



**AValiação de Variáveis Hidrológicas e Estimativa da Carga
Afluente de Fósforo em Reservatório Superficial**

Brennda Bezerra Braga¹, Erich Celestino Braga Pereira¹, Rodrigo Mendes Rodrigues²,
Fernando Bezerra Lopes¹

RESUMO: Esse trabalho objetiva avaliar o tempo de residência da água e estimar a carga afluente de fósforo de um reservatório de região semiárida. O estudo foi realizado no reservatório Frios, localizado no município de Umirim, Ceará. O tempo de retenção hidráulica foi calculado pela razão entre a capacidade máxima do açude e aporte anual médio de água. Calculou-se também o tempo de residência, o coeficiente de decaimento, a taxa de retenção e carga afluente do fósforo. Diante dos resultados obtidos, verificou-se que o açude Frios possui um elevado tempo de residência hídrica, o que desfavorece a renovação das águas, degradando assim a qualidade da água, além disso o reservatório recebe altas cargas de fósforo anualmente, tornando-o vulnerável a eutrofização.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade de água, tempo de residência hídrica, fósforo.

**EVALUATION OF THE WATER QUALITATIVE OF THE FRIOD RESERVOIR,
CEARÁ FOR HUMAN SUPPLY AND IRRIGATION**

ABSTRACT: This work aims to evaluate the quality of water and estimate the phosphorus load of a semiarid region reservoir. The study area of this research is the Frios reservoir, located in Umirim city, Ceará. The time eater residence time was calculated by the ratio between the maximum capacity of the dam and the mean annual water supply. The phosphorus residence time, the phosphorus decay coefficient, a phosphorus retention rate and a phosphorus affluent load were also calculated. In view of the results obtained, it was verified that the Frios dam has a high water residence time, which undermines the water renewal, thus degrading its quality, besides receiving high loads of phosphorus annually, making it vulnerable to eutrophication.

KEYWORDS: water quality, water residence time, phosphorus.

INTRODUÇÃO

O aumento da densidade populacional e da demanda de recursos hídricos tem acelerado a construção de reservatórios artificiais para usos múltiplos da água (Araújo, 2003). Todavia, o processo de eutrofização desses reservatórios tem sido intensificado devido, principalmente a descargas de efluentes domésticos e afluição de sedimentos, contendo nutrientes aplicados no solo para fins agrícolas (Paulino et al., 2013).

¹ Centro de Ciências Agrárias - CCA/UFC, Bloco 804, Departamento de Eng. Agrícola CEP:60.455-760 Fortaleza-CE. Email:brenndabraca94@gmail.com; erichpos0@gmail.com; lopesufc@ufc.br

² Analista de recursos hídricos. Rua brás de francesco 475, cep: 60355633. r.menndhez@gmail.com



O tempo de residência da água e de elementos, como o fósforo, estão entre os parâmetros de maior relevância para avaliação da qualidade da água em reservatórios e, de acordo com Straškraba (1999), é um fator determinante nos processos de estratificação e na disponibilidade de nutrientes, afetando o desenvolvimento do fitoplâncton.

Diante do exposto, objetivou-se determinar o tempo de residência, coeficiente de decaimento, tempo de residência do fósforo, taxa de retenção do fósforo e a carga afluyente de fósforo de um reservatório superficial da região semiárida brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

O açude Frios está localizado no município de Umirim, no estado do Ceará. O reservatório está localizado entre as coordenadas de 440.028 e 468.219 (E); 9.595.416 e 9.592.263 (S), possuindo uma bacia hidrográfica de 274 Km². O clima da área estudada, de acordo com Koppen (1936), possui um clima tropical com estação seca de inverno (Aw), com precipitação pluviométrica média de 762 mm ano⁻¹ e temperatura média de 27°C. A capacidade máxima de armazenamento do açude é de 33,02 hm³. A Figura 1 apresenta o mapa da localização geográfica da área de estudo.

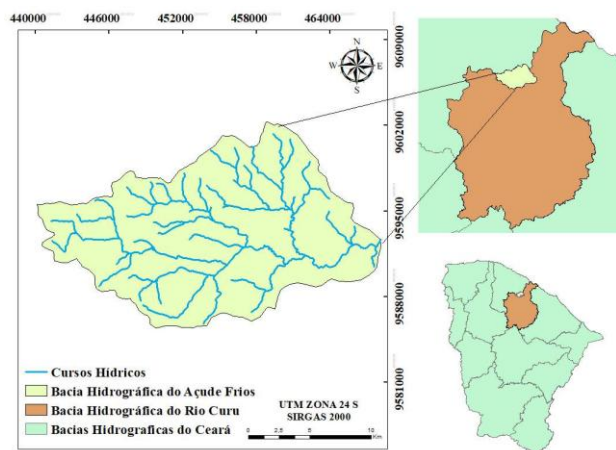


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Açude Frios, Umirim, Ceará.

O tempo de residência hídrica (T_w) foi calculado pela razão entre a capacidade máxima do açude ($V_{máx}$) e aporte anual médio de água (V_{anual}), como mostrado na Equação 1.

$$T_w = \frac{V_{máx}}{V_{anual}} \quad (01)$$

O aporte anual médio foi calculado pelo produto da área da bacia hidrográfica do açude (A) pela lâmina de escoamento superficial (h_{exc}) produzida em um dado evento de chuva na bacia (Equação 2).

$$V_{anual} = A \times h_{exc} \quad (02)$$



O escoamento superficial foi obtido pelo método do Número de Curva (CN) desenvolvido na década de 1950 pelo Serviço de Conservação dos Solos (SCS). O método baseia-se no conceito de que o escoamento está em função da altura total da lâmina precipitada e das abstrações iniciais, que representa as perdas que ocorrem, principalmente, devido à infiltração, à interceptação vegetal e à retenção em depressões do terreno. Os valores de CN são padronizados e obtidos para cada tipo de uso e cobertura do solo, umidade antecedente e tipo de solo da região de estudo.

De acordo com os tipos de solo predominante na região e a classificação de Sartori et al. (2005), os solos de todos os reservatórios foram enquadrados no grupo D, representado por solos rasos e argilosos (30% a 40% de argila total) com presença de uma camada mais densa a aproximadamente 50 cm de profundidade.

Para avaliação do uso do solo foram utilizados os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Os usos e a ocupação do solo dos reservatórios estão representados na Figura 2.

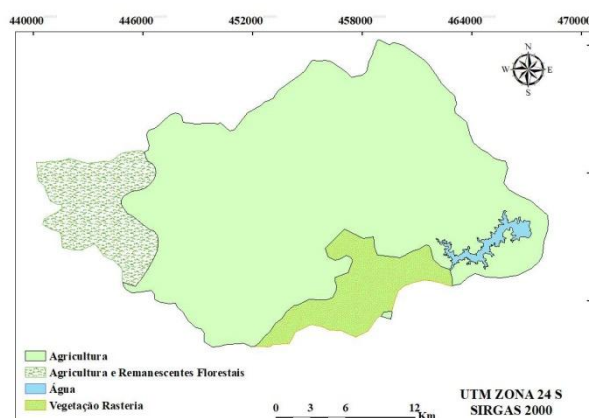


Figura 2. Uso e Ocupação do Solo do reservatório Frios, Umirim, Ceará

Tomando como base o enquadramento do solo no grupo D e a ponderação pelos diferentes usos do solo, foram adotados os seguintes valores de CN (Tabela 1).

Tabela 1. Valores do Número da Curva (CN) escolhidos por reservatório

CONDIÇÃO 1	CONDIÇÃO 2	CONDIÇÃO 3
71	83	93

As condições de umidade antecedente do solo adotadas obedeceram a relação proposta pela SCS (1972). Os dados de precipitação diária foram obtidos juntos à Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2017). O posto pluviométrico analisado possui série histórica de 1989 a 2016.

Além do tempo de residência da água, calculou-se também o tempo de residência do fósforo (T_p), segundo Vollenweider (1976), o coeficiente de decaimento de fósforo (K_s), pela



metodologia de Toledo Júnior et al., 1983, e a taxa de retenção de fósforo (P_r), de acordo com Straskraba & Tundisi (2000). Outro parâmetro importante na avaliação do nível de eutrofização de reservatórios é a estimativa da carga afluenta de fósforo (L_2), que foi obtida pela aplicação do modelo de Vollenweider (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do tempo de retenção hídrica (T_w), coeficiente de decaimento (K_s), tempo de residência do fósforo (T_p) e taxa de retenção do fósforo (PR) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados das análises hidrológicas do reservatório Frios, Umirim, Ceará.

Precipitação média anual (mm)	Escoamento médio anual (mm)	Coefficiente de escoamento (%)	T_w (ano)	K_S (ano)	T_p (ano)	PR (%)
762	48,8	6,4	2,5	1,1	0,7	0,8

O açude Frios, com capacidade de 33,02 hm³, recebe em média 13,4 hm³ ano⁻¹, indicando um tempo de residência da água maior que a média para reservatórios de regiões semiáridas (STRASKRABA, 1999), que é de 2 anos. Avaliando o tempo de decaimento do fósforo de diversos açudes da região semiárida cearense, Toné & Lima Neto (2017) observaram menores valores para os açudes General Sampaio (0,73 ano) e Caxitoré (0,85 ano), localizados na mesma bacia hidrográfica que o açude Frios. Os autores sugerem ainda que elevados valores de K_S são derivados do crescimento acelerado do fitoplâncton (o que representa aumento da eutrofização) e do aumento da velocidade de sedimentação. O tempo de residência do fósforo (0,7 anos) e a taxa de retenção de fósforo (0,8) também são altos, o que indica que a eutrofização do reservatório é influenciada pela baixa taxa de renovação de suas águas e também pelas altas cargas afluentes (L_2) desse nutriente, como é demonstrado na Figura 3. A carga de fósforo no açude Frios mostrou uma elevada variabilidade temporal, com maiores valores para as estações chuvosas (fevereiro a maio) nos anos de 2011 a 2013.

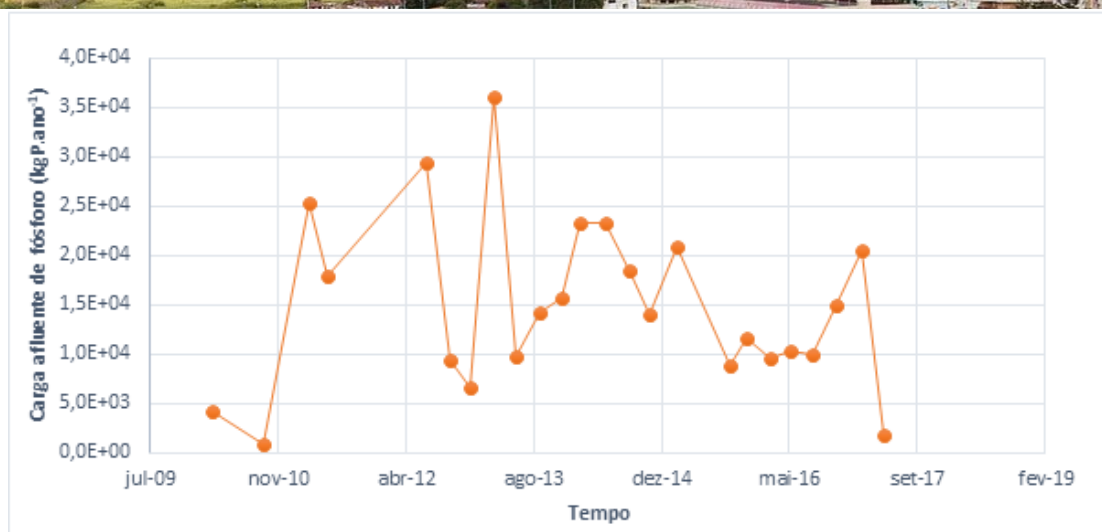


Figura 3. Estimativas de cargas afluentes de fósforo do reservatório Frios.

CONCLUSÃO

Diante do exposto no estudo, verificou-se que o açude Frios, além de possuir um alto tempo de residência hídrica, o que desfavorece a renovação das águas e compromete sua qualidade, recebe altas cargas de fósforo anualmente, tornando-o vulnerável a eutrofização. As altas cargas de fósforos são consequências do uso e ocupação desordenado da bacia hidrográfica do reservatório predominantemente atividade agrícola.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C. Assoreamento em reservatórios do semi-árido: modelagem e validação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 8, n. 2, p. 39-56, 2003.

TONÉ, A. J. A; LIMA NETO, I. E. Dinâmica do fósforo em reservatórios do semiárido brasileiro. IN: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 2017, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo:ABES, 2017. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/>. Acesso em 21 abr. 2018.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da sub-bacia do Curu / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. SANTANA, E.W. de (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009.

KÖPPEN, W. **Das Geographische System der Klimate**. Handbuch de Klimatologie, Borhtraeger, Berlim. 1936.

LIU, H.; BENOIT, G.; LIU, T.; LIU, Y.; GUO, H. An integrated system dynamics model developed for managing lake water quality at the watershed scale. **Journal of Environmental Management**, v. 155, p. 11–23, maio 2015.



NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS): National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, U.S. Department of Agriculture, Chapt. 7, Hydrologic Soil Groups, 2007.

PAULINO, W.D., OLIVEIRA, R.R.A. and AVELINO, F.F. Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da COGERH no estado Ceará. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SHARPLEY, A.; JARVIE, H. P.; MAY, L.; SPEARS, B.; KLEINMAN, P. Phosphorus Legacy: Overcoming the Effects of Past Management Practices to Mitigate Future Water Quality Impairment. **Journal of Environment Quality**, v. 42, n. 5, p. 1308, 2013.

STRASKRABA, M. Retention time as a key variable of reservoir limnology. In: TUNDISI, T.G.; STRASKRABA, M. (Eds.). **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. International Institute of Ecology. Brazilian Academy and Backhuys Publishers, São Carlos, Brazil. 1999, p. 385-410.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (Ed.). (2000) **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. São Carlos: ILEC/IIIE. Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos, v. 9, 258 p.

TOLEDO JR., A.P., TALARICO, M., CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. **Anais ...** Camboriú, 1983 p.1-34.

VOLLENWEIDER, R.A. Advances on defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. **Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia**, v. 33, n. 1, p. 53-83, 1976.