

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### IMPACTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS TAXAS DE EVAPORAÇÃO DE UM LAGO HIPEREUTRÓFICO

*Janine Brandão de Farias Mesquita<sup>1</sup> & Iran Eduardo Lima Neto<sup>2</sup>*

**RESUMO** – A estimativa das taxas de evaporação é indispensável para o adequado balanço hídrico dos corpos de água superficiais. Este trabalho objetivou avaliar o impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação de um lago hipereutrófico, localizado em Fortaleza, Ceará, Brasil. O período de análise compreendeu os anos de 2013, 2018 e 2019. Aplicaram-se dois modelos de qualidade de água: um modelo transiente de mistura completa e um empírico. Geraram-se séries temporais de concentrações de fósforo total e foram propostas correlações empíricas entre o referido parâmetro, cargas de fósforo, variáveis sanitárias e hidrológicas. As concentrações de fósforo total modeladas e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foram correlacionadas a coeficientes de correção mensais do tanque Classe A. Obtiveram-se correlações entre a vazão afluente e o fósforo total ( $R^2$  de 0,70); e os resíduos sólidos de varrição e limpeza do canal afluente e as cargas de fósforo total aportadas ( $R^2$  de 0,96 e 0,64, respectivamente). Por fim, correlações negativas e estatisticamente significativas foram observadas entre as concentrações de fósforo total modeladas ( $R^2$  de 0,76 e 0,52), a DBO ( $R^2$  de 0,85) e os coeficientes do tanque Classe A, apontando para a influência da qualidade da água na evaporação do lago.

**ABSTRACT** - The estimation of the evaporation rates is indispensable for the adequate water balance of the surface water bodies. This paper aimed to evaluate the impact of water quality on the evaporation rates of a hypereutrophic lake, located in Fortaleza, Ceará, Brazil. The analysis period included the years 2013, 2018 and 2019. Two water quality models were applied: a complete mix transient model and an empirical one. Time series of total phosphorus concentrations were generated and empirical correlations were proposed between that parameter, phosphorus loads, sanitary and hydrological variables. The modeled total phosphorus concentrations and the Biochemical Oxygen Demand (BOD) were correlated to monthly Class A pan coefficients. Correlations were obtained between the inflow and the total phosphorus ( $R^2$  of 0.70); and the solid waste from sweeping and cleaning the affluent channel and the total phosphorus loads contributed ( $R^2$  of 0.96 and 0.64, respectively). Finally, negative and statistically significant correlations were observed between the modeled total phosphorus concentrations ( $R^2$  of 0.76 and 0.52), the BOD ( $R^2$  of 0.85) and the Class A pan coefficients, pointing to the influence water quality in the evaporation of the lake.

**Palavras-Chave** – Cargas poluidoras, Modelagem de qualidade da água, Evaporação.

---

1) Professora Assistente. Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Crateús. Rodovia BR-226, Km 04, s/n, São Vicente, CEP: 63700-000. Crateús, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 88 3691-9700. E-mail: janine@crateus.ufc.br

2) Professor Associado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Bloco 713. Pici. CEP: 60455-900. Fortaleza, CE, Brasil. Fone/Fax: +55 85 3366-9776. E-mail: iran@deha.ufc.br

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que no Brasil se perde por evaporação nos mananciais superficiais aproximadamente 759 m<sup>3</sup>/s. Nesse caso, o volume evaporado é superior aos 506 m<sup>3</sup>/s retirados para abastecimento urbano. Além disso, cerca de 57% das sedes urbanas no país são abastecidas predominantemente por mananciais superficiais, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Fortaleza e Porto Alegre. Esse número representa aproximadamente 84% da população brasileira. Especificamente na região Nordeste, 65% das sedes urbanas (79% da população) são abastecidas principalmente por esse tipo de manancial (ANA, 2020). A evaporação, portanto, representa uma das principais perdas de água que pode afetar diretamente a disponibilidade hídrica (Mesquita *et al.*, 2020a).

Rodrigues (2020) avaliou a evaporação em oito reservatórios no estado do Ceará. O autor estimou que as perdas por evaporação nesses reservatórios seriam suficientes para abastecer, em média, dois milhões de pessoas por dia. Portanto, estudos sobre a evaporação são indispensáveis para a realização do adequado balanço hídrico em lagos e reservatórios, essenciais para a gestão operacional dos recursos hídricos.

Aliado à problemática das altas taxas de evaporação, outro aspecto que pode comprometer a disponibilidade hídrica é a qualidade da água dos mananciais superficiais. Os impactos decorrentes do uso e ocupação do solo podem afetar os corpos receptores (Mesquita & Lima Neto, 2019; Wei *et al.*, 2020). Estes podem estar sujeitos a alterações das suas características hidrodinâmicas que, por sua vez, influenciam diretamente à qualidade da água (Fraga *et al.*, 2020). Por conseguinte, a qualidade da água pode afetar o balanço de energia dos corpos hídricos (Read & Rose; 2013; Watras *et al.*, 2016) e, conseqüentemente, à evaporação (Mesquita *et al.*, 2020a).

Nesse sentido, faz-se necessária a realização de estudos que considerem a complexa dinâmica envolvida na interação bacia-corpo hídrico receptor, relacionando aspectos sanitários, hidrológicos e hidrodinâmicos. Nessa perspectiva, a modelagem de qualidade da água pode se constituir como uma ferramenta estratégica para este fim (Mesquita *et al.*, 2017; Rocha *et al.*, 2019; Toné & Lima Neto, 2020; Mesquita *et al.*, 2020b). Assim, o presente trabalho objetiva avaliar o impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação de um lago urbano hipereutrófico. Pretende-se compreender a dinâmica do aporte de poluentes da bacia ao corpo receptor e o impacto na evaporação, com uma abordagem inédita, aplicando-se modelos de qualidade da água e propondo-se correlações empíricas.

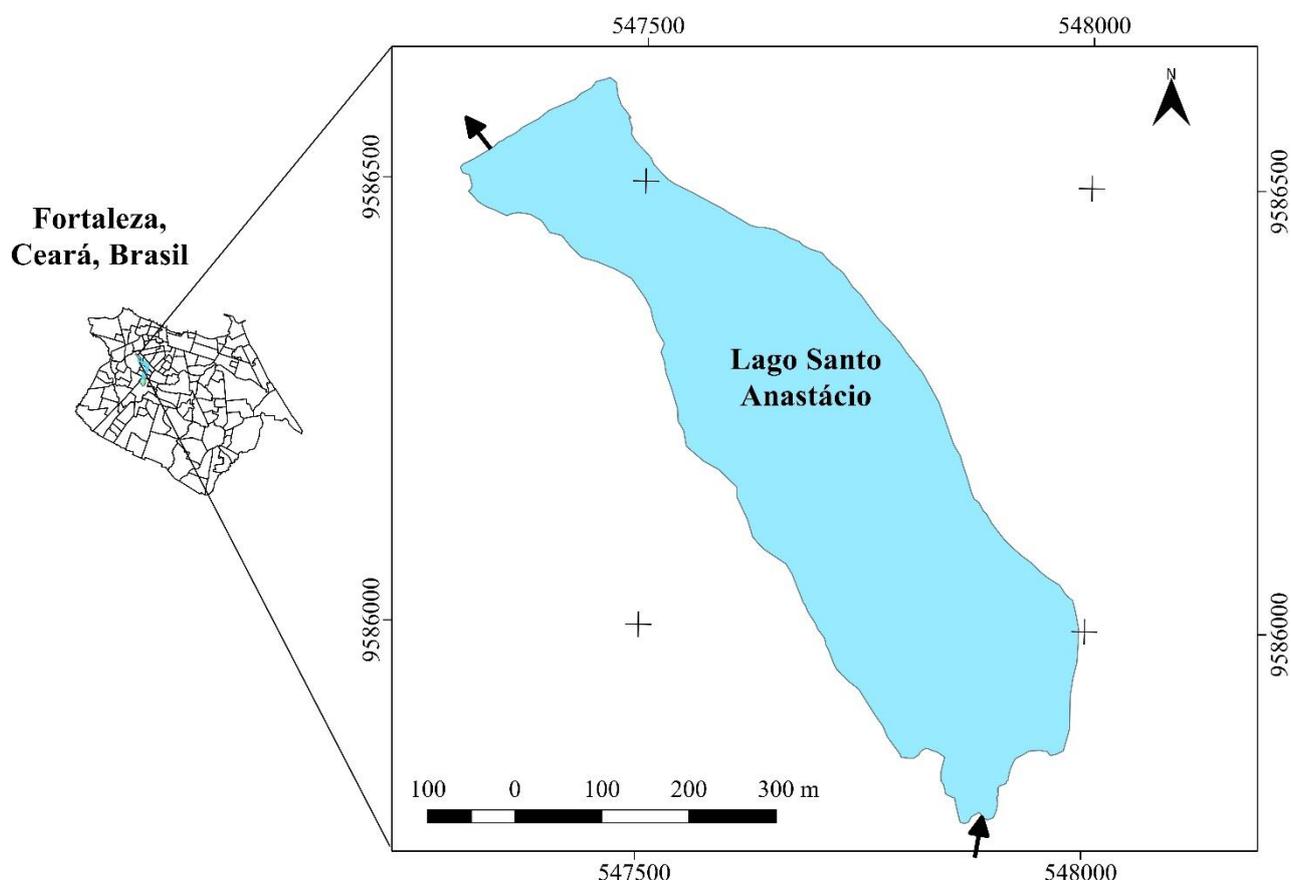
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

Localizada em Fortaleza, Ceará, região Nordeste do Brasil, a área de estudo trata-se da bacia do lago Santo Anastácio. Caracteriza-se como uma bacia urbana (Figura 1), constituída total e

parcialmente pelos bairros Amadeu Furtado, Bela Vista, Bonsucesso, Couto Fernandes, Demócrito Rocha, Jóquei Clube, Pici, Parangaba e Rodolfo Teófilo. Possui área de 611,27 ha, sendo predominantemente descaracterizada de sua composição natural. O curso d' água principal da bacia é um canal de drenagem urbana de aproximadamente 2,5 km, com seção retangular, exutório da lagoa da Parangaba, localizada à montante. Para o referido canal afluem diversas galerias de drenagem urbana, além das contribuições de esgoto sanitário lançadas na rede de drenagem.

Figura 1 – Localização do lago Santo Anastácio em Fortaleza, Ceará, Brasil



Para esta pesquisa, foram utilizados dados meteorológicos da estação do campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC), como temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ), velocidade ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e direção dos ventos (graus) e nebulosidade (escala de 0 a 10)]. Também foram medidas as vazões dos fluxos afluentes e efluentes ao lago nos anos de 2013, 2014, 2018 e 2019, bem como a temperatura da água.

As coletas das amostras de água foram realizadas concomitantes às medições das vazões de entrada e saída do lago. Os parâmetros analisados foram fósforo total (PT), em 2013, 2014, 2018 e 2019, e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em 2013. As análises de fósforo total (PT) foram

realizadas no Laboratório de Análises Químicas (LAQUIM); já a DBO foi analisada no Laboratório de Saneamento Ambiental (SABOSAN), ambos da Universidade Federal do Ceará (UFC). As análises de qualidade da água foram realizadas conforme *Standards Methods* (APHA, 2005). Já os dados de resíduos sólidos de varrição e limpeza de canais do município de Fortaleza foram fornecidos pela Secretaria de Conservação e Serviços Públicos da Prefeitura Municipal de Fortaleza (2017).

## 2.2. Cargas poluidoras

Neste trabalho, foram analisados os anos de 2013, 2018 e 2019. Utilizou-se para a modelagem hidrológica o Storm Water Management Model – SWMM (Rossman, 2015); para a hidrodinâmica, o modelo hidrodinâmico CE-QUAL-W2 (Cole & Wells, 2018). Este foi calibrado e validado por Mesquita *et al.* (2020a). Foram extraídos do CE-QUAL-W2 o tempo de residência hidráulico e o balanço de volume. Assim, de posse dos valores do tempo de residência hidráulico para os mencionados anos, avaliou-se também o coeficiente de decaimento do fósforo no lago,  $k$  ( $\text{ano}^{-1}$ ). Para este fim, utilizou-se o modelo proposto por Tone e Lima Neto (2020), aplicado por diversos trabalhos (Araújo *et al.*, 2019; Rocha *et al.*, 2020). Os valores do coeficiente  $k$  obtidos também foram utilizados no modelo de qualidade de água transiente de mistura completa proposto por Vollenweider (1968), aplicado posteriormente por Chapra (2008), descrito mais adiante.

Estimaram-se as cargas poluidoras de fósforo aportadas da bacia hidrográfica do lago Santo Anastácio. Para este fim, calculou-se o produto entre os dados de qualidade da água (Fósforo Total - PT) medidos em 2013, 2014, 2018 e 2019 e a vazão nos meses correspondentes. Posteriormente, correlacionaram-se as cargas de fósforo com variáveis meteorológicas, resíduos de varrição e de limpeza do canal. Estes dois últimos foram estimados para a bacia hidrográfica, com vistas a identificar possíveis correlações entre o acúmulo de poluentes sobre a bacia e seu carregamento para o corpo receptor. As informações sobre os resíduos sólidos foram disponibilizadas pela Secretaria de Conservação de Serviços Públicos de Fortaleza para os anos de 2013 e 2014. Estimou-se o montante de resíduos por área do município de Fortaleza,  $q$  ( $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$ ), para os anos de 2013 e 2014. Posteriormente, foram estimados o montante mensal dos resíduos de varrição e de limpeza do canal para a bacia do lago Santo Anastácio,  $RS$  ( $\text{ton} \cdot \text{mês}^{-1}$ ).

## 2.3. Modelagem da qualidade da água e evaporação

Foram geradas séries temporais de concentração de fósforo total do lago Santo Anastácio para os anos de 2013, 2018 e 2019. Inicialmente, correlacionaram-se as vazões medidas na entrada do lago com as concentrações de fósforo total em 2013, 2014, 2018 e 2019. Avaliou-se o coeficiente de determinação como base para a escolha da função com melhor ajuste aos dados. Por meio da função

ajustada, foram utilizadas as vazões geradas no SWMM para os anos de interesse. Dessa forma, obtiveram-se as concentrações de fósforo afluentes ao lago Santo Anastácio.

Posteriormente, foram aplicados e comparados dois modelos de qualidade da água para a obtenção da concentração na saída do lago: o modelo transiente de mistura completa proposto por Vollenweider (1968), modificado por Toné e Lima Neto (2020); e o modelo empírico que relaciona velocidade do vento e concentração de fósforo proposto por Mesquita *et al.* (2020a).

Finalmente, correlacionaram-se as séries temporais de concentração de fósforo total modeladas com os coeficientes de correção mensais do tanque Classe A de Mesquita *et al.* (2020a). Pretendeu-se, com essa avaliação, expandir a série de dados de modo a melhor verificar o impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação. Assim, foram segregados os períodos chuvosos e secos e verificadas a influência da sazonalidade na qualidade da água e, conseqüentemente, nas taxas de evaporação. Adicionalmente, a análise efetuada com dados medidos de fósforo total, também foi realizada para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), para o ano de 2013, ano com disponibilidade de dados. Nesse caso, objetiva-se verificar se há uma tendência nos padrões observados previamente, porém, utilizando-se outro parâmetro de qualidade da água.

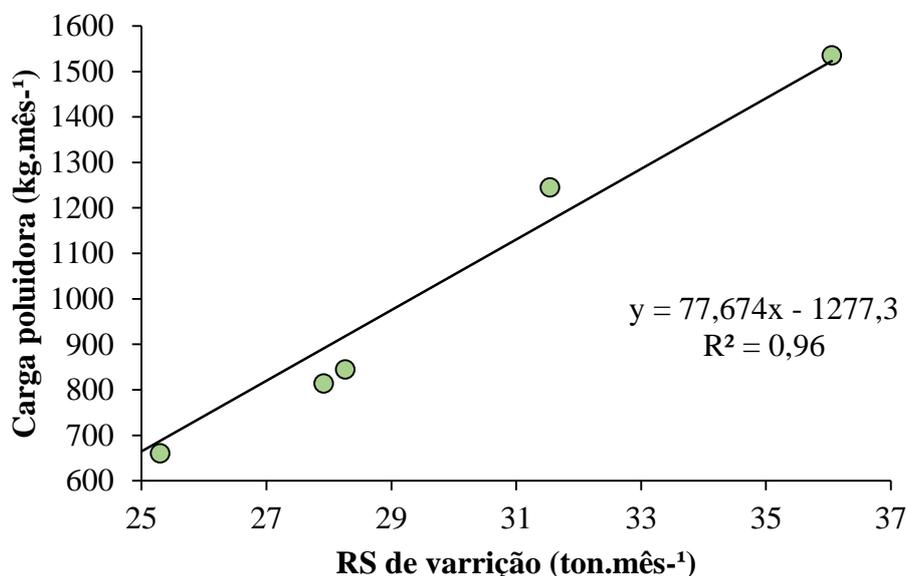
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Impacto do uso e ocupação do solo na qualidade da água

A correlação entre a vazão de entrada do lago Santo Anastácio e a concentração de fósforo apresentou uma função do tipo potência, com coeficiente  $R^2$  de 0,70; portanto, estatisticamente significativa. Ressalta-se que essa correlação foi utilizada, conforme mencionado, para a geração da série temporal de concentração de fósforo afluente ao lago Santo Anastácio nos anos de 2013, 2018 e 2019. A Figura 2 apresenta a correlação entre os resíduos sólidos (RS) de varrição gerados na bacia do lago Santo Anastácio ( $\text{ton.mês}^{-1}$ ) e a carga poluidora de fósforo afluente ( $\text{kg.mês}^{-1}$ ). Obteve-se uma correlação linear positiva com coeficiente  $R^2$  de 0,96 e 0,64 entre os RS de varrição e os RS da limpeza do canal, respectivamente, e a carga poluidora de fósforo. Tal fato demonstra que a contribuição à carga aportada ao lago em estudo pode ser oriunda não apenas das contribuições do esgoto sanitário lançado na rede, mas da lixiviação da bacia durante o período chuvoso e do descarte inadequado de resíduos sólidos (Araújo *et al.*, 2019; Mesquita *et al.*, 2020b). Estes podem ser descartados na bacia hidrográfica e serem carreados ao canal nos eventos chuvosos, o que explicaria a boa correlação encontrada. Observe que o resíduo utilizado nesta correlação é o removido pelo processo de limpeza pública, portanto, é aquele que não seria carreado ao canal. Porém, utilizou-se o RS de varrição como um indicador da produção mensal na bacia, que resultaria em um descarte inadequado proporcional, representando sua variabilidade ao longo dos meses analisados. Mesquita

*et al.* (2020b) obtiveram uma correlação equivalente com resíduos sólidos dispostos inadequadamente, na bacia Vertente Marítima, em Fortaleza, Ceará.

Figura 2 – Regressão linear entre os resíduos sólidos de varrição ( $\text{ton.mês}^{-1}$ ) e a carga poluidora de fósforo total ( $\text{kg.mês}^{-1}$ ) na bacia do lago Santo Anastácio

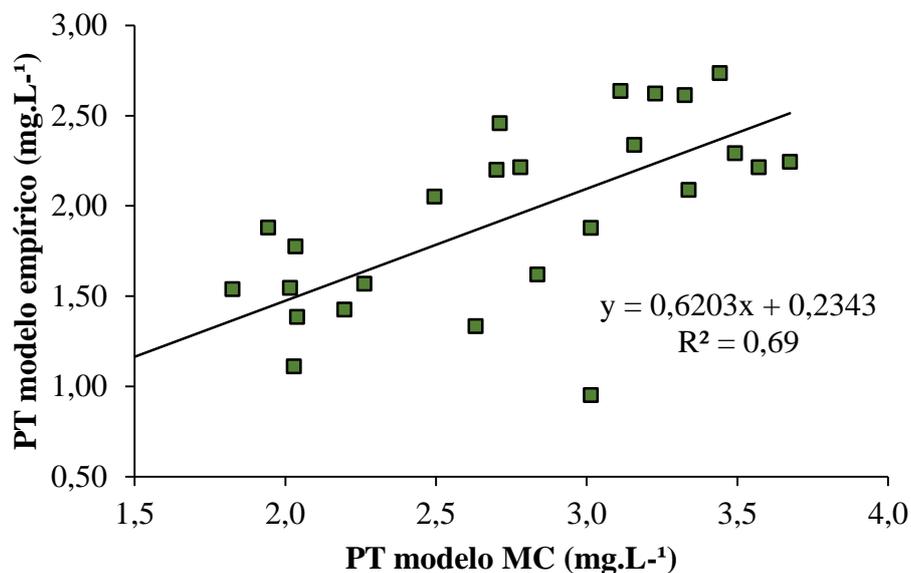


### 3.2. Impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação

A Figura 3 apresenta uma regressão linear entre as concentrações de fósforo obtidas com os referidos modelos. Observa-se uma correlação linear positiva e estatisticamente significativa, com  $R^2$  de 0,69. Verifica-se que os valores de concentração de fósforo gerados com o modelo de Vollenweider (1968) tendem a ser maiores que o modelo empírico em todos os anos analisados. Por outro lado, pode-se observar uma tendência semelhante entre os modelos. Nesse sentido, verifica-se que tanto o modelo empírico proposto, quanto o modelo de mistura completa descrevem padrões semelhantes na área de estudo. Rocha *et al.* (2019) também aplicaram o modelo de Vollenweider (1968) modificado por Toné e Lima Neto (2020) no lago Santo Anastácio. Assim, ratifica-se a confiabilidade de utilização da modelagem de qualidade de água como uma ferramenta para expandir as análises das séries temporais de concentração.

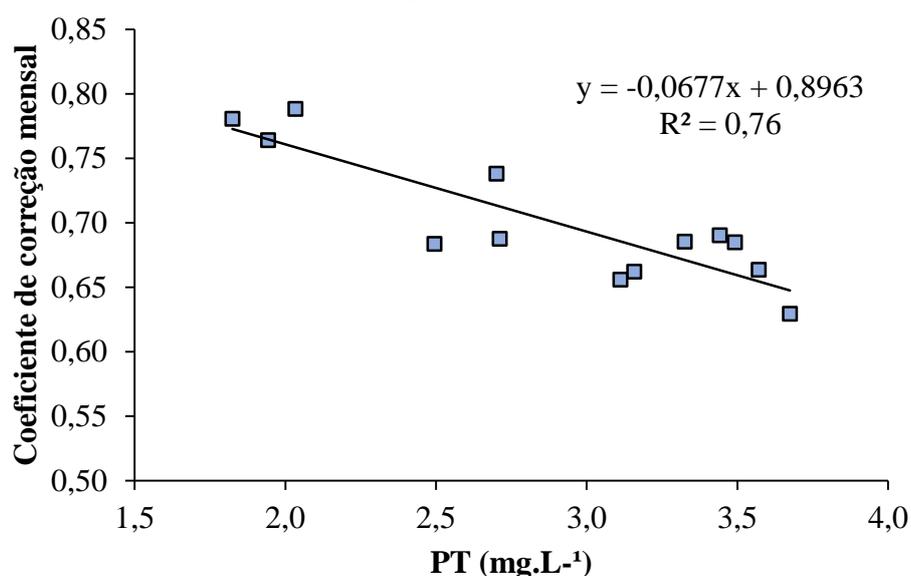
As séries temporais de concentração de fósforo geradas para os anos de 2013, 2018 e 2019 foram correlacionadas ao coeficiente de correção do tanque Classe A, conforme demonstrado na Figuras 4, demonstrando o padrão geral. A regressão linear com as concentrações de fósforo obtidas através do modelo de mistura completa apresentou coeficiente  $R^2$  de 0,20 e 0,76 para o período chuvoso e seco, respectivamente.

Figura 3 – Regressão linear entre as concentrações médias mensais de fósforo total (PT) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), geradas a partir do modelo mistura completa (MC) e o modelo empírico, proposto no exutório do lago Santo Anastácio, em Fortaleza, Ceará, Brasil



Já a regressão entre as concentrações de fósforo obtidas pelo modelo empírico apresentou coeficiente  $R^2$  de 0,048 e 0,52, para o período chuvoso e seco, respectivamente, corroborando com Mesquita *et al.* (2020a). É notório que o período seco apresentou valores estatisticamente significativos utilizando ambos os modelos, demonstrados através dos valores elevados o coeficiente  $R^2$  ( $R^2 > 0,5$ ).

Figura 4 - Regressão linear entre a média mensal da concentração de fósforo total (PT) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) gerada pelo modelo mistura completa e os coeficientes de correção mensais para o seco de 2013, 2018 e 2019

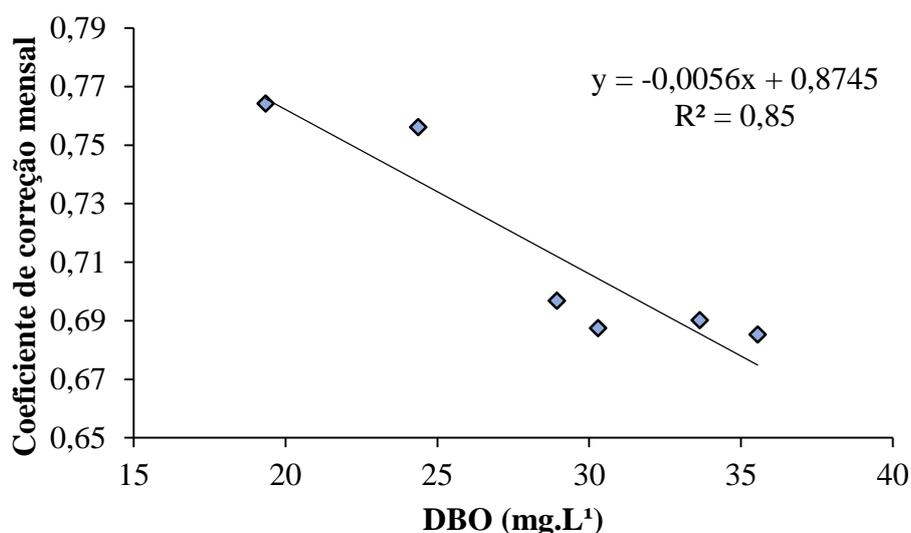


Por outro lado, no período chuvoso, não se observou uma forte correlação entre as concentrações de fósforo e o coeficiente de correção do tanque Classe A. Isto pode ser explicado pelas menores concentrações de fósforo observadas nesse período, convergindo com Araújo *et al.* (2019). Além disso, infere-se também que seja em decorrência da maior variabilidade das condições temporais. Esta poderia causar alterações nas medições obtidas no tanque Classe A e, aliadas as variações da qualidade da água por conta da precipitação, resultaria em padrões mais difíceis de serem observados.

Já a Figura 5 expõe a correlação entre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os coeficientes de correção mensais do tanque Classe A. Conforme exposto, a regressão linear apresentou uma tendência negativa, com coeficiente  $R^2$  de 0,85, portanto, estatisticamente significativa. Dessa forma, confirma as tendências observadas utilizando-se o fósforo total. Sabe-se que a DBO é um indicador da presença de matéria orgânica na água (Von Sperling, 2005). Nesse caso, altos valores de DBO também podem ser oriundos das cargas orgânicas do esgoto sanitário e/ou resíduos sólidos (Araújo & Lima Neto, 2018; Araújo *et al.*, 2019).

É importante mencionar que uma parcela quantificada da DBO também pode se apresentar na água na forma de carbono orgânico dissolvido (COD) (Von Sperling, 2005). Nesse sentido, corrobora com Read e Rose (2013) e Watras *et al.* (2016) que observaram uma relação entre as elevadas concentrações de COD e a redução do conteúdo geral de calor dos lagos estudados. Infere-se que esse fato poderia impactar na redução das taxas de evaporação (Mesquita *et al.*, 2020a).

Figura 5 – Regressão linear entre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os coeficientes de correção mensais do tanque Classe A para o ano de 2013



#### 4. CONCLUSÃO

Realizou-se no presente trabalho a análise do impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação de um lago. A partir de informações sobre a qualidade da água afluyente, foram observadas correlações estatisticamente significativas entre a vazão afluyente e a concentração de fósforo total. Esse fato indica a influência do aporte das cargas poluidoras da bacia hidrográfica, com o efeito da diluição das concentrações no período chuvoso. As cargas poluidoras de fósforo possuem uma correlação estatisticamente significativa com os resíduos sólidos de varrição e da limpeza do canal. Isso indica que há contribuição destes para a deterioração da qualidade da água no lago Santo Anastácio, além das contribuições oriundas do esgoto sanitário lançado na rede de drenagem pluvial.

A análise do impacto da qualidade da água nas taxas de evaporação, aplicando um modelo de qualidade da água de mistura completa e um empírico, confirmou as tendências de regressão linear negativa e estatisticamente significativa entre a concentração de fósforo total e os coeficientes de correção mensais do tanque Classe A, no período seco. Ademais, a mesma tendência foi observada quando correlacionada a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os coeficientes de correção mensais. Assim, sugere-se a influência da qualidade da água nas taxas de evaporação.

#### AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (edital PROEX 20/2016), e pela Fundação de Pesquisa do Estado do Ceará - FUNCAP (edital PNE-0112-00042.01.00 / 16).

#### 5. REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2020). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020: informe anual*, Brasília: ANA, 118p.
- APHA. American Public Health Association (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th. ed. Washington, USA: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation.
- ARAÚJO, G. M., LIMA NETO, I. E., BECKER, H. (2019). *Phosphorus dynamics in a highly polluted urban drainage channel shallow reservoir system in the Brazilian semiarid*. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 91(3). <http://dx.DOI.org/10.1590/0001-3765201920180441>
- ARAÚJO, G. M.; LIMA NETO, I. E. (2018). *Removal of organic matter in stormwater ponds: a plug flow model generalisation from waste stabilisation ponds to shallow rivers*. *Urban Water Journal*, 15(9), 918-924. <https://DOI.org/10.1080/1573062X.2019.1581231>
- CHAPRA, Steven C. *Surface Water-Quality Modeling*, McGraw-Hill, 2008.
- COLE, T. M.; WELLS, S. A. (Eds.). (2018). *CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 4.1*. Portland State University, Portland.
- FORTALEZA. (2017). *Resíduos Sólidos e varrição e limpeza de canais de Fortaleza*. Prefeitura Municipal de Fortaleza: Secretaria de Conservação e Serviços Públicos.

- FRAGA, R. F.; ROCHA, S. M. G.; LIMA NETO, I. E. (2020). *Impact of flow conditions on coliform dynamics in an urban lake in the Brazilian semiarid*. Urban Water Journal, 17 (1), p. 43-53. DOI: 10.1080/1573062X.2020.1734948
- MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E.; RAABE, A.; DE ARAÚJO, J. C. (2020a). *The influence of hydroclimatic conditions and water quality on evaporation rates of a tropical lake*. Journal of Hydrology, 590, 125456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125456>.
- MESQUITA, J. B. F.; PEREIRA, S. P.; LIMA NETO, I. E. (2020b). *Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará*. Engenharia Sanitária e Ambiental, 25(1), 205-216. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020189161>
- MESQUITA, J. B. F.; PEREIRA, S. P.; LIMA NETO, I. E. (2017). *Modelagem matemática da qualidade da água integrando drenagem urbana e hidrodinâmica costeira*. In: Anais do CONGRESSO ABES/FENASAN 2017, São Paulo, 2017.
- MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. (2019). *Poluição em sistemas de drenagem urbana*. In: Terra - Habitats Urbanos e Rurais. Org por: Giovanni Seabra. 1ed.Ituiutaba: Barlavento, p. 2260-2272.
- READ, J.S.; ROSE, K.C. (2013). *Physical responses of small temperate lakes to variation in dissolved organic carbon concentrations*. Limnol. Oceanogr., v. 58, 33, p. 921–931.
- ROCHA, S. M. G.; MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. (2020). *Modelagem hidrodinâmica e avaliação do decaimento do fósforo em um lago urbano hipereutrófico*. Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica, v. 13, n. 2, p. 530-545, 2020. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.67679>.
- ROCHA, S. M. G.; MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. (2019). *Análise e modelagem das relações entre nutrientes e fitoplâncton em reservatórios do Ceará*. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 54, p. 134-147. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190536>
- RODRIGUES, Ítalo Sampaio. (2020). *Evaporação em reservatórios do Nordeste brasileiro: avaliação da distribuição espacial e influência da mata ripária por sensoriamento remoto*. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza, 126f.
- ROSSMAN, L. A. (2015). *Storm Water Management Model – User Manual Version 5.1*. Environmental Protection Agency (EPA): Office of Research and Development. EPA- 600/R-14/413b.
- TONÉ, A. J. A.; LIMA NETO, I. E. (2020). *Modelagem simplificada do fósforo total em lagos e reservatórios brasileiros*. Revista DAE, v. 67, p. 142-156.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1968). *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Paris, Rep. Organization for Economic Cooperation and Development – OECD, DAS/CSI/68.27, 192 p.
- VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. v. 1, 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 452p.
- WATRAS, C.J.; MORRISON, K.A.; RUBSAM, J.L. (2016). *Effect of DOC on evaporation from small Wisconsin lakes*. Journal of Hydrology, v. 540, p. 162–175. <http://dx.DOI.org/10.1016/j.jhydrol.2016.06.002>
- WEI, Y.; YUANXI, L.; YU, L.; MINGXIANG, X.; LIPING, Z.; QIULIANG, D. (2020). *Impacts of rainfall intensity and urbanization on water environment of urban lakes*. Ecohydrology & Hydrobiology, v. 20, n. 4, p. 513-524. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.06.006>.