

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/339003785>

# Relação entre dados de batimetria e qualidade da água no reservatório do Lobo, Itirapina/SP

Conference Paper · November 2019

CITATIONS  
0

READS  
28

7 authors, including:

 Mariana Barbosa  
University of São Paulo  
6 PUBLICATIONS 0 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

 Phelipe Anjinho  
University of São Paulo  
9 PUBLICATIONS 0 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

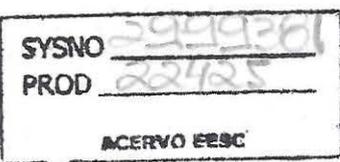
 Gabriela Neves  
University of São Paulo  
15 PUBLICATIONS 1 CITATION  
[SEE PROFILE](#)

 Tainá Thomassim Guimarães  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
12 PUBLICATIONS 31 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

 Estudos Quantitativos e Qualitativos dos corpos hídricos aplicados ao Reservatório do Lobo e seus Afluentes [View project](#)

 Digital Outcrop Models [View project](#)



## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### RELAÇÃO ENTRE DADOS DE BATIMETRIA E QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO DO LOBO, ITIRAPINA/SP

*Mariana Abibi Guimarães Araujo Barbosa*<sup>1\*</sup>; *Phelipe da Silva Anjinho*<sup>2</sup>; *Gabriela Leite Neves*<sup>3</sup>;  
*Tainá Thomassim Guimarães*<sup>4</sup>; *Allita Rezende dos Santos*<sup>5</sup>; *Denise Parizotto*<sup>6</sup> & *Frederico Fabio  
Mauad*<sup>7</sup>

**RESUMO** – A intensificação dos processos do ciclo hidrossedimentológico pelas atividades antrópicas gera impactos em toda a área da bacia de drenagem e nos corpos hídricos. Nos reservatórios, a deposição de sedimentos compromete em quantidade e qualidade os usos múltiplos da água. Os levantamentos batimétricos proporcionam um detalhamento da morfologia do leito dos reservatórios e uma avaliação do assoreamento; assim, o objetivo deste trabalho é relacionar os dados de batimetria e os dados de qualidade da água no reservatório do Lobo, Itirapina/SP. Foram correlacionados 11 pontos de coleta de amostras superficiais de água às profundidades extraídas do Modelo Digital de Elevação gerado pela batimetria, por meio de gráficos de dispersão de pontos. Os resultados mostram a existência de uma relação entre a profundidade e os parâmetros de qualidade associados a presença de sedimento, sendo estes: Turbidez, Sólidos Suspensos Totais e Fósforo Total. Os parâmetros Nitrito e Nitrato não apresentaram relação clara com a profundidade do ponto. Neste estudo, pode-se concluir que houve uma relação entre a profundidade e a qualidade da água; e que os dados batimétricos se mostram fundamentais para a modelagem hidrológica de reservatórios, colaborando com a pesquisa e com a gestão dos recursos hídricos.

**ABSTRACT** – The processes intensification in the hydrossedimentological cycle due to anthropic activities impact the whole area of the drainage basin and the water bodies. In reservoirs, the sediment deposition compromises in quantity and quality the multiple uses of water. Since the bathymetric survey provides a detailed bed morphology of the reservoir and an evaluation of the sedimentation, the aim of this work is to obtain an association between the bathymetric data and the water quality data in the Lobo reservoir, Itirapina / SP. 11 points of superficial water samples were correlated to the depths extracted from the Digital Elevation Model created from the bathymetric data, by means of point scatter plots. The results show that there is a relation between the depth and the quality parameters somehow associated to sediment, being these: Turbidity, Total Suspended Solids and Total Phosphorus. Nitrite and Nitrate parameters did not vary with the point depth. In this study, it can be concluded that there was a relationship between water depth and quality, and that bathymetric data are fundamental for the hydrological modelling of reservoirs, collaborating with water resources research and management.

1) \*Autor correspondente. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: mariana.abibi@usp.br

1) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: phelipe.anjinho@usp.br

3) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: gabriela.leiteneves@usp.br.

4) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: tainathomg@usp.br

5) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: allita@usp.br.

6) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: deniseparizotto@usp.br

7) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Universidade de São Paulo – EESC/USP, Rodovia Domingos Innocentini, km 13, Itirapina (SP), (16) 3371 – 8255, e-mail: maudffm@sc.usp.br.

**Palavras-Chave** – Batimetria. Qualidade da água. Reservatório.

## INTRODUÇÃO

O uso inadequado do solo em uma bacia hidrográfica pode resultar em problemas hidrossedimentológicos e, conseqüentemente, na redução da disponibilidade hídrica e na degradação da qualidade de corpos hídricos. A elevação do terreno, os tipos de solo e o uso e ocupação da área da bacia possuem características que potencializam o processo de sedimentação, que é resultado da erosão, transporte e deposição das partículas do solo desagregadas no fundo dos rios, lagos, reservatórios, várzeas, entre outros (CHEN *et al.*, 2018; SHRESTHA; WANG, 2018).

Os impactos provenientes da erosão do solo e suas relações com as alterações ambientais são substancialmente impulsionados pela atmosfera por meio da chuva e da evapotranspiração (OP DE HIPT *et al.*, 2018). Esses processos, juntos à combinação da declividade dos trechos em uma bacia hidrográfica, força da gravidade e tipo de solo sensível à erosão, formam um cenário ideal para o processo de sedimentação (CHEN *et al.*, 2018).

O carreamento das partículas erodidas pela ação da chuva, acaba por depositá-las nos corpos hídricos causando o assoreamento, comprometendo a qualidade e a disponibilidade da água e reduzindo o volume útil dos os rios, lagos e reservatórios (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2016).

A deposição de sedimentos em reservatório ocorre de forma constante, uma vez que a construção de barragens altera as características hidráulicas do curso d'água, reduzindo a velocidade média do escoamento e propiciando um ambiente de retenção para os sedimentos. O processo de sedimentação pode causar o assoreamento e o aumento de nutrientes e outras substâncias que são transportadas juntamente com os sólidos; e, conseqüentemente, resultar em diversos impactos físicos e ambientais nos reservatórios (CARVALHO, 2008). Nesse sentido, o assoreamento e o enriquecimento de nutrientes das águas superficiais são problemas atuais que devem ser considerados em estudos hidrológicos, uma vez que o aumento da concentração de sólidos e nutrientes podem resultar na redução da qualidade e da disponibilidade da água.

O processo de sedimentação além de afetar impactar os ambientes aquáticos, os setores socioambientais e econômicos também são prejudicados com a inviabilização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza (CHEN *et al.*, 2018). E, no caso dos reservatórios de água, são inúmeros os serviços ecossistêmicos que também podem ser considerados como usos múltiplos. Alguns exemplos são o abastecimento público de água, consumo industrial, irrigação e dessedentação

de animais, recreação, geração de energia elétrica, transporte, preservação de flora e fauna, dentre outros.

O reservatório do Lobo – Itirapina/SP – é de suma importância, pois além de fornecer energia elétrica, é utilizado pela população para recreação, turismo e pesca. No entanto, de acordo com Tundisi *et al.* (2003), o reservatório tem apresentado aumento nas concentrações de nutrientes, alterando o estado trófico desse sistema. Segundo os mesmos autores, as principais fontes de entrada de sedimentos e nutrientes estão relacionadas aos tributários Itaqueri e Lobo, que são os cursos hídricos que mais contribuem para a vazão afluente ao reservatório.

A distribuição de nutrientes pode estar relacionada à diferentes profundidades nos reservatórios, já que uma menor profundidade aumenta a ação dos ventos, propiciando a suspensão dos sedimentos do fundo e aumentando a concentração do nutriente na coluna d'água (FREITAS *et al.* 2011).

Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo relacionar as profundidades encontradas, por meio de levantamento batimétrico, com parâmetros de qualidade da água, visando estabelecer uma relação entre tais fatores no ambiente do reservatório do Lobo.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A bacia de contribuição do reservatório do Lobo pertence à Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo 13 (URGHI 13). A drenagem da bacia é composta, principalmente, pelo ribeirão do Lobo, rio Itaqueri e pelos córregos Perdizes e Geraldo (Figura 1).

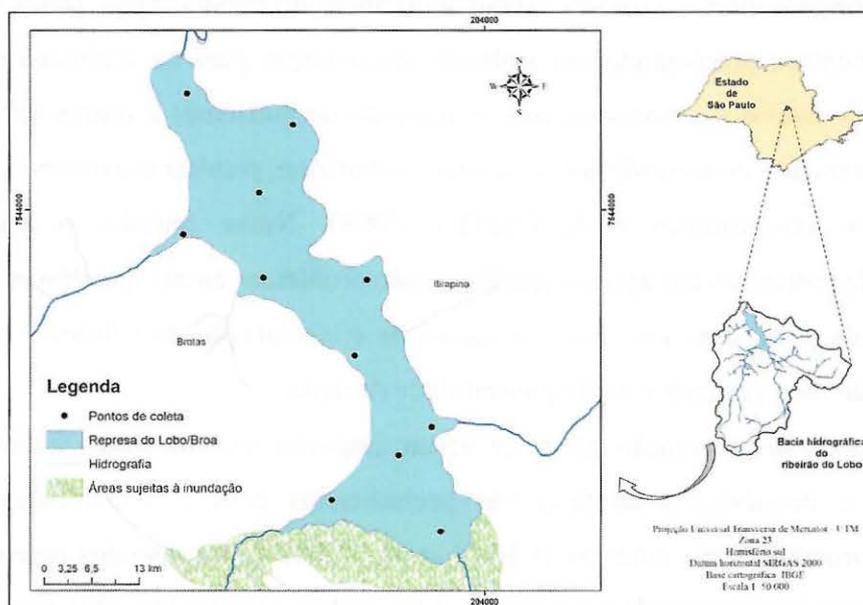


Figura 1 – Localização do reservatório do Lobo, Itirapina/SP.

O reservatório do Lobo foi construído em 1936 tendo em vista o aproveitamento para geração de energia elétrica e, segundo Estigoni *et al.* (2014), em 1970, se tornou atração turística regional. Atualmente, seus usos incluem geração de energia elétrica, recreação e pesquisa; e para atender a tais usos, a Usina do Lobo deve manter um nível de montante entre 703,00 e 703,30 m.

As dimensões principais do reservatório são 6,2 km de comprimento, profundidade máxima de 14 m, profundidade média de 5,8 m, área de superfície de 5,6 km<sup>2</sup> e volume de 24,3 hm<sup>3</sup>; referentes ao nível máximo maximorum da barragem (ESTIGONI *et al.*, 2014).

## Batimetria

A batimetria consiste na determinação da elevação de pontos no leito de corpos d'água, a partir dos quais é formado o Modelo Digital de Elevação (MDE), que representa a superfície submersa do terreno. Para isto, no Brasil, a Agência Nacional de Águas - ANA - (2013) traz orientações para a realização de levantamentos batimétricos, como parte do cumprimento da Resolução Conjunta nº03 de 2010 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010).

A ANA, órgão responsável por orientar sobre os procedimentos de coleta, tratamento e armazenamento de dados hidrométricos, apresenta orientações técnicas para atualização da curva Cota x Área x Volume; define equipamentos e metodologia para determinação da equidistância entre as linhas de sondagem para trabalhos de batimetria realizados com ecobatímetros monofeixe.

Assim, o equipamento utilizado para sondagem acústica é o ecobatímetro monofeixe Bathy-500MF Survey Echo Sounder da marca SyQwest, conectado ao transdutor modelo P/N 01540; e paralelamente, o posicionamento dos pontos de profundidade é determinado pelo conjunto de controladora, modelo CS10, e antenas receptoras GS15 da marca Leica, que dispõe da tecnologia *Diferencial Global Positioning System* (DGPS) RTK com comunicação via rádio entre as antenas. A integração dos dados de ambos equipamentos durante a coleta foi realizada por meio do programa de levantamento hidrográfico HYPACK®.

Com base nas dimensões do reservatório e considerações técnicas para enquadramento do reservatório do Lobo como PCH, determinou-se a equidistância entre os transectos para o levantamento batimétrico, igual a 100 m; a campanha foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2018. E, por meio do programa ArcGIS 10.3.1v, os pontos da batimetria foram interpolados, gerando o MDE do leito do reservatório do Lobo.

## Determinação dos dados de qualidade da água

Para a determinação e análise dos dados de qualidade da água, realizou-se uma campanha no mês de julho de 2018, onde foram coletadas amostras de água superficial em 11 pontos distribuídos na área do reservatório do Lobo, como apresentado anteriormente na Figura 1.

Em campo, foi utilizada a sonda multiparâmetro YSI-6820 para a medição da Turbidez em cada ponto. As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Qualidade do Núcleo de Hidrometria do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA) da Universidade de São Paulo, em São Carlos. Realizaram-se as análises de diversos parâmetros, sendo apresentados neste trabalho: Nitrato, Nitrito, Fósforo Total e Sólidos Suspensos Totais (SST). Os parâmetros foram determinados com base nas metodologias descritas em APHA (1999).

### **Análise dos dados**

A localização dos pontos de coleta das amostras de água, registrada por meio do equipamento *Global Positioning System* (GPS) da marca Garmin (modelo Montana 650), possibilitou extrair do MDE os dados de profundidade de todos os pontos. Então, com os dados tabelados de qualidade da água superficial e profundidade, gerou-se gráficos de dispersão dos pontos, definindo-se uma linha de tendência linear e seu respectivo coeficiente de determinação  $R^2$ .

Cada parâmetro de qualidade foi relacionado à profundidade separadamente, visando analisar as possíveis relações existentes e suas causas.

### **RESULTADOS**

A interpolação dos dados da batimetria gerou um MDE que representa a morfologia do leito do reservatório do Lobo, indicando sua escala de elevações e apontando os vales (Figura 2). Os valores de profundidade extraídos do MDE nos 11 pontos de coleta, juntamente aos valores dos parâmetros de qualidade da água analisados em laboratório, são apresentados na Tabela 1.

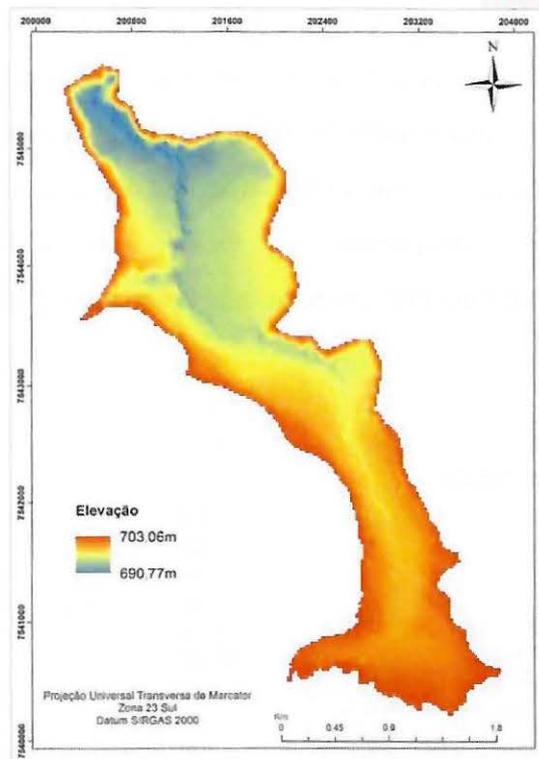


Figura 2 – MDE do leito do reservatório do Lobo. Fonte: adaptado de Barbosa (2019).

Tabela 1 – Dados de profundidade e qualidade da água nos pontos do reservatório do Lobo.

Ponto (N)	Long E (UTM)	Lat S (UTM)	Profundidade (m)	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)
1	202291	7540716	1,13	3,9	7,40	0,62	1,74	26,74
2	203508	7540356	0,83	2,8	5,40	1,16	10,51	40,94
3	203037	7541227	3,36	3,1	5,39	0,69	2,69	24,28
4	203407	7541549	0,91	4,2	5,61	0,73	2,83	25,01
5	202551	7542358	3,40	2,7	5,17	0,66	2,02	19,94
6	202683	7543205	5,59	1,8	4,61	0,63	1,98	23,10
7	201521	7543229	3,90	1,6	4,21	0,64	2,00	29,10
8	200625	7543721	3,71	1,2	3,83	0,63	1,74	20,90
9	201477	7544192	7,06	1,6	3,83	0,63	1,83	19,46
10	201853	7544958	6,86	1,2	3,33	0,62	1,73	18,24
11	200671	7545312	10,26	1,2	3,71	0,61	1,64	18,48
<i>Média</i>			4,27	2,3	4,77	0,69	2,79	24,20
<i>Desvio padrão</i>			2,95	1,1	1,18	0,16	2,59	6,57

Os gráficos de dispersão dos parâmetros SST e Turbidez, apresentados na Figura 3, mostram uma similaridade no comportamento da tendência, justificada pela relação direta estabelecida entre os próprios parâmetros de qualidade (CHANSON *et al.*, 2008; ANDRADE NETO *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2015). E, tais parâmetros apresentam uma boa relação com a profundidade, com coeficientes  $R^2$  aproximados de 0,60.

A localização das áreas mais rasas, próximas às bordas e entradas de tributários no reservatório, é um fator determinante na concentração mais alta de sólidos nessas regiões, visto que a entrada e deposição dos mesmos acontece principalmente nessas áreas. E, também, a ação dos ventos tem um efeito maior no sedimento das áreas mais rasas, uma vez que causa maior turbulência na coluna d'água se comparado às regiões mais profundas. A tendência linear decrescente da Figura 3 indica claramente uma relação inversamente proporcional entre os parâmetros de qualidade e a profundidade.

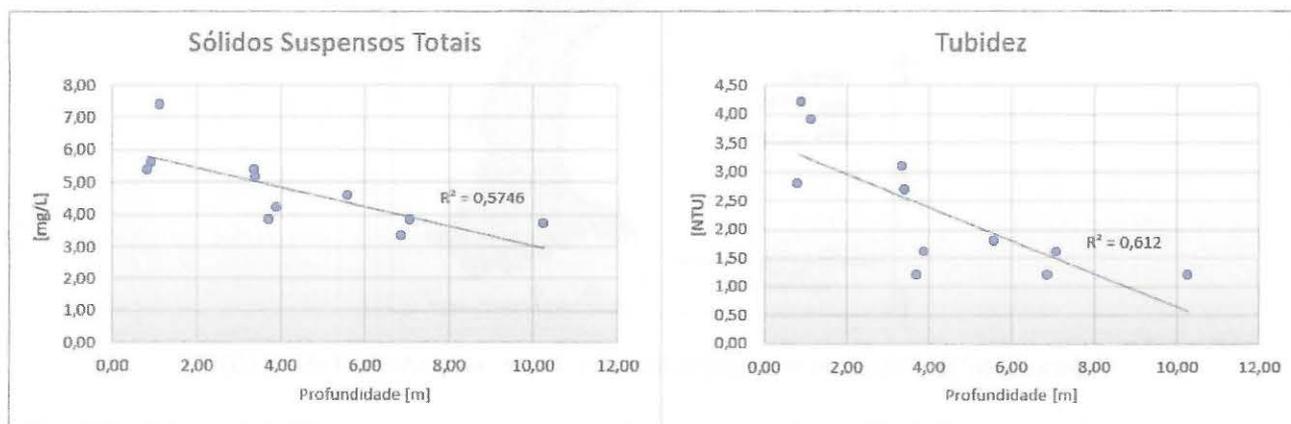


Figura 3 – Relação entre SST, Turbidez e profundidade.

A Figura 4 apresenta a relação dos parâmetros Nitrito e Nitrato com a profundidade e indica, no caso do reservatório do Lobo e para as condições do ambiente na época de coleta, que não há uma relação clara estabelecida entre tais parâmetro de qualidade e a profundidade. A dispersão dos pontos nos gráficos mostra uma linha de tendência de coeficiente angular próximo a zero.

Contudo, a tendência observada sofre influência do ponto número 2, o qual, como também pode ser notado na Tabela 1, possui valores de Nitrito e Nitrato 80 e 420 %, respectivamente, acima da média dos outros pontos. Tal ponto está localizado próximo a entrada do rio Itaqueri no reservatório, caracterizando uma região de concentrações mais altas de nutrientes, visto que este tributário recebe uma carga pontual dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto de Itirapina/SP.

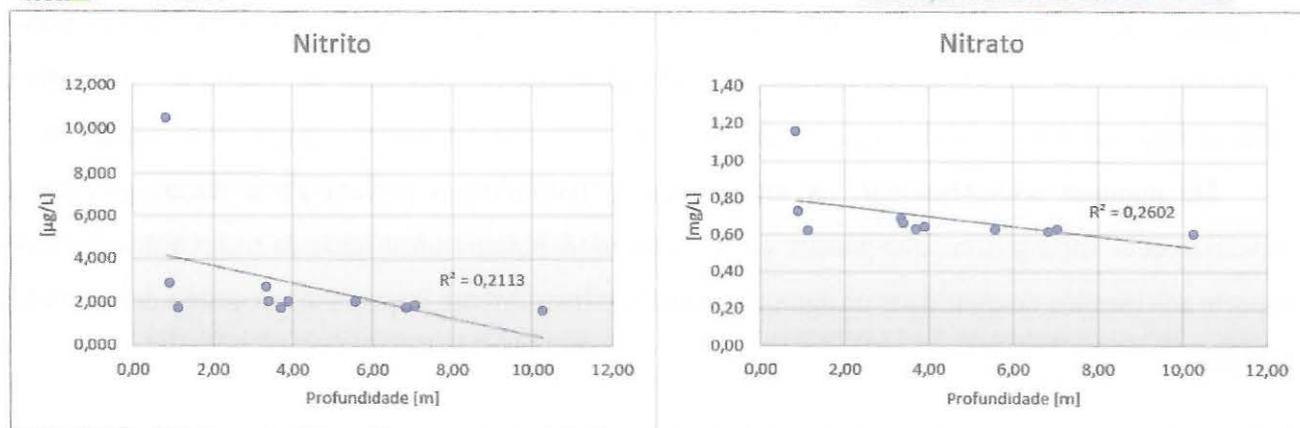


Figura 4 – Relação entre Nitrito e Nitrato e profundidade.

Na análise da relação entre o Fósforo Total e a profundidade, nota-se uma tendência de proporcionalidade inversa entre os eixos (Figura 5), assim como nos gráficos de SST e Turbidez. Este parâmetro também é influenciado pela concentração de sedimentos suspensos e de fundo, pois estes podem ser fonte de fósforo para a coluna d'água (PELLEGRINI *et al.*, 2008), como parte do ciclo deste elemento nos ambientes lânticos.

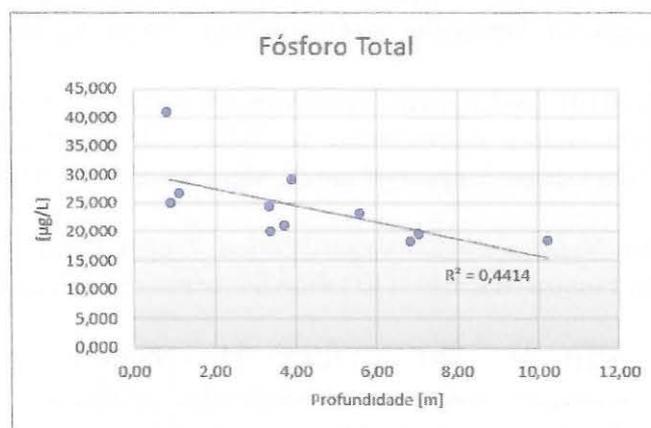


Figura 5 – Relação entre Fósforo Total e profundidade.

## CONCLUSÕES

Os trabalhos de batimetria em reservatórios são voltados às análises do assoreamento desses ambientes, uma vez que o controle do mesmo é importante na manutenção da capacidade do reservatório, garantindo os usos múltiplos da água em quantidade e qualidade; e, também, de maneira indireta, indica as condições do ciclo hidrossedimentológico da bacia de drenagem, podendo contribuir para ações de controle de erosão.

As análises dos parâmetros analisados nesse estudo indicam que a profundidade tem relação direta com a qualidade da água, já que, em menores profundidades ocorre maior circulação na coluna d'água, o que pode aumentar a concentração de algumas substâncias. Contudo, é importante ressaltar que os resultados deste trabalho, embora corroborados pela dinâmica dos nutrientes descrita na

literatura, representam uma análise parcial do estado da qualidade no reservatório do Lobo. Campanhas de campo adicionais devem ser realizadas para minimização de incertezas, para que o valor dos parâmetros de qualidade em cada ponto seja uma média estatisticamente representativa.

De maneira complementar, os levantamentos batimétricos podem gerar dados precisos e espacialmente abrangentes, que podem ser úteis na modelagem hidrológica de reservatórios, dando suporte aos estudos de qualidade da água e se tornando instrumento importante na gestão dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. (2013) Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. *Orientações para atualização das curvas cota x área x volume*. Brasília: ANA, SGH.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2010) *Resolução Conjunta N° 03*, de 10 de agosto de 2010. Brasília: ANEEL; ANA.

ANDRADE NETO, J. S. *et al.* (2012) *Descarga sólida em suspensão do sistema fluvial do Guaíba, RS, e sua variabilidade temporal*. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, 39(2), pp. 161-171.

BARBOSA, M. A. G. A. (2019) *Avaliação do assoreamento no reservatório do Lobo – Itirapina/SP: comparação entre os levantamentos batimétricos de 2010 e 2018*. 2019. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 97 p.

CARVALHO, N. O. (2008) *Hidrossedimentologia Prática*. 2ª ed. CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Rio de Janeiro, RJ: ELETROBRÁS/Centrais Elétricas Brasileiras SA.

CHANSON, H.; TAKEUCHI, M.; TREVETHAN, M. (2008) *Using turbidity and acoustic backscatter intensity as surrogate measures of suspended sediment concentration in a small subtropical estuary*. Journal of Environmental Management 88(4), pp. 1406-1416.

CHEN, D. *et al.* (2018) *Simulating and mapping the spatial and seasonal effects of future climate and land -use changes on ecosystem services in the Yanhe watershed, China*. Environmental Science and Pollution Research 25(2), pp. 1115–1131.

ESTIGONI, M. V.; MATOS, A. J. S.; MAUAD, F. F. (2014) *Assessment of the accuracy of different standard methods for determining reservoir capacity and sedimentation*. Journal of Soils and Sediments 14, pp. 1224-1234.

FREITAS, F.R.S., RIGHETTO A. M., ATTAYDE J.L. (2011) *Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro*. Oecologia Australis 15(3), pp. 655-665.

MEDEIROS, P. P.; SEGUNDO, G. H. C.; MAGALHÃES, E. M. M. (2015) *Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil)*. Geochimica Brasiliensis 29(1), pp. 35-44.

OP DE HIPT, F. *et al.* (2018) *Modeling the impact of climate change on water resources and soil erosion in a tropical catchment in Burkina Faso, West Africa*. CATENA 163, p. 63–77.

PELLEGRINI, J. B. R. *et al.* (2008) *Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32, pp. 2639-2646.

SHRESTHA, N. K.; WANG, J. (2018) *Predicting sediment yield and transport dynamics of a cold climate region watershed in changing climate*. Science of The Total Environment 625, pp. 1030–1045.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2016) *Integrating ecohydrology, water management, and watershed economy: case studies from Brazil*. Ecohydrology & Hydrobiology, New Challenges and Dimensions of Ecohydrology, Part II. 16(2), pp. 83–91.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUES, S.L. (2013) *Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Lobo e da represa da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa)*. São Carlos: IIE, IIEGA.