IET.

INTRODUÇÃO

Os problemas ocasionados pela eutrofização em corpos hídricos são conhecidos no mundo todo, principalmente os ligados a deterioração da qualidade da água em mananciais utilizados para

1) Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Endereço: Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, Recife/PE, 50740-540. (81)94620041, (81)21251600, ionarameh@yahoo.com.br

2) Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestre em Engenharia Civil (UFRJ), Engenheiro Civil (UFPE). Atualmente é Professor Titular da UFPE, do CAA e Secretário Executivo de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco.

abastecimento público recreação por estarem relacionados à graves conseqüências à saúde das populações e ao aumento dos custos com o tratamento da água destinada ao consumo humano.

A eutrofização desencadeada pelo excesso de nitrogênio e fósforo em reservatórios artificiais tem despertado a atenção do Poder Público em função do perigo que estas águas oferecem, pois em um ambiente eutrofizado poderão proliferar cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas, as quais podem produzir toxinas que causam sérios danos à vida animal e à saúde humana, podendo até mesmo levar à morte (OLIVEIRA & MOLICA, 2003).

O reservatório Jucazinho, localizado na Bacia do rio Capibaribe no estado de Pernambuco, apresenta a qualidade das águas deteriorada em função do aporte de nutrientes devido ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica contribuinte. O rio Capibaribe, mais especificamente o trecho a montante do reservatório Jucazinho, é destino de esgotos domésticos, bem como dos efluentes industriais de núcleos urbanos localizados às suas margens.

Construída pelo DNOCS, a barragem foi concluída e inaugurada em 1998 e, atualmente, contempla usos múltiplos, dentre eles a atenuação de enchentes, o abastecimento humano e a piscicultura. Atualmente, Jucazinho é responsável por abastecer em torno de 800 mil habitantes na região do Agreste Pernambucano e, devido ao atual estado trófico de suas águas, torna-se imprescindível a realização de estudos que direcionem ações de controle do processo de eutrofização, tendo em vista o crescente aumento das concentrações de nutrientes em suas águas e, sobretudo, a possibilidade de ocorrência de proliferação de cianobactérias.

Visto que o fósforo é um importante elemento para desencadear a eutrofização, tornou-se comum a prática de classificar lagos e reservatórios baseado na sua concentração de nutrientes e nas manifestações ecológicas. A primeira delas foi proposta por Vollenweider em 1968, que se tornou mundialmente conhecida e adotada. Esta classificação estabelece como critérios básicos as concentrações de fósforo (nutriente limitante), a abundância algal (expresso como clorofila a) e a transparência da água (disco de Secchi).

Tradicionalmente, lagos do mundo todo, incluindo os de regiões tropicais, foram enquadrados segundo esta classificação, embora fosse reconhecida a nítida diferença nas respostas destes, em relação aos sistemas temperados, frente ao processo de eutrofização (SALAS & MARTINO, 1991; TOLEDO et al., 1983). Porém, é comumente utilizado no Brasil o índice introduzido por Carlson em 1977 e modificado por Toledo em 1983 (TOLEDO et al., 1983) como forma de avaliação do grau de trofia em corpos d'água.

Este índice classifica os corpos hídricos em diferentes graus de trofia quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Os resultados deste índice calculados a partir dos valores de fósforo devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como agente causador do processo. Contudo, vale ressaltar que em um ambiente eutrofizado nem sempre se observa a proliferação de cianobactérias tóxicas, pois a produção e predominância de certas espécies dependem de uma série de fatores dentre eles a baixa razão entre nitrogênio total e fósforo total, baixa concentração de CO₂ ou alto pH, alta temperatura, baixa intensidade luminosa, possibilidade de armazenar fósforo, entre outras (DOMINGOS, 2001 apud BRANDÃO & DOMINGOS, 2006). Entretanto, o conhecimento do grau de trofia de reservatórios torna-se um importante instrumento, tendo em vista que, frequentemente, a dominância de certos grupos é ampliada com o aumento do nível de trofia do corpo hídrico (JENSEN et al., 1994; SILVA, 2009).

Este trabalho apresenta a análise da evolução do estado trófico do reservatório Jucazinho, localizado no Agreste pernambucano, através do Índice de Estado Trófico- IET, bem como os valores de cianobactérias observados no período de 2005 a 2010.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados nesta pesquisa os dados de fósforo total, clorofila *a* e de cianobactérias do monitoramento sistemático da qualidade da água efetuado bimestralmente pela Agência Pernambucana de Águas (APAC) e Clima e a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH).

Os dados coletados referem-se à água superficial do reservatório e foi utilizado para obtenção do respectivo grau de trofia o IET de Carlson modificado por Toledo, calculado apenas com os valores de fósforo total e clorofila *a*. Este índice alterou as expressões originais para adequá-las aos ambientes subtropicais e incluiu uma expressão para o ortofosfato solúvel, conforme mostram as equações abaixo.

$$IET (S) = 10 * \left(6 - \frac{0,64 \ln Tra}{\ln 2} \right) \quad (1)$$

$$IET (PT) = 10 * \left(6 - \frac{\ln \frac{80,32}{PT}}{\ln 2} \right) \quad (2)$$

$$IET (OS) = 10 * \left(6 - \frac{\ln \frac{21,67}{OS}}{\ln 2} \right) \quad (3)$$

$$IET (CL) = 10 * \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln CL}{\ln 2} \right) \quad (4)$$

Onde S é a profundidade do disco de Secchi (m), PT é a concentração de fósforo total (mg/m³), OS é a concentração de ortofosfato solúvel e CL é a concentração de clorofila a (mg/m³), todos tomados na superfície.

A Tabela 1 apresenta os valores de concentrações de PT, clorofila *a* e transparência da água correspondente ao seu respectivo IET de Carlson modificado por Toledo.

Tabela 1- Critérios de classificação do IET e correspondências de valores de concentrações (mg/L)

IET de Carlson modificado	Classificação do estado trófico	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	S (m)
≤ 47	Ultraoligotrófico	< = 0,008	<= 1,17	>= 2,4
47 < IET ≤ 52	Oligotrófico	0,008 < PT ≤ 0,019	1,17 < CL ≤ 3,24	2,4 > S ≥ 1,7
52 < IET ≤ 59	Mesotrófico	0,019 < PT ≤ 0,052	3,24 < CL ≤ 11,03	1,7 > S ≥ 1,1
59 < IET ≤ 63	Eutrófico	0,052 < PT ≤ 0,120	11,03 < CL ≤ 30,55	1,1 > S ≥ 0,8
63 < IET ≤ 67	Supereutrófico	0,120 < PT ≤ 0,233	33,55 < CL ≤ 69,05	0,8 > S ≥ 0,6
> 67	Hipereutrófico	>= 0,233	> 69,05	<= 0,6

Fonte: Lamparelli, 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados do programa de monitoramento sistemático da qualidade da água realizado pela APAC/CPRH entre 2005 e 2011, a água superficial em Jucazinho apresenta-se com valores dentro do que estabelece a Resolução CONAMA 357/05 para o OD, DBO e coliformes termotolerantes, para a maioria dos dados observados. Contudo, para o fósforo total observam-se valores superiores ao limite estabelecido pela legislação ambiental, que define o valor máximo de 0,03 mg/L para águas de ambientes lênticos, enquadradas na Classe II da referida Resolução.

É importante ressaltar que o grau de eutrofização de um corpo hídrico tomado como um valor médio anual não é representativo do seu estado trófico, tendo em vista a variação sazonal de fatores ambientais que exercem influência na dinâmica do reservatório. O processo de eutrofização pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e outras em que pode ser mais limitada. Assim, serão apresentados os resultados bimestrais, ou seja, em seis meses do ano (janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro), de acordo com a frequência de obtenção dos dados.

Na Figura 1 é apresentada a evolução anual do IET para Jucazinho nos anos de 2005 a 2011. Nesta figura, verifica-se que em 2005 o IET apresentou maior variabilidade entre os meses, alcançando valores menores nos meses do período chuvoso (de maio a agosto) e maiores na estiagem (de setembro a abril). Em dezembro de 2004, de acordo com informações da COMPESA e relatado por Albuquerque (2005), ocorreram manobras operacionais na válvula de descarga do reservatório, o que pode ter ocasionado a ressuspensão do fósforo sedimentado no fundo, passando-o para a coluna de água. Para os outros anos, observa-se uma tendência a manter-se entre os valores de 50 e 60, o que caracteriza Jucazinho como um reservatório mesotrófico a supereutrófico pelo Índice de Estado Trófico de Carlson Modificado.

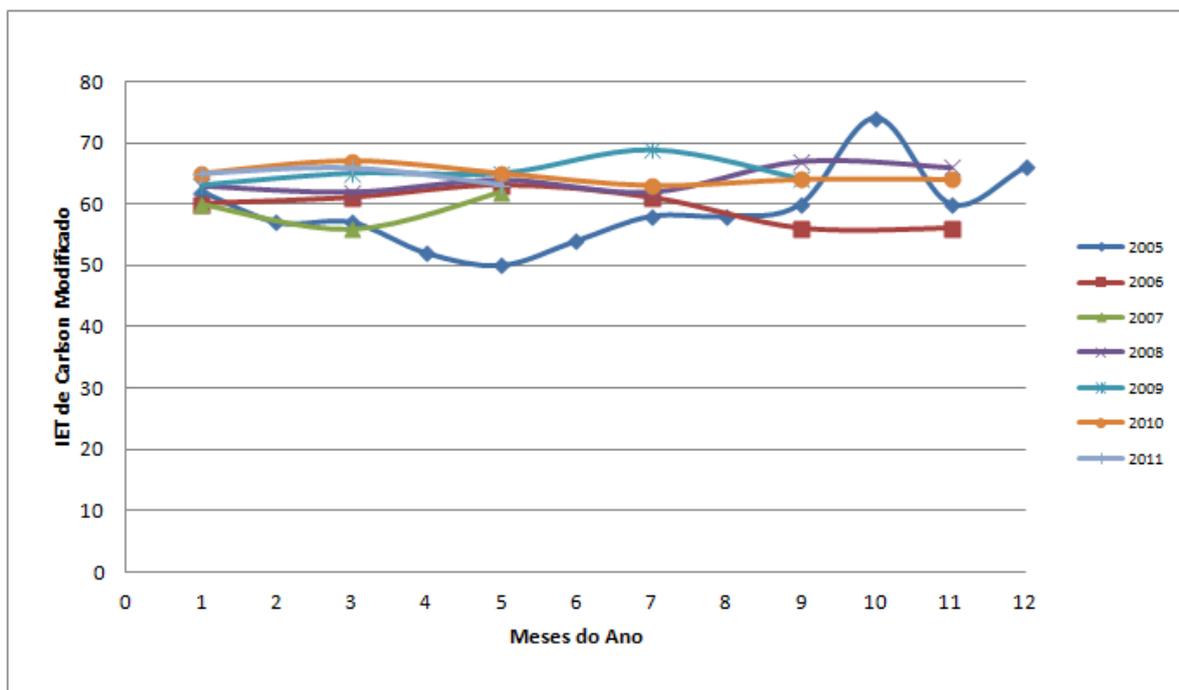


Figura 1- Índice de Estado Trófico do reservatório Jucazinho. Fonte: Elaborada a partir dos dados do monitoramento sistemático do reservatório Jucazinho- APAC/CPRH.

Na Figura 2 observa-se com maior detalhe a evolução do estado trófico do reservatório entre os anos 2005 e 2011. É claro o aumento do IET ao longo dos anos, o que reforça a necessidade de redução do aporte de nutrientes para desacelerar o processo de crescimento excessivo de biomassa verde.

Conforme apresentado na Tabela 1, o estado mesotrófico apresenta uma variação de 0,019 a 0,052 $\mu\text{g/L}$ de fósforo e concentração de clorofila a de 3,24 a 11,03 $\mu\text{g/L}$. Para o nível supereutrófico as concentrações se elevam para uma faixa de 0,120 a 0,233 $\mu\text{g/L}$ e 33,55 a 69,05 $\mu\text{g/L}$, respectivamente, para o fósforo total e a clorofila a. Com base nestes limites, observa-se que houve um considerável aumento destes parâmetros para que o IET de Jucazinho passasse do estado mesotrófico em 2005 a 2007 para o supereutrófico a partir de 2008.

As precipitações ocorridas nos anos de 2006 e 2007 não foram capazes de gerar vertimento no reservatório neste período, o que poderia eliminar boa parte dos nutrientes presentes na água, e como, consequência, repercutiu em um considerável acúmulo de fósforo ao longo do rio, o qual foi carregado para o manancial com as primeiras chuvas de 2008, apresentando considerável aumento no IET neste ano. Com os vertimentos que ocorreram anualmente partir de 2008 até 2011, verifica-se uma tendência à estabilidade no estado trófico do reservatório, permanecendo em supereutrófico.

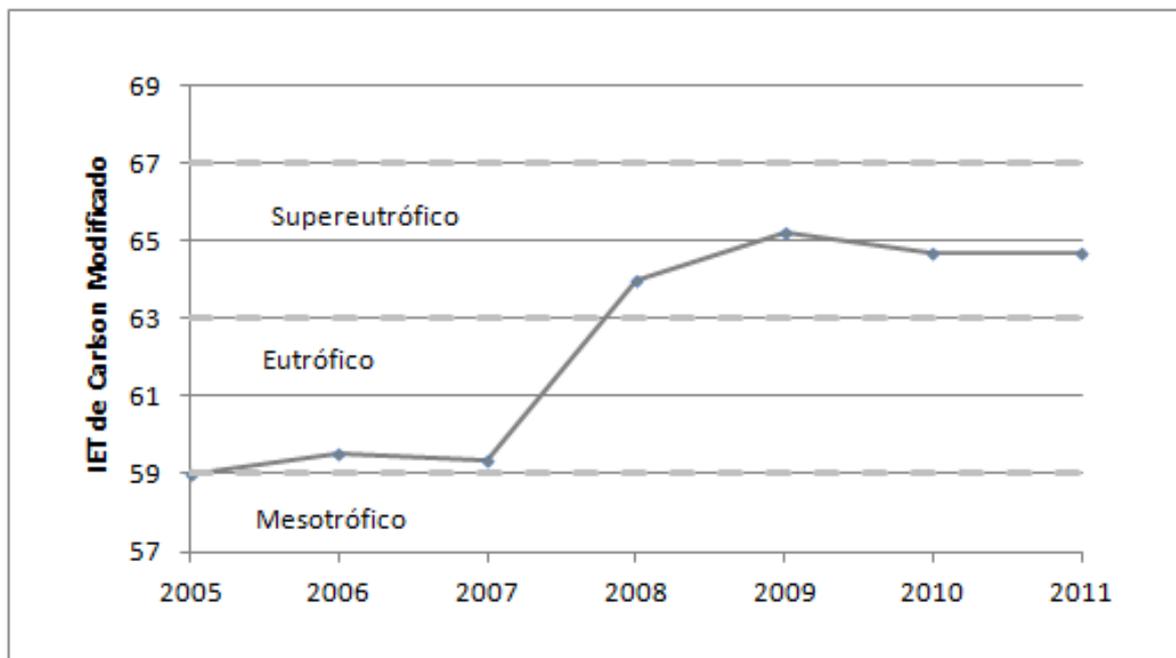


Figura 2 - Evolução do IET médio no reservatório Jucazinho. Fonte: Elaborada a partir dos dados do monitoramento sistemático do reservatório Jucazinho – APAC/CPRH.

Como em um ambiente eutrófico há maior tendência à proliferação de cianobactérias, é interessante apresentar resultados do monitoramento destes organismos.

Os valores de cianobactérias apresentam uma grande variação no período de 2005 a 2010. Na Figura 3 são apresentados valores médios observados de densidade de cianobactérias, fósforo total e volume de água acumulado. É possível observar o consumo de fósforo à medida que aumenta o número de cianobactérias. Por outro lado, a ausência de chuvas no período de 2006 e 2007, contribuiu para a diminuição de nutrientes que são carregados com as precipitações, conforme comentado anteriormente. Vale ressaltar que alguns gêneros de cianobactérias conseguem acumular nutriente para uso posterior em um período de escassez, o que justifica florações destes organismos, mesmo quando se verifica baixos teores de fósforo na água (ANDREOLI & CARNEIRO, 2005)

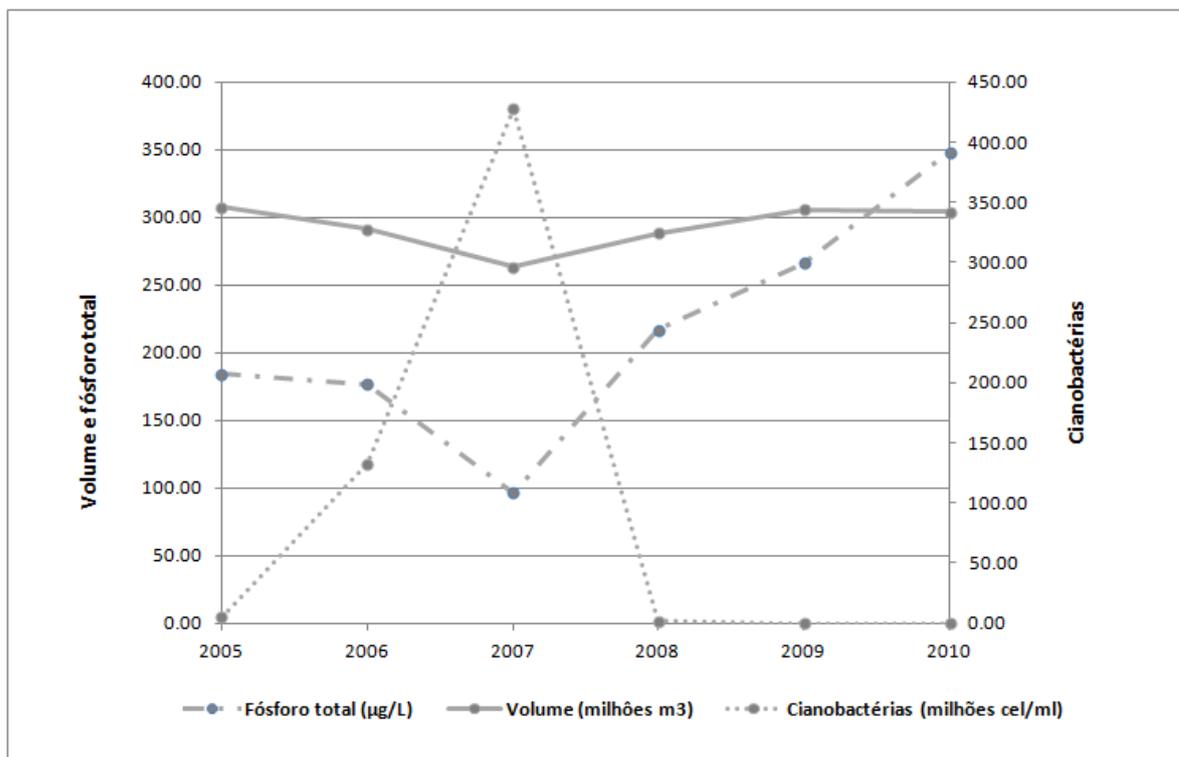


Figura 3- Evolução das cianobactérias, do fósforo total e do volume acumulado em Jucazinho entre 2005 e 2010. Fonte: Elaborada a partir dos dados do monitoramento sistemático do reservatório Jucazinho – APAC/CPRH.

Da mesma forma, pode-se analisar a repercussão do vertimento, através da variação do volume, na eliminação de cianobactérias na água do manancial. Observa-se que ocorreu “bloom” de cianobactérias no período onde não ocorreu vertimento do reservatório. Em maio de 2007 foi verificada a maior contagem de cianobactérias por unidade de volume em toda a série de dados analisada. A partir de 2008, as cianobactérias diminuíram consideravelmente.

Albuquerque e Oliveira (2010) verificaram em Jucazinho maiores concentrações de fósforo total nos meses de março a junho e menores nos meses de janeiro a março de 2007, além do decaimento da densidade de cianobactérias nos meses de março a setembro deste mesmo ano. Os autores ressaltam que valores do fósforo mais elevados no período de chuvas podem indicar a influência da bacia de contribuição do reservatório e que a mortalidade das cianobactérias pode estar relacionada com a quebra da estabilidade térmica ocasionada pela mistura da massa de água durante o inverno.

Vale ressaltar que no ano de 2007, diferentemente dos outros anos, foram realizadas pela APAC/CPRH apenas três amostragens para monitoramento da qualidade da água superficial do reservatório (janeiro, março e maio), o que não permite compará-los com o trabalho de Albuquerque e Oliveira (2010). Porém, para os demais anos do período monitorado, verifica-se uma tendência a apresentar valores mais elevados de fósforo total no período de chuvas e menores nos meses de estiagem, de acordo com os dados do monitoramento sistemático da APAC/CPRH. Isso é

decorrente do regime intermitente do rio: é no período chuvoso que a carga poluente, que repousa ao longo da calha fluvial nas proximidades dos focos de poluição, é transportada para o reservatório.

CONCLUSÕES

De acordo com dados do monitoramento sistemático da APAC/CPRH e o IET calculado para o reservatório Jucazinho, conclui-se que:

- o estado trófico de Jucazinho tem se elevado consideravelmente nos últimos anos, passando de mesotrófico em 2005 para supereutrófico em 2011;
- uma das possíveis causas da elevação do grau de trofia do reservatório se deve às fontes externas de aporte de fósforo, como lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento, que chega ao reservatório durante o período de chuvas;
- a reciclagem interna de fósforo no manancial também pode ser considerada como uma causa da elevação da concentração de fósforo na água, visto que em situações de anoxia, o fósforo do sedimento retorna a coluna de água;
- a ausência de descarga de fundo em Jucazinho tem contribuído para a elevação da concentração de fósforo na coluna de água e no sedimento;
- as baixas precipitações nos anos de 2006 e 2007 acarretaram em baixas vazões no rio e pouca afluência ao reservatório. Conseqüentemente, em 2008, ano com maiores precipitações do que os anteriores, verifica-se um maior aporte de fósforo total ao reservatório, principalmente no início do período chuvoso;
- o vertimento que se verifica anualmente, a partir de 2008, tem colaborado para redução da fertilização das águas de Jucazinho e do crescimento de biomassa algal pela saída da água superficial; contudo, o processo não foi capaz de produzir redução no nível trófico do reservatório;
- as cianobactérias apresentaram maior densidade para os anos de baixas precipitações, ano de 2006 e 2007. Nos anos seguintes, estes organismos apresentam-se em menor densidade, que pode estar associado à liberação de volume considerável de água com o vertimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a APAC e a CPRH pela concessão dos dados do monitoramento sistemático da qualidade da água do reservatório Jucazinho.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, N. L. “*Estudos da presença do manganês no reservatório Jucazinho localizado na bacia hidrográfica do rio Capibaribe no Agreste pernambucano- Brasil.*” 2005. 96f. Dissertação (mestrado em Tecnologia Ambiental)- Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco- ITEP OS, Recife, Pernambuco, 2005.

ALBUQUERQUE, N. L.; OLIVEIRA, F. H. P. Avaliação Sazonal da Qualidade da Água dos Reservatórios de Carpina e Jucazinho (PE), pertencentes à Bacia do Rio Capibaribe, Pernambuco – Brasil. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Bittencourt-Oliveira, M.C., Pimentel, M. M.; Albuquerque, U.P. (Eds.). *Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo*. Bauru/ SP: Canal6/Recife, PE: NUPEEA. 2010. pp. 283-328. 576p.

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Eds.). *Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados*. Ed. Graf. Capital Ltda, Curitiba: 2005. 500p.

BRANDÃO, L. H. DOMINGOS, P. “*Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas.*” Saúde & Ambiente em Revista. v.1, n.2, p.40-50p. jul-dez 2006. Disponível em: <http://www.unigranrio.br/unidades_acad/ibc/sare/v01n02/galleries/downloads/artigos/A01N02P05.pdf . Acesso em: Nov./2011.

JENSEN, J.P.; JEPPESEN, E., OLRİK, K.; KRISTENSEN, P. “*Impact of nutrients and physical factors on the shift from cyanobacterial to chlorophyte dominance in shallow Danish lakes.*” Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 51, n. 8, pp.1692-1699, 1994.

OLIVEIRA, M. C. B.; MOLICA, R. “*Cianobactéria Invasora- Aspectos Moleculares e Toxicológicos de *Cylindropermopsis Raciborskii* no Brasil.*” Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, edição, n. 30, jan/jun, 2003.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. “*A Simplified Phosphorus Trophic State Model for Warm-Water Tropical Lakes*”. Water Resources, v. 25, n. 3, pp. 341-350, 1991.

SILVA, J. R. L. “*Dinâmica de cianobactérias e cianotoxinas em um braço do reservatório da usina hidroelétrica Luiz Eduardo Magalhães e suas implicações para o abastecimento público de Palmas- TO*”. 2009. 114f. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul- IPH, Porto Alegre, 2009.

TOLEDO, A.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A. “*Aplicação de Modelos Simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais*”. In: XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983, Camboriú/SC. Anais... Nov. 1983, pp. 1-34.