

VARIAÇÃO DE FÓSFORO EM RESERVATÓRIO

Ioná Rameh^{1}; Almir Cirilo²; Mauro Marinho³; Clênio Torres³*

Resumo – Os nutrientes são elementos importantes para o ecossistema aquático por estarem relacionados ao processo fotossintético. Contudo, a presença de nitrogênio e fósforo em excesso em corpos hídricos pode ocasionar a eutrofização que estimula o crescimento de algas ou plantas aquáticas enraizadas, resultando em interferências nos usos desejáveis da água. Atualmente, o reservatório Jucazinho, responsável por abastecer uma população de aproximadamente 800 mil habitantes no Agreste de Pernambuco, apresenta elevados teores de fósforo por receber contribuição de efluentes domésticos e industriais de núcleos urbanos que estão às margens do rio Capibaribe sem o devido tratamento. Como agravante do problema, o Jucazinho, desde 2004, mantém suas águas represadas, sem a devida operação do dispositivo de descarga de fundo. Este artigo apresenta os resultados obtidos em campanhas de monitoramento do fósforo total ao longo do perfil vertical do reservatório Jucazinho. Observou-se que as concentrações deste nutriente ao longo dos anos têm aumentado consideravelmente; que a não operação da descarga de fundo tem contribuído para a elevação dos teores de fósforo na coluna de água e no sedimento e que a pouca variação deste elemento na coluna d'água, nos dois pontos amostrados em 2011, pode estar sinalizando uma saturação de fósforo na massa líquida.

Palavras-Chave – Fósforo; reservatório, nutrientes.

VARIATION OF PHOSPHORUS IN RESERVOIR

Abstract – Nutrients are important for the aquatic ecosystem because they are related to the photosynthetic process. However, the presence of nitrogen and phosphorus in excess bodies of water can lead to eutrophication which stimulates growth of algae and aquatic plants rooted, resulting in interference with desirable uses of the water. Currently, the reservoir Jucazinho responsible for supplying a population of approximately 800,000 inhabitants in the arid zone of Pernambuco, has high levels of phosphorus to receive contribution of domestic and industrial effluents from urban centers that are on the river Capibaribe without proper treatment. How aggravating the problem, Jucazinho since 2004, maintains its backwaters, without proper device operation bottom discharge. This article presents the results of monitoring campaigns in the total phosphorus along the vertical profile of the reservoir Jucazinho. It was observed that the concentrations of the nutrient over the years have increased considerably, the non bottom discharge operation has contributed to the rise in phosphorus content in the water column and sediment, and the low variation of this element in column of water in the two sampling sites in 2011, may be signaling a saturation of phosphorus in the liquid mass.

Keywords – Phosphorus; reservoir; nutrients.

INTRODUÇÃO

A vida no ecossistema aquático está intimamente relacionada à presença de macro e micronutrientes. Os macronutrientes, como carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, sílica e ferro são necessários em grande quantidade, enquanto que os micronutrientes como manganês,

^{1*} Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE. ionarameh@yahoo.com.br

² Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco- SRHE. almir.cirilo@gmail.com

³ Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC. mauromarinho@gmail.com e cleniotorresfilho@yahoo.com.br

cobre e zinco também são necessários, mas em menor quantidade (MADIGAN, MARTINKO & BROCK, 2006; WETZEL & LIKENS, 1991).

O metabolismo nestes ecossistemas envolve três etapas principais: produção, consumo e decomposição de matéria orgânica, onde os nutrientes estão em constante reciclagem (ESTEVES, 1998). A taxa de reciclagem depende das inter-relações entre a mistura horizontal e vertical da água, as quais determinam a distribuição temporal e espacial dos nutrientes, assim como da atividade e da biomassa dos organismos presentes. Tundisi e Tundisi (2008) enfatizam que o tempo de residência é uma variável importante a considerar em processos de reciclagem de nutrientes no ambiente aquático.

A importância dos nutrientes (nitrogênio e fósforo) ao ecossistema aquático reside no fato desses elementos atuarem como limitantes na produção primária, por estarem relacionados ao processo fotossintético (ESTEVES, 1998; WETZEL & LIKENS, 1991). A presença de fósforo e de nitrogênio em excesso nos corpos hídricos pode ocasionar a eutrofização que pode ser definida como a entrada de nutrientes orgânicos e inorgânicos aos corpos d'água, a qual estimula o crescimento de algas ou plantas aquáticas enraizadas, resultando em interferências nos usos desejáveis da água (THOMANN & MUELLER, 1987).

Por outro lado, além do processo interno de reciclagem, há também o aporte de nutrientes através de fontes externas. Lagos, reservatórios/represas e rios são ecossistemas complexos e funcionam em interação permanente e dinâmica com a bacia hidrográfica a qual pertencem. De acordo com a sua morfometria, localização geográfica e altitude apresentam respostas diferentes para cada situação ou estímulo que neles atuam (variações de nível, ventos, precipitação, radiação solar), da mesma forma, que recebem a influência de todas as atividades humanas desenvolvidas na bacia.

Thomann e Mueller (1987) citam como principais fontes externas de entrada de nutrientes nos corpos d'água os esgotos domésticos e industriais, o escoamento superficial de áreas agricultáveis, de florestas e urbanas e a precipitação atmosférica sobre a área do lago ou represa.

Grandes alterações nos níveis de fósforo e nitrogênio também são causadas pelo lançamento de efluentes industriais. Braile e Cavalcante (1979) apud Quevedo (2009) citam que a presença de nutrientes em efluentes industriais está relacionada ao uso de detergentes utilizados nas etapas de limpeza ou lavagem de linhas de produção dos mais diversos ramos de atividades, como por exemplo, em indústrias têxteis e de fibras em geral, indústrias de alimentos, frigoríficos e curtumes, dentre outras. Especificamente em relação à indústria têxtil, Archela et al. (2003) enfatizam que a composição química destes efluentes é muito rica em fósforo.

O fósforo existe em baixa disponibilidade no ambiente natural quando comparado com outros macronutrientes (WETZEL & LIKENS, 1991). Como as possíveis causas dessa escassez têm-se a baixa abundância deste elemento na crosta terrestre; a pouca solubilidade dos minerais fosfatados; por este elemento não existir na forma gasosa e por se unir fortemente às partículas finamente granuladas, o que favorece a sua remoção da água, transportando-o para o sedimento de fundo (CHAPRA, 2008).

De acordo com Esteves (1998), o ciclo do fósforo no sedimento é diretamente influenciado pela concentração de oxigênio da água de contato, ou seja, na água sobre o sedimento. O fosfato é precipitado quando submetido a condições aeróbias, enquanto que em situações onde a concentração de oxigênio atingir níveis baixos ou nulos é liberado para a coluna d'água.

Esteves (1998) enumera alguns fatores físicos, químicos e físico-químicos que interferem na precipitação do fosfato no ambiente aquático. Destacam-se entre eles a concentração de íons de

ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, pH e condições de oxi-redução, sendo o mais importante deles o primeiro mencionado. A precipitação do fósforo também pode ocorrer através das argilas, que apresentam grande capacidade de adsorção dos fosfatos, principalmente aquelas que têm na sua constituição ferro e alumínio, como hematita e gipsita.

Como mencionado anteriormente, o fósforo em excesso no ecossistema aquático pode conduzir a eutrofização. Desta forma, a legislação ambiental brasileira limita a presença do fósforo em águas naturais através do enquadramento dos corpos hídricos respaldado na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005).

O reservatório Jucazinho, responsável por abastecer uma população de aproximadamente 800 mil habitantes no Agreste de Pernambuco, é o maior dentre os cinco reservatórios que formam o Sistema Adutor do Capibaribe. Dentre os municípios que estão inseridos na área de contribuição hídrica do reservatório, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama são os únicos que têm seu núcleo urbano margeando o rio Capibaribe e, por esta razão, são os que mais contribuem com a deterioração da qualidade da água neste trecho da Bacia (BARBOSA, 2012a).

O rio Capibaribe também é destino dos efluentes industriais sem o devido tratamento de dezenas de lavanderias de jeans, neste último município. Também deve ser ressaltada a existência uma localidade chamada de Trapiá, pertencente ao município de Riacho das Almas, no remanso do reservatório, que também contribui com lançamento de esgotos. Como agravante do problema de qualidade de água, o reservatório Jucazinho, desde 2004, mantém suas águas represadas, sem a devida operação do dispositivo de descarga de fundo, o que contribui ainda mais para o acúmulo de nutrientes e outros elementos nas camadas inferiores do manancial e, desta forma, contribuindo para elevação do seu nível trófico, conforme apresentado por Barbosa (2012b).

Este artigo avalia as concentrações de fósforo no perfil vertical do reservatório Jucazinho e revela a importância da renovação da água através da descarga de fundo para a melhoria da qualidade da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinação das concentrações de fósforo no perfil vertical do reservatório Jucazinho recorreu-se a campanhas de monitoramento realizadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento- COMPESA.

O fósforo presente na massa líquida foi monitorado por esta companhia em três campanhas de amostragens no ano de 2001 (04 e 24 de abril e 10 de julho) e duas em 2004 (05 de abril e 10 de agosto). Para caracterização atual do conteúdo de fósforo no reservatório foi necessária uma campanha, a qual foi realizada em 15 de setembro de 2011 pela Agência Pernambucana de Águas e Clima- APAC e contou com o apoio da Agência Estadual de Meio Ambiente- CPRH, para realização das análises.

As coletas foram realizadas no mesmo ponto das coletas anteriores, ou seja, próximo ao flutuante de captação da COMPESA. Foi utilizada a garrafa *Van Dorn*, que consiste em um cilindro de 2,2 L de volume, aberto nas extremidades e projetada com duas vedações, as quais, quando acionadas, permitem a coleta de água na profundidade desejada. As amostras foram acondicionadas em frascos previamente definidos e preservadas em caixas térmicas com gelo até o momento da análise.

O fósforo total das amostras da COMPESA, assim como da CPRH foi determinado colorimetricamente pelo método do ácido ascórbico com digestão pelo persulfato de potássio. A

metodologia utilizada para as coletas das amostras, bem como para as análises são as indicadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (ALBUQUERQUE, 2005)

A maior parte deste conjunto de amostras foi coletada a cada 5 metros de profundidade ao longo do perfil vertical do reservatório. A Figura 1 mostra a equipe da APAC realizando coleta da água em Jucazinho.



Figura 1- Equipe realizando coleta de água próximo ao flutuante da COMPESA. Fonte: Barbosa, 2011. Fonte: Barbosa, 2012.

Visando conhecer um pouco mais sobre as diferenças espaciais de concentração de fósforo total em Jucazinho, para se ter ideia do gradiente formado, foi realizada uma outra campanha de amostragem em 27/09/2011, em ponto a montante do barramento. As análises de fósforo foram realizadas em todo o perfil da coluna de água, também a cada 5 metros de profundidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações de fósforo observadas nas referidos campanhas. Nota-se um aumento considerável de fósforo no reservatório entre os anos de 2004 e 2011, que pode ser justificado pela ausência de descarga de fundo neste período, a qual, sendo efetuada, faria com que houvesse a eliminação de parte da carga de fósforo na massa líquida, próximo à saída. Além disso, as precipitações observadas nos anos de 2006 e 2007 não foram capazes de ocasionar vertimento em Jucazinho, o que também contribuiu para elevação do fósforo no manancial, conforme menciona Barbosa (2012b).

Por outro lado, é interessante apresentar, na forma de gráfico, a variação das concentrações de fósforo nas profundidades amostradas. Na Figura 2, verifica-se a variação de fósforo na coluna de água no ano de 2001, 2004 e 2011, nas respectivas datas de amostragem.

Tabela 1- Dados de concentrações de fósforo total ao longo do perfil do reservatório.

Prof.	04/04/01	24/04/01	10/07/01	05/04/04	10/08/04	15/09/11
-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Prof.	04/04/01	24/04/01	10/07/01	05/04/04	10/08/04	15/09/11
0	-	-	-	-	-	0,460
0,3	0,042	-	-	0,088	-	-
2	0,045	0,077	-	-	-	-
4	0,091	0,080	-	-	-	-
5	-	0,278	0,136	0,059	0,172	0,420
6	-	0,103	-	-	-	-
8	0,097	0,069	-	-	-	-
10	-	-	0,123	0,021	-	0,420
12	0,070	0,083	-	-	-	-
14	0,076	0,083	-	-	-	-
15	-	-	0,126	0,001	0,160	0,430
17	0,140	-	-	-	-	-
18	-	0,134	-	-	-	-
20	0,144	-	0,129	-	0,205	0,440
22	-	0,270	-	-	-	-
23	0,125	-	-	-	-	-
25	-	-	0,139	0,091	0,211	0,450
26	0,261	0,301	-	-	-	-
30	-	-	0,120	0,119	0,232	0,460
35	-	-	-	0,084	0,199	0,480
40	-	-	-	0,037	0,343	0,490
45	-	-	-	0,003	0,244	-

Fonte: Anos 2001 e 2004- dados coletados e analisados pela COMPESA. Disponível em Albuquerque (2005). Ano de 2011- amostras coletadas pela APAC e analisadas pela CPRH. Concentrações em mg/L.

Pela Figura 2 (primeiro perfil), verifica-se uma maior variação das concentrações ao longo da coluna de água nas campanhas realizadas em 04/04 e 24/04/2001, enquanto que os dados de fósforo da campanha realizada no dia 10/07/2001, apresentam-se mais homogêneos, mantendo-se entre 0,10 e 0,20 mg/L. Esta variação, nas duas primeiras amostragens, pode estar associada às manobras operacionais na válvula dispersora para a descarga de fundo em Jucazinho, realizada no período de dezembro de 2000 até abril de 2001, conforme afirmado por Albuquerque (2005). Esta operação pode ter ocasionado perturbações nas concentrações de fósforo na massa líquida.

Para os perfis do ano de 2004, observa-se que no fim do verão (05/04/2004) há menor conteúdo de fósforo no perfil quando comparado com os valores obtidos na campanha realizada no fim do período chuvoso (10/08/2004).

Por outro lado, pela análise da curva de operação do reservatório, observa-se que em fevereiro de 2004 houve o primeiro vertimento, que se manteve até final de agosto. Este fato pode ter sido responsável pelo pouco conteúdo de fósforo observado neste período, fazendo que a observação de 05/04/2004 não seguisse a tendência verificada nas observações anteriores em 2001 e em 10/08/2004.

Em relação à amostragem efetuada em 15/09/2011, de acordo com a Tabela 1, anteriormente apresentada, verifica-se pouca variação das concentrações deste nutriente da superfície ao fundo do reservatório nas profundidades amostradas.

Como se sabe, a temperatura influencia fortemente a qualidade da água em uma represa, fazendo com haja estratificação de parâmetros físicos e químicos nas camadas de água. A distribuição vertical dos nutrientes e o conseqüente acúmulo de substâncias e elementos químicos no hipolímnio é também condicionada pela temperatura. O rompimento da estratificação verifica-se

quando há fortes ventos ou ocorrem fenômenos climatológicos ocasionais como resfriamento térmico muito rápido (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Porém, pela elevada profundidade do reservatório (próximo ao barramento, no leito do rio, chega-se a mais de 40 metros), esta condição é mais difícil de ocorrer.

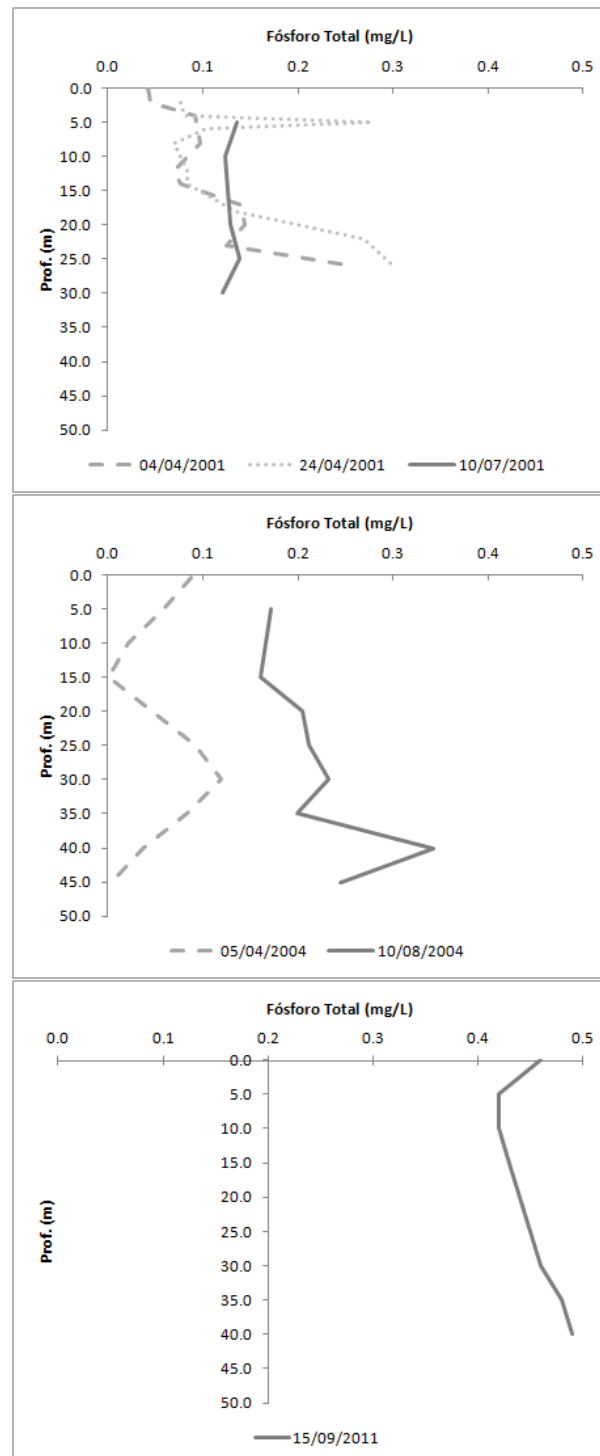


Figura 2- Variação da concentração de fósforo total na coluna de água em Jucazinho. Fonte: Elaborada com dados do monitoramento da COMPESA e da APAC.

Uma comparação dos valores de fósforo na coluna de água do reservatório obtidos em setembro de 2011 foi realizada. Para o ponto localizado mais a montante do barramento, observa-se que os valores deste nutriente permanecem na faixa de 0,41 a 0,44 mg/L. Conforme mostra a Figura 3, as concentrações de fósforo total nos dois pontos amostrados, em toda a coluna de água, apresentam a mesma tendência de valores, com a coincidência de valores de fósforo nas profundidades de 5, 10 e 15 metros.

No ponto mais próximo à barragem (coleta em 15/09/2011) há maiores concentrações de fósforo em todo o perfil da coluna de água, o que naturalmente se explica pela proximidade do barramento. A saturação deste nutriente na água pode ser uma das justificativas para a homogeneidade de fósforo verificada nestes dois pontos, todavia, nada se pode afirmar, pois, além das variações espaciais, deve-se levar em conta a sazonalidade deste nutriente na água.

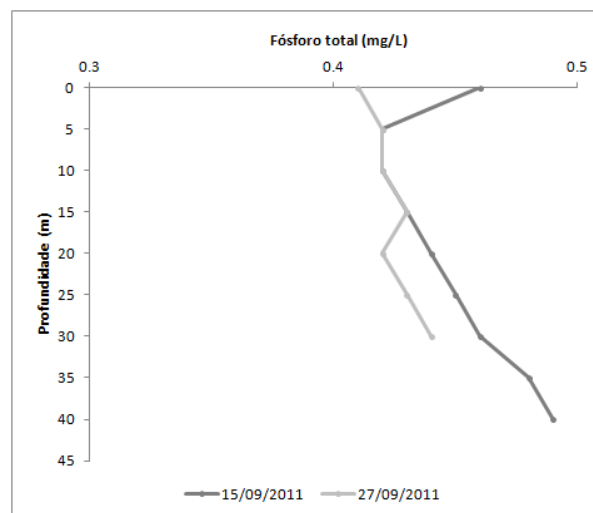


Figura 3- Perfil das concentrações de fósforo total em pontos a montante do barramento.

CONCLUSÕES

As campanhas de amostragem de fósforo total no perfil da coluna de água realizadas no reservatório Jucazinho permitem concluir que:

- uma das possíveis causas da elevação das concentrações de fósforo no reservatório se deve às fontes externas de aporte deste nutriente, 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;

- a pouca variação de fósforo ao longo da coluna de água, nos dois pontos amostrados (15/09 e 27/09/2011), pode estar sinalizando uma saturação de fósforo na massa líquida;
- a semelhança das concentrações de fósforo verificada no ponto próximo ao flutuante/ barramento (coleta em 15/09/2011) e a montante (coleta em 27/09/2011) evidenciam uma possível mistura horizontal das concentrações de fósforo total no reservatório.

REFERÊNCIAS

ARCHELA, E. CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S. (2003). Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. *Geografia*, v. 12, n. 1. Jan/Jun.

BARBOSA, I. M. B. R. (2012a). Planejamento da operação de reservatório objetivando a melhoria da qualidade da água: estudo de caso no Agreste Pernambucano. 138f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Pernambuco- CTG- Departamento de Engenharia Civil, Recife.

BARBOSA, I. M. B. R. (2012b). Evolução do estado trófico do reservatório Jucazinho, Pernambuco. In *Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. João Pessoa, Nov. 2012.

CHAPRA, S. C. (2008). *Surface water-quality modeling*. Long Grove: Waveland Press, Inc. 844p.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: jun. 2009.

ESTEVES, F. A. (1998) *Fundamentos da Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.

MADIGAN, M. R.; MARTINKO, J. M.; BROCK, T. D. (2006). *Brock Biology of Microorganisms*. 11th Ed. Upper Saddle River/NJ: Pearson Prentice Hall.

QUEVEDO, C. M. G. (2009). *As atividades do homem e a evolução da dinâmica do fósforo no meio ambiente*. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)- Universidade de São Paulo- Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 247f.

THOMANN, R. V.; MÜLLER, J. A. (1987). *Principles of surface water quality modeling and control*. New York: Harper Collins, 644p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. (1991). *Limnological Analyses*. 2. Ed. New York: Springer-Verlag. 391p.