



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA ESTIMATIVA DA VAZÃO SÓLIDA EM UM RESERVATÓRIO DE PCH

Denise Parizotto¹; Rhayane Carvalho Roque²; Mariana Abibi Guimarães Araujo Barbosa³; Talyson de Melo Bolelli⁴; Renato Billia de Miranda⁵ & Frederico Fabio Mauad⁶

ABSTRACT – The water quality parameters make it possible to infer about the situation of land use of a hydrographic basin, since the drainage, point and diffuse, is received by the water bodies. In this sense, this study seeks to evaluate the correlation between two parameters, total suspended solids (TSS) and electrical conductivity (EC), in order to contribute to the monitoring of the quality of water resources. The study was carried out in the Lobo reservoir, located in the east center of the state of São Paulo, with collection of the chosen parameters in two campaigns, May and August. The analysis of the correlation between the data is discussed based on descriptive statistics. The data shows that it is not possible to establish a correlation between TSS and EC, however, they allow us to consider the water quality of the Lobo reservoir and the influence of rainfall on the data, which influences the quality of the statistical analysis.

Palavras-Chave – Qualidade da água, correlação, reservatório do Lobo.

1 - INTRODUÇÃO

O uso e ocupação indiscriminado do solo, muitas vezes na conversão de áreas naturais para usos em atividades antrópicas, promovem alterações que levam a degradação e ao impacto nos ambientes aquáticos. Conseqüentemente, os materiais sólidos, incluindo areia, silte e argila,

¹) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: deniseparizotto@usp.br, (16) 3371 – 8255.

²) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: rhayaneroque@usp.br (16) 3371 – 8255.

³) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: mariana.abibi@usp.br, (16) 3371 – 8255.

⁴) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: talyson@usp.br, (16) 3371 – 8255.

⁵) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: eng.renato.miranda@gmail.com, (16) 3371 – 8255.

⁶) Centro de Recursos Hídricos, Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), e-mail: mauadffm@sc.usp.br, (16) 3371 – 8255.



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

originados de processos erosivos de causas naturais e/ou antrópicas da bacia de contribuição (CARVALHO, 2008), são transportados pelo fluxo da água até os reservatórios.

Nesse sentido, as modificações em bacias hidrográficas por atividades humanas interferem na disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, especialmente a água que fornece benefícios para a sociedade nos múltiplos usos. No que compete a qualidade da água, assim como os fatores de erosão, uso e ocupação do solo, as condições de diluição de poluentes também são consideradas influentes (NEVES *et al.*, 2021).

A metodologia tradicional que investiga a qualidade da água envolve coletas de água sob vários pontos de interesse e análises em laboratório dos parâmetros que resultam na qualidade do corpo d'água (GUIMARÃES *et al.*, 2019). Dentre os parâmetros da qualidade, os sólidos suspensos totais (SST) representam a quantidade de substâncias de composição orgânica e inorgânica, com partículas de diâmetros superiores a 1,2 μm (SAMPAIO *et al.*, 2007). Assim, correspondem ao armazenamento de vários poluentes transportados e aos processos erosivos da bacia de contribuição, influenciando no assoreamento de reservatórios e rios. Outro parâmetro, a condutividade elétrica (CE) representa a quantidade de sólidos dissolvidos presentes na amostra coletada. Extraíndo a definição da condutividade, segundo Berger *et al* (2013), "a condutividade elétrica representa a concentração de íons, estando, portanto, associada à concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) e à salinidade".

Estudos desenvolvidos por Costa *et al* (2020) e Sampaio *et al* (2007) avaliaram a correlação entre sólidos e a condutividade em ambientes lótico e lêntico, respectivamente. Costa *et al* (2020) apresentou uma correlação baixa, podendo estar associada à predominância de material com maior diâmetro sobre a pequena presença de silte e argila. Ainda sobre este estudo, observou-se que a concentração de sólidos suspensos influenciou no aumento da condutividade elétrica. Já para o estudo de Sampaio *et al* (2007), na maioria dos resultados houve uma relação linear da condutividade com os sólidos totais e dissolvidos das águas residuárias, com exceção da água residuária doméstica.

Devido ao interesse dos resultados das pesquisas citadas e a importância do objeto de estudo na região centro-leste do Estado de São Paulo, este artigo teve como objetivo avaliar a correlação entre os sólidos suspensos totais e a condutividade elétrica do Reservatório do Lobo. Estudos como Neves *et al* (2021), Moruzzi *et al* (2012), Frascareli *et al* (2018), Anjinho *et al* (2020) e Mizael *et al* (2020) avaliaram que a Bacia Hidrográfica do Lobo (LSRB) vem apresentando um aumento na concentração de nutrientes e diminuição da qualidade da água dos principais tributários do reservatório, devido às atividades antrópicas.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no reservatório do Lobo, mais conhecido como reservatório do Broa, localizado entre os municípios de Brotas e Itirapina, na região central do Estado de São Paulo, conforme Figura 1. O reservatório faz parte da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo, e recebe toda a rede de drenagem da bacia, e a partir do reservatório, as águas da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo desaguam no rio Jacaré-Guaçu.

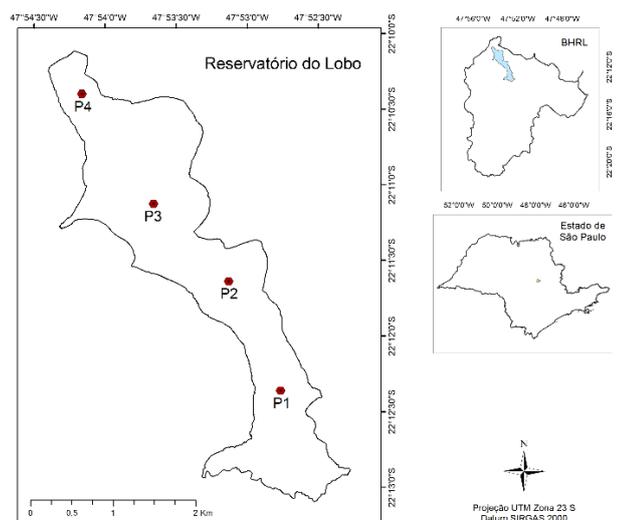


Figura 1: Localização dos pontos de coleta no reservatório do Lobo; a bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (BHRL); a bacia no estado de São Paulo.

As amostras de água foram coletadas em 4 pontos do reservatório (P1, P2, P3 e P4 da Figura 1), na profundidade de 15-20 cm (CETESB, 1988), realizadas no período da manhã. Imediatamente antes da coleta, foi realizado o procedimento de “ambientação” dos frascos, ou seja, o enxague deste de duas a três vezes nas águas onde eram realizadas as amostragens. Posteriormente, o frasco foi mergulhado na água do reservatório e virado lentamente no sentido contra a corrente até ser completamente preenchido com o líquido. As amostras de água foram acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo e transportadas, imediatamente, ao Laboratório do Núcleo de Hidrometria, pertencente ao Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA) da EESC-USP São Carlos.

As análises de sólidos suspensos totais (SST) foram realizadas com metodologia adaptada de APHA (2012). E a condutividade elétrica (CE) foi medida pelo condutímetro portátil Quimis modelo Q795P 9UDC. Após a tabulação dos dados, foram realizadas análises de correlação.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, apresentam-se os dados utilizados no estudo, os quais foram lidos analiticamente os parâmetros de sólidos suspensos totais (SST) e de condutividade elétrica (CE), assim como os



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

valores médio, máximo e mínimo dos parâmetros, 12,6, 23 e 4,5 mg/L de SST e 19,1, 20,0 e 18,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE. Dos pontos medidos, o SST do P4 da coleta de agosto foi o menor valor, representando a tendência de diminuição da concentração de sólidos suspensos no sentido do fluxo. Sendo P1 o ponto mais a montante e P4 o ponto mais próximo da barragem, é possível observar a redução dos valores de SST.

Em relação ao SST, a resolução do CONAMA 357/2005 não estabelece um valor de relevância para o parâmetro considerando somente para os sólidos dissolvidos totais (SDT). No trabalho de Neves *et al* (2020), foram monitorados entre os anos 2018 e 2019 pontos nos principais tributários do reservatório do Lobo e observou-se que na estação chuvosa a qualidade da água teve variação devido a poluição pontual advinda de águas residuais e a lixiviação de áreas agrícolas que carregam os sólidos com resíduos. Um fator importante são os rios mais representativos da bacia do ribeirão do Lobo, Itaqueri e Lobo, que correspondem a 85% do volume total de água deságua no reservatório do Lobo (ANJINHO *et al* 2019, TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2019) indica valores de CE abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e o valor médio encontrado de CE no presente estudo foi inferior ao valor estabelecido. Uma análise dos valores absolutos dos parâmetros mostra a boa qualidade da água do reservatório do Lobo.

Um estudo temporal de uma série de 30 anos apresentou as mudanças no uso e ocupação do solo da BHRL, principalmente na agricultura, cultivo de cana-de-açúcar, pastagem, culturas de citrus, que representam 65% do total da bacia. A atividade florestal ocupa uma área de 33% total da bacia, atribuída a Estação Ecológica de Itirapina. As ocupações humanas instaladas no entorno do reservatório também são presentes por pequenas comunidades e o condomínio Santo Antônio, local de lazer e recreação, podendo influenciar na poluição difusa da água. Em relação a atividade industrial, a partir de 2017 observou-se a instalação de novos empreendimentos, no setor de automóveis, construção civil e metalurgia (ANJINHO *et al* 2019).

Tabela 1: Dados encontrados de SST e CE

Pontos	SST (mg/L)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
P1*	19	18,8
P2*	23	19,2
P3*	16	18,6
P4*	16	18,2
P1**	7,7	18,9
P2**	8,2	19,5
P3**	6,7	19,3
P4**	4,5	20,0
Média	12,6	19,1
Máximo	23	20,0
Mínimo	4,5	18,2

Legenda: * campanha no mês de maio (2022) **campanha no mês de agosto (2022)

A Figura 2 apresenta o gráfico de correlação entre SST e CE, no qual é possível observar que a relação entre os dois parâmetros não possui uma correlação clara. A matéria orgânica pode ser um dos motivos de influência nos resultados da mistura da água com os sólidos (SAMPAIO *et al.*, 2007).

O resultado da baixa correlação (coeficiente de determinação $R^2=0,32$) pode ser explicado pelo diâmetro dos materiais sólidos, pois, conforme o trabalho de Parizotto *et al* (2020), a maior prevalência de partículas encontradas no reservatório são silte e areia fina. Isso se deve aos solos característicos da bacia do reservatório do Lobo com alta porcentagem de silte e areia.

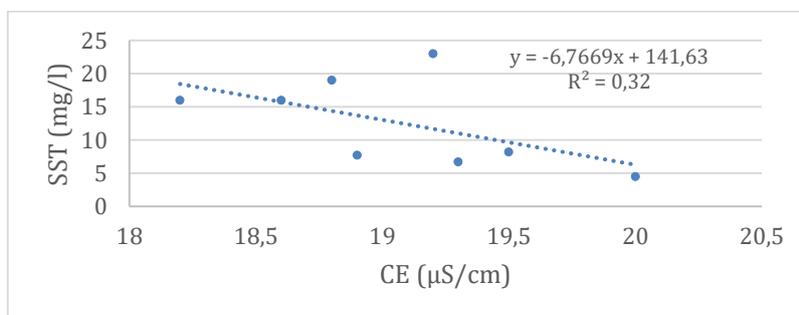


Figura 2: Relação entre os parâmetros SST e CE.

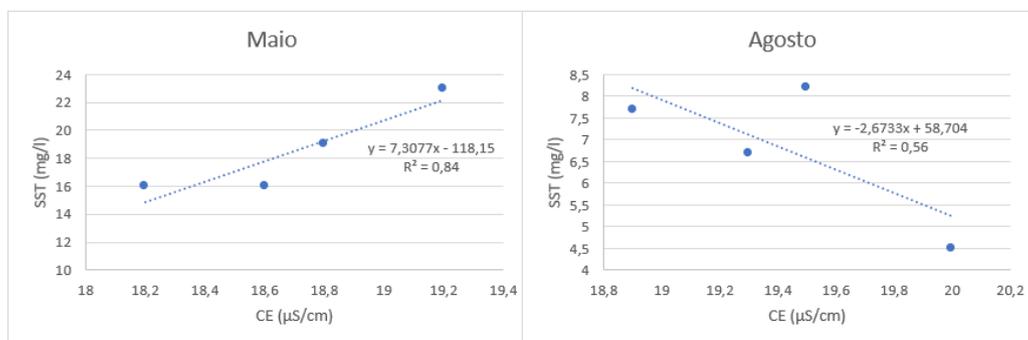


Figura 3: Relação entre os parâmetros nas diferentes datas de coleta.

A análise por período, dados de maio e agosto, permite observar um comportamento mais específico dos parâmetros, uma vez que estes meses se caracterizam por acumulados pluviométricos distintos. Como a CE é diretamente influenciada pela carga de íons dissolvidos, a maior pluviosidade de maio pode acarretar o transporte de material para o reservatório, acentuando a diferença entre os valores no percurso do reservatório, deixando mais clara a tendência de redução de sólidos no sentido da barragem. Os dados de agosto mostram uma maior



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

homogeneidade entre os pontos, como pouca mudança nos valores de SST, prejudicando a análise de correlação.

4 - CONCLUSÕES

A análise de correlação entre parâmetros de qualidade da água é importante para o monitoramento dos recursos, pois permite a inferência de diversos dados secundários a partir de poucos dados primários, reduzindo custos dessas operações.

O reservatório do Lobo, por possuir valores baixos de sólidos suspensos, não possibilitou verificar a existência de uma correlação entre sólidos suspensos totais e condutividade elétrica. No entanto, a análise separada de períodos com diferente pluviosidade permitiu observar um comportamento mais específico dos dados. Assim, espera-se que este trabalho possa contribuir com futuras análises, como outros trabalhos que demonstraram uma boa qualidade da água do reservatório do Lobo, reforçando a prática da coleta de dados em períodos de maior pluviosidade, permitindo melhor caracterização e precisão das medidas.

5 - REFERÊNCIAS

ANJINHO, P. S.; SANTOS, A. R.; BARBOSA, M. A. G. A.; MAUAD, F. F. (2019). *“Spatial-temporal analysis on the risk to water pollution against land use changes in Lobo Stream Drainage Basin, Itirapina-SP, Brazil”*. REGET, v. 23, p. 1-10.

ANJINHO, P.S.; NEVES, G. L.; BARBOSA, M. A. G. A.; MAUAD, F. F. (2020). *“Análise da qualidade das águas e do estado trófico de cursos hídricos afluentes ao reservatório do Lobo, Itirapina, São Paulo, Brasil”*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, p. 364-376.

APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22 nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

BERGER, J. S.; HERMES, E.; ZENATTI, D. C.; GONÇALVES, M. P.; LINS, M. A.; WULF, V. S. dos. (2013). *“Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em biodigestor tubular utilizado no tratamento de efluente de amidonaria”*. in: VI Encontro Regional de Agronomia, Paraná. Anais [...]. Paraná: Eagro, pp. 378-382.

BRASIL, RESOLUÇÃO DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 357 (2005). *“Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento,*



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

bem como estabelece as condições e parâmetros de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. Diário Oficial da União, Distrito Federal.

CARVALHO, N. O. 2008. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: Interciência, 2ª Ed. 599p.

CETESB; ANA. “*Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas*”. Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. (2019). Apêndice E – “*Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade – Águas Interiores*” In: Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo.

COSTA, G. G.; CRUZ, L. S. N. F.; SABINO, R. P.; DIAS, H. P.; MAZOCCO, R. S.; PAIVA, L. E. D. (2020). “*Correlação entre o parâmetro de qualidade de água condutividade elétrica (CE) e a concentração de sedimentos em suspensão para um tributário de acesso ao Lago dos Manacás no campus da UFJF em Juiz de Fora (MG)*”. In: XIV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Campinas/SP, pp. 1-8.

FRASCARELI, D.; CARDOSO-SILVA, S.; MIZAEI, J.; ROSA, A. H.; PÔMPEO, M. L. M.; LÓPEZ-DOVAL, J. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. (2018). “*Spatial distribution, bioavailability, and toxicity of metals in surface sediments of tropical reservoirs, Brazil*”. Environmental Monitoring and Assessment, v. 4, p. 190-199.

GUIMARÃES, T. T.; VERONEZ, M.R.; KOSTE, E.C.; SOUZA, E.M.; BRUM, D.; GONZAGA, L.; MAUAD, F.F. (2019). “*Evaluation of Regression Analysis and Neural Networks to Predict Total Suspended Solids in Water Bodies from Unmanned Aerial Vehicle Images*. Sustainability, v. 11, p. 2580-13.

MIZAEI, J. D.; CARDOSO-SILVA, S.; FRASCARELI, D.; PÔMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. (2020). “*Ecosystem history of a tropical reservoir revealed by metals, nutrients and photosynthetic pigments preserved in sediments*”. Catena, v. 184. 104242.

MORUZZI, R.B.; HONDA, F.P.; NAVARRO, G.R.B. (2012). “*Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no córrego da Água Branca, Itirapina (SP)*”. Geosciences, v. 3, p. 447-458.

NEVES, G. L.; GUIMARÃES, T.T.; ANJINHO, P.S.; BARBOSA, M.G.A.; SANTOS, A. R.; FILHO, J. S.V.; MAUAD, F. (2021). “*Spatial and Seasonal Assessment of Water Quality in the Lobo Stream River Basin, Brazil Using Multivariate Statistical Techniques*”. Anais da Academia Brasileira de Ciências 93, pp. 1-20.

PARIZOTTO, D.; BARBOSA, M.G.A.; NEVES, G. L.; ANJINHO, P. S.; SANTOS, A. R.; MAUAD, F. F. “*Relação entre a batimetria e granulometria do sedimento no Reservatório do Lobo (Itirapina)*”. (2020). In: XIV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Campinas/SP, p. 1-8.



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

SAMPAIO, C. S.; SILVESTRE, M.G.; FRIGO, E. P.; BORGES, C. M. (2007). *“Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias”*. Irriga, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 569-574, outubro-dezembro, 2007.

TUNDISI, J.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUES, S. (2003). *“Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa) -Municípios de Itirapina e de Brotas”*. São Carlos: Rima Artes e Textos.