

## BATIMETRIA MONOFEIXE VS BATIMETRIA MULTIFASE: ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO TAIACUPEBA, SUZANO - SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco, Luiz Antonio Pereira de Souza, Samuel Barsanelli Costa; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Copyright 2018, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no VIII Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salinópolis, 18 a 20 de setembro de 2018. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VIII SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.*

### Resumo

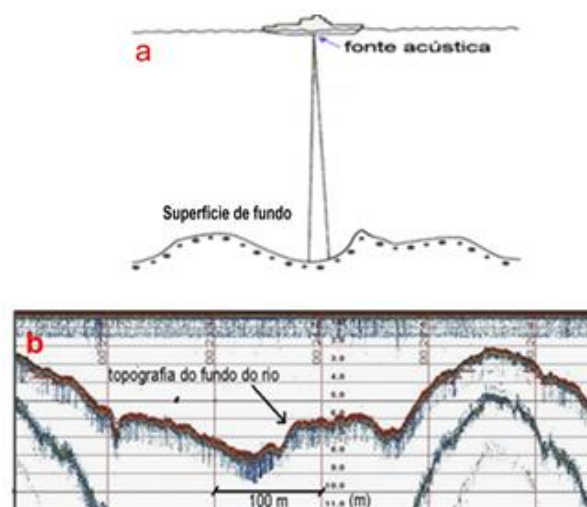
Os métodos acústicos, em especial a batimetria, contribuem na investigação de ambientes submersos, a se destacar, áreas costeiras, rios, portos e reservatórios. Este trabalho apresenta a comparação entre levantamentos batimétricos feitos em períodos distintos e com diferentes técnicas de levantamentos. Conclui-se que o espaçamento entre linhas adotado em atividades de campo é importante na caracterização morfológica de reservatórios de água e no cálculo de seu volume, quando comparando levantamentos batimétricos feitos com a mesma técnica. Considerando levantamentos feitos com um mesmo espaçamento entre linhas e utilizando diferentes técnicas, interferometria e batimetria monofeixe, foi possível verificar mais detalhes na morfologia do fundo do lago no mapa que foi gerado utilizando o sonar interferométrico. Isto ocorre devido à capacidade que o equipamento possui de adquirir uma maior quantidade de dados de profundidade, quando comparado com o ecobatímetro monofeixe e, assim, proporcionando mais detalhes morfológicos como os contornos e meandros dos rios e feições antrópicas.

### Introdução

A investigação de ambientes submersos rasos (rios, reservatórios, áreas costeiras e plataforma continental interna) tem despertado especial interesse no Brasil e no mundo. Tendo em vista que nestes ambientes tem se concentrado grande parte das atividades da sociedade. A geofísica é uma ciência que auxilia no estudo destes locais, pois pesquisa a composição, as propriedades físicas e os processos dinâmicos da Terra utilizando diferentes métodos de investigação. Existem diversos métodos geofísicos de investigação como a magnetometria, a gravimetria, a sísmica de refração, a sísmica de reflexão, os métodos eletrorresistivos, eletromagnéticos, entre outros. Os métodos acústicos de reflexão, e em especial a batimetria, a sonografia e a perfilação sísmica contínua, se destacam no estudo de superfície e de subsuperfície de ambientes submersos devido à capacidade do som de se propagar na água.

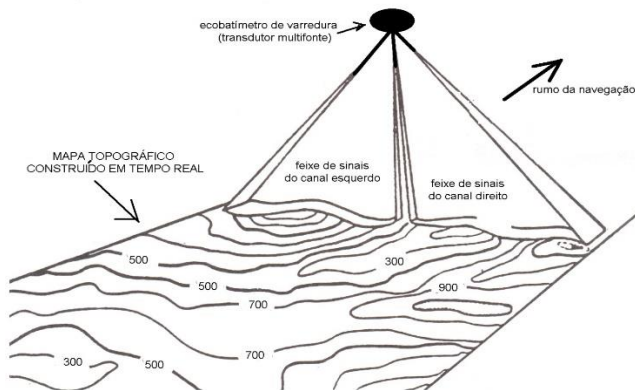
Este trabalho trata sobre levantamentos batimétricos e apresenta uma comparação entre trabalhos de campo utilizando diferentes técnicas de levantamentos.

A batimetria consiste na medição da espessura da coluna de água. Existe uma correlação entre a batimetria de uma determinada área e suas características geológicas e geomorfológicas, uma vez que a topografia de fundo é gerada a partir da evolução geológica da área que, por sua vez, condiciona os processos sedimentares que ocorrem na coluna d'água (Souza, 2006). Classicamente, a morfologia de ambientes submersos era definida por levantamentos batimétricos monofeixes (*singlebeam*) que comumente utilizam frequências de 24 kHz, 30 kHz, 38 kHz, 50 kHz, 200 kHz. São comuns no mercado ecobatímetros monofeixes que possuem duplas frequências, as quais podem ser empregadas simultaneamente nas atividades de campo, possibilitando o uso desta ferramenta em diferentes profundidades. Estes instrumentos, sejam de uma ou duas frequências, estão limitados a coletar dados de espessura de coluna de água numa sequência de pontos na superfície de fundo exclusivamente na posição vertical diretamente abaixo do transdutor (emissor do sinal acústico) e ao longo da linha de navegação (**Figura 1**).



**Figura 1 - Em a: Um diagrama mostrando a execução de um levantamento batimétrico com um sistema monofeixe, em b: um perfil ecobatimétrico de um trecho do rio Araguaia, gerado por um ecobatímetro monofeixe que emprega a frequência de 200 kHz. (Souza, 2006).**

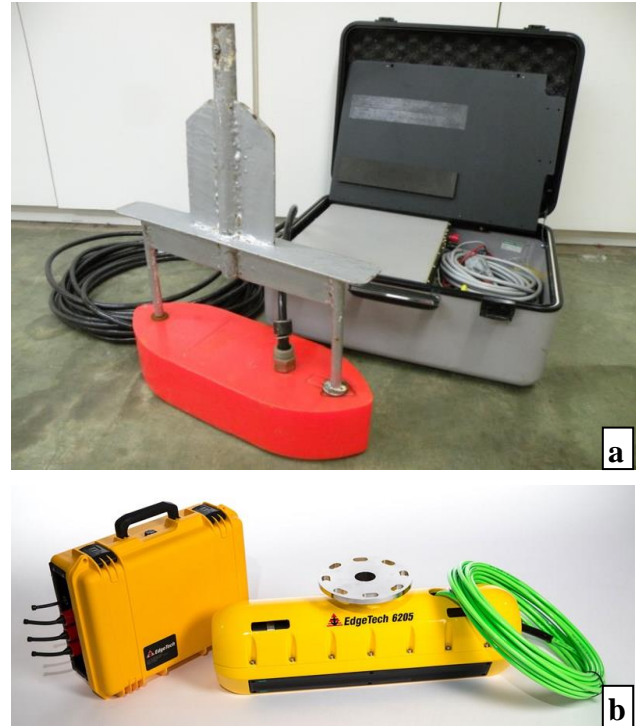
Sistemas acústicos mais modernos denominados multifeixes (*multibeam*) e sonares interferométricos definem a técnica denominada de batimetria de varredura e permitem a coleta de dados numa faixa transversal à rota de navegação, possibilitando cobrir uma área da superfície de fundo à medida que a embarcação se desloca. A **Figura 2** ilustra a geometria de aquisição de dados de um sistema acústico batimétrico multifeixe. Este artigo tem por objetivo comparar levantamentos batimétricos monofeixes com levantamentos utilizando um sonar interferométrico utilizando como área de estudo o reservatório Taiapuêba, um dos principais mananciais de abastecimento público da Região Metropolitana de São Paulo, localizado na divisa dos municípios de Suzano e Mogi das Cruzes.



**Figura 2 - área de cobertura da superfície de fundo em um levantamento com sistema acústico multifeixe (Souza, 2006).**

### Metodologia/ Problema Investigado

Para o desenvolvimento deste artigo foram utilizados diferentes levantamentos batimétricos realizados em períodos distintos e com técnicas diferentes de levantamento no reservatório de água Taiapuêba, localizado no município de Suzano, estado de São Paulo. Serão comparados dados obtidos com um ecobatimetro monofeixe de dupla frequência (38 kHz e 200 kHz) modelo Simrad 38/200 Combi D da marca Kongsberg e dados adquiridos com o sonar interferométrico modelo 6205 da marca Edgetech (550 kHz). Os equipamentos estão ilustrados na **Figura 3**.



**Figura 3 – em a, imagem indicando o ecobatimetro monofeixe de dupla frequência e em b, imagem ilustrando o sonar interferométrico.**

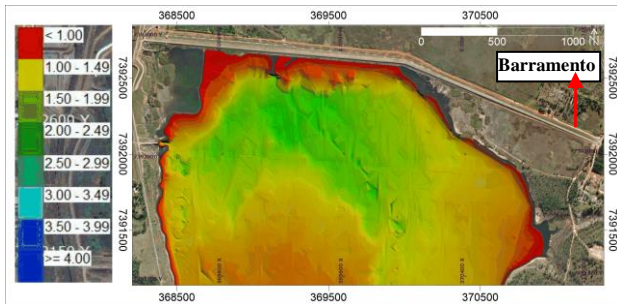
Os levantamentos concentraram-se apenas na porção do reservatório próxima à barragem, formando um quadrante de aproximadamente 1,0 km (N-S) por 2,0 km (L-O). Com o ecobatimetro monofeixe, os trabalhos foram realizados em 2014 e 2017. Em 2014 (IPT, 2014) os perfis navegados transversalmente ao lago (perfis paralelos ao barramento) foram espaçados em 100 m e os navegados longitudinalmente foram espaçados em 150 m. No ano de 2017 (IPT, 207) o espaçamento foi reduzido para 50 m, navegando-se transversalmente ao reservatório.

Em 2015 (Souza *et al*, 2015) foi utilizado o sonar interferométrico, equipamento que possui a capacidade de realizar simultaneamente batimetria de varredura (550 kHz) e sonografia de dupla frequência (550 kHz e 1600 kHz). Neste levantamento o espaçamento entre linhas foi de aproximadamente 50 metros e os perfis navegados estavam dispostos transversalmente ao reservatório.

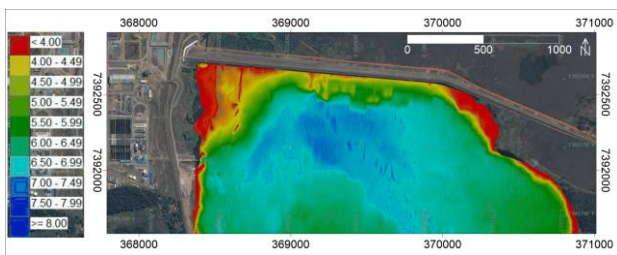
As profundidades obtidas em campo foram interpoladas utilizando o mesmo método de interpolação denominado de triangulação. Foram utilizados os softwares ArcGIS, Global Mapper, Surfer e Hypack na elaboração dos produtos gerados.

## Resultados e Discussão

Os mapas indicados pela **Figura 4** e pela **Figura 5** indicam o resultado da interpolação para os anos de 2014 e 2017, respectivamente. Nota-se que, para analisar a morfologia da superfície de fundo do reservatório, o espaçamento entre as linhas navegadas em campo é um fator relevante. Pois, observa-se que a morfologia está caracterizada com mais detalhes na **Figura 5** onde o espaçamento entre linhas navegadas foi menor.



**Figura 4** – Mapa indicando o resultado da interpolação dos valores de profundidade adquiridos no levantamento batimétrico monofeixe realizado no ano de 2014.



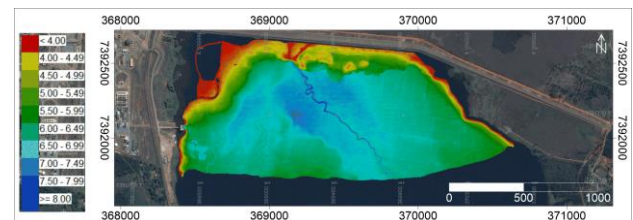
**Figura 5** – Mapa indicando o resultado da interpolação dos valores de profundidade adquiridos no levantamento batimétrico monofeixe realizado no ano de 2017.

A profundidade de um ambiente condiciona a sua morfologia e, além disso, a espessura da coluna de água também é útil no cálculo de volumes, informação importante no gerenciamento de reservatórios de água. O volume de água em reservatórios, com finalidade de abastecimento, é uma informação importante para gerenciá-los e, com isso estimar com mais exatidão as taxas de assoreamento e o volume-útil deles.

De forma semelhante à metodologia descrita neste trabalho, Matos *et al.* (2011) compararam volumes calculados a partir de dados provenientes de levantamentos batimétricos monofeixes. Os autores compararam os volumes calculados a partir de dados provenientes de levantamentos com diferentes espaçamentos e disposição (se paralelos ou em zig-zag) dos perfis navegados. Eles observaram que os volumes calculados para um mesmo reservatório foram diferentes.

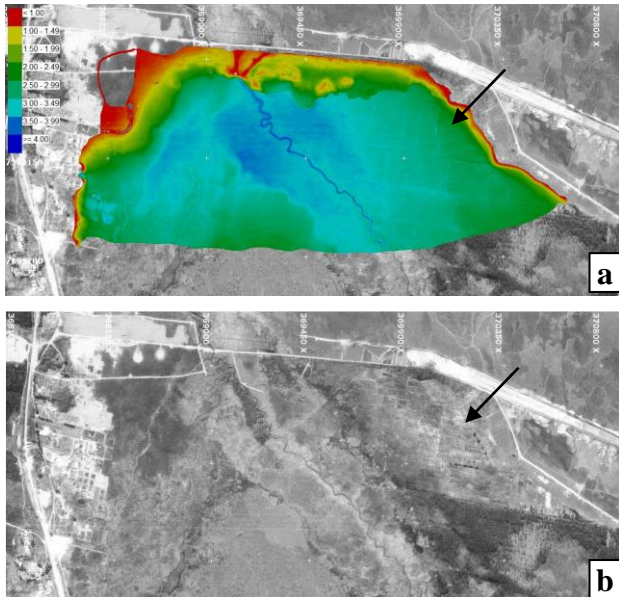
Em um dos exemplos os mesmos autores calcularam os volumes de água utilizando os dados de perfis espaçados com 500 m, 1000 m e 1500 m e constataram que houve uma perda de aproximadamente 15 % do volume na comparação feita entre os espaçamentos de 500 m e 1500 m.

O mapa da **Figura 6** ilustra o resultado da interpolação realizada com os dados obtidos com o sonar interferométrico. Quando comparando levantamentos de campo utilizando espaçamento entre linhas semelhantes, e de 50 m, observa-se que a quantidade de detalhes existentes na morfologia do fundo do reservatório utilizando o sistema interferométrico multifase é maior do que quando comparado com os mapas gerados pela batimetria monofeixe. O sonar interferométrico é capaz de obter dados de profundidades espaçadas a cada 15 cm, se o usuário assim definir no *software* de aquisição. No exemplo proporcionado pela **Figura 6** foram interpolados valores reais de profundidade que estavam espaçados entre 1 m / 1,5 m, aproximadamente, enquanto que na batimetria monofeixe as cotas interpoladas estavam espaçadas em 50 m (2017) e 100 m (2014).



**Figura 6** – Mapa indicando o resultado da interpolação dos valores de profundidade obtidos com o sonar interferométrico.

A partir da análise conjunta entre a imagem aérea do ano de 1972 (anterior ao enchimento do reservatório) e o mapa gerado a partir dos dados do sonar interferométrico, ilustrado pela **Figura 7**, é possível notar que parte da morfologia do rio e da planície fluvial original encontra-se preservada, observada pelos contornos e meandros nos mapas da **Figura 6** e **Figura 7a**. O corpo central do lago não evidencia depósitos, consequência da baixa produção de sedimentos da bacia de drenagem do reservatório (COSTA, 2018). Apenas próximo ao barramento são observados depósitos de sedimentos finos, na faixa do silte e argila. Outros detalhes na morfologia de fundo do lago, que foram preservados, podem ser notados pelas setas indicadas na **Figura 7**, que correspondem à feições no solo oriundas de antigas áreas de reflorestamento de eucalipto.



**Figura 7 – Comparação entre a imagem aérea e o mapa gerado pelo sonar interferométrico. As setas indicam antigas áreas de reflorestamento de eucalipto.**

### Conclusões

As observações descritas neste trabalho nos conduzem a concluir que:

- A escolha do espaçamento entre perfis navegados é um fator importante para a caracterização morfológica dos ambientes;
- Para o cálculo de volume de corpos d'água a quantidade de dados reais de profundidade é importante, e a quantidade de informações reais depende do espaçamento entre perfis adotado para as atividades de campo e depende também do equipamento utilizado;
- A caracterização da morfologia obtida com os dados do sonar interferométrico foi mais detalhada do que com a batimetria monofeixe, pois o interferômetro é capaz de adquirir uma quantidade maior de dados de profundidade, que estão espaçadas em uma menor distância, o que proporciona maior exatidão na morfologia do fundo do lago.

### Agradecimentos

Agradecemos o apoio operacional da SABESP durante as atividades de campo. Ao apoio técnico fornecido pela ECHO81 durante as atividades de campo que envolveram o sonar interferométrico multifase (Edgetech, modelo 6205).

### Referências bibliográficas

Costa, S. B. Modelo unidimensional preliminar de transporte de sedimentos para o Reservatório Taiacupeba. 2018. 98f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Programa de monitoramento de controle dos processos erosivos e de assoreamento do reservatório de Taiacupeba, SP – Fase de alteamento da barragem. Relatório Técnico Parcial Nº 141.890-205, 2014.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Programa de monitoramento de controle dos processos erosivos e de assoreamento do reservatório de Taiacupeba, SP – Fase de alteamento da barragem. Relatório Técnico Parcial Nº 150.607-205, 2017.

Matos, A. J. S.; Estigoni, M. V.; Mauad, F. F. Variação de volume calculado em grandes reservatórios utilizando diferentes metodologias de levantamentos batimétricos. In: XIV World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas, PE. Anais... 1 CD-ROM.

Souza, L. A. P. 2006. Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 311p.

Souza, L. A. P; Silva, M.; Wolfe D., Brisson L. N. AND Hiller, T. Reservoir monitoring using a multi-phase echo sounder: a case study. Boletim de Resumos do Rio Acoustic, 2015.