

Avaliação e detecção de ondas internas em lagos

Rafael Bueno e Tobias Bleninger

Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental



INTRODUÇÃO

Ondas internas são perturbações propagantes que ocorrem no interior de um fluido estratificado. De acordo com [3], as ondas internas controlam de forma significativa os processos hidrodinâmicos em lagos estratificados, influenciando diretamente na dinâmica e mistura vertical do sistema. Grande parte da energia proveniente de ventos que cruzam a superfície de lagos e reservatórios é responsável pela formação de ondas internas longas e estacionárias, também conhecidas como seiches internas. Estas ondas são responsáveis por movimentos de grande escala. Segundo [4], mais de 40% do volume proveniente do hipolímnio pode ser transportado para as camadas mais rasas do sistema após a sua passagem. Os movimentos baroclínicos afetam diretamente a qualidade da água destes ecossistemas, afetando os fluxos de nutrientes, microrganismos e compostos químicos.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como principal interesse a investigação da velocidade de cisalhamento do vento como fonte da energia cinética turbulenta disponível para a formação de seiches internas do tipo V2H1 em lagos e reservatórios estratificados, Figura 1.

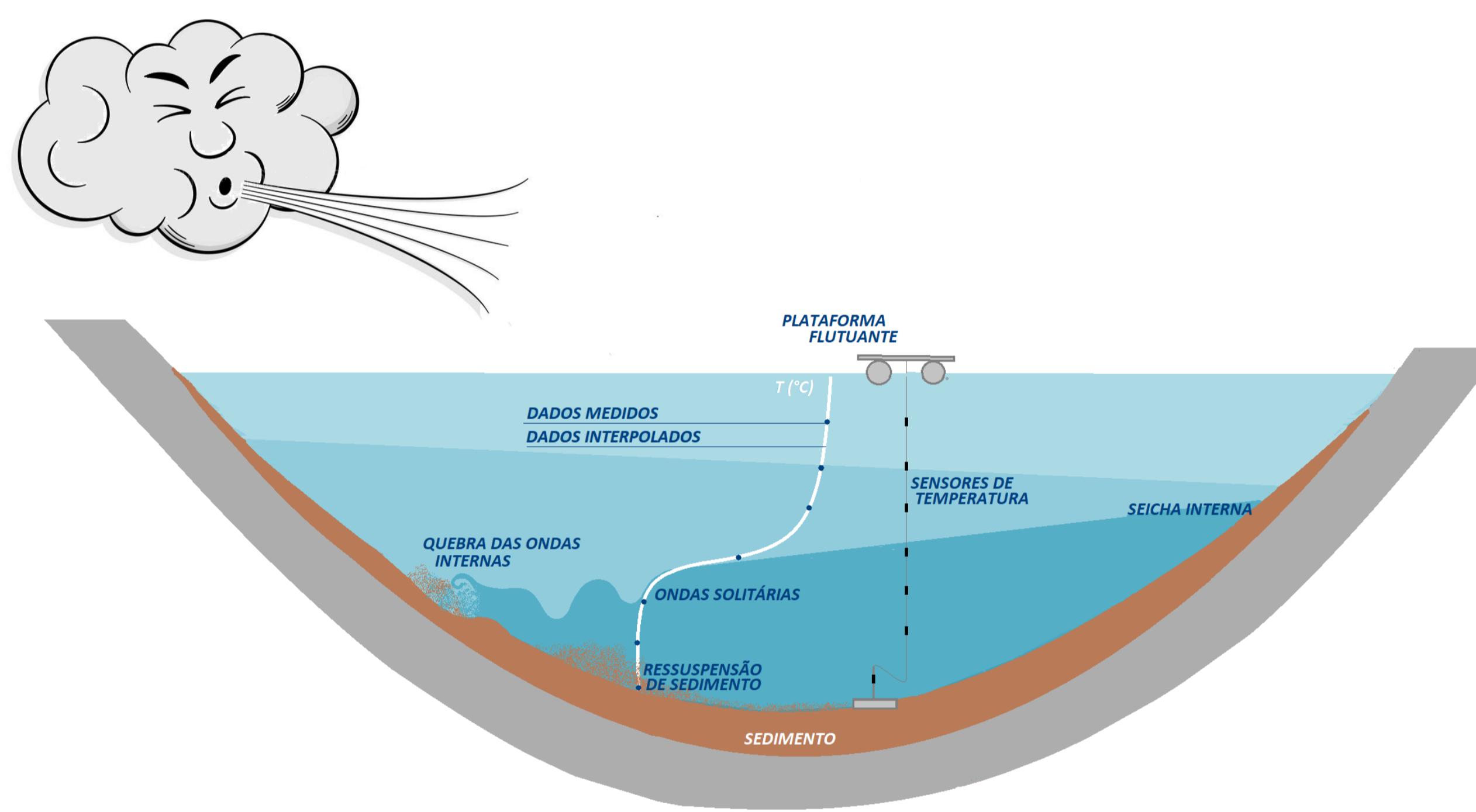


Figura: Esquema hipotético da disposição dos sensores e os fenômenos envolvendo ondas internas V2H1.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a detecção das ondas internas, foram empregados diversos métodos de identificação, nos quais incluem auto correlações, correlações cruzadas, análise espectral de séries temporais e modelos matemáticos de ondas internas. Para a análise espectral foram utilizadas as transformadas de Wavelet e as densidades espetrais de potências (PSD), ferramenta proveniente das transformadas de Fourier.

Em termos da modelagem das ondas internas foi empregado um modelo 1D analítico hidrostático de águas rasas e multi-camadas e um modelo numérico 3D de estratificação térmica implementado por [1]. A análise foi baseada em dados meteorológicos e de temperatura da água obtidos no reservatório do Vossoroca, localizado próximo à região de Curitiba.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise espectral, a isoterma de 16 °C apresentou mais energia dentro das frequências teóricas das ondas internas do que as isotermas superficiais. Através de um modelo de duas camadas, [2] sugeriu a ocorrência de ondas internas de modo baroclínico superior neste período. Embora a modelagem numérica tenha suavizado as oscilações térmicas, o modelo conseguiu identificar as ondas internas, Figura 2. Assim, através do modelo de multi-camadas e do modelo numérico, e com auxílio de uma análise de fase, foi observado que a onda pertence ao segundo modo vertical, um modo V2H1, e possuía periodicidade de ≈ 13 h e amplitude de ≈ 1 m.

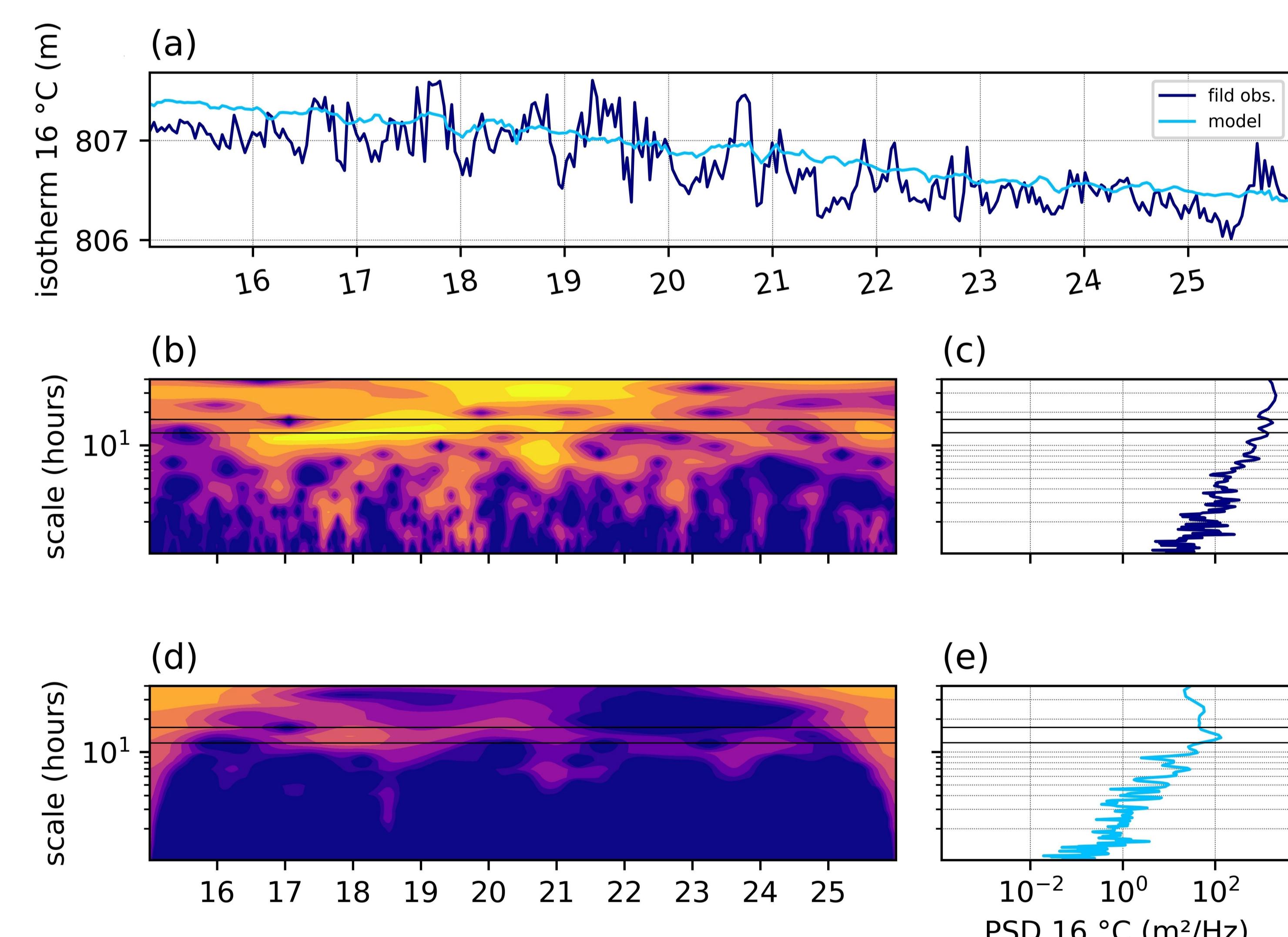


Figura: (a) Variação da isoterma de 16 °C ao longo dos dias de Setembro de 2012 para os dados reais e modelados. (b) Wavelet e (c) PSD da série medida, e (d) Wavelet e (e) PSD da série modelada. A linha em preto representa a solução do modelo de multi-camadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bruna Arcie Polli et al. "Three dimensional heat transport modeling in Vossoroca reservoir". Em: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vol. 19. 2017, p. 17811.
- Rafael Bueno e Tobias Bleninger. "Wind-induced internal seiches in Vossoroca reservoir, PR, Brazil". Em: *RBRH 23* (2018).
- Clifford Hiley Mortimer. "Water movements in lakes during summer stratification; evidence from the distribution of temperature in Windermere". Em: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 236.635 (1952), pp. 355–398.
- Lars Umlauf e Ulrich Lemmin. "Interbasin exchange and mixing in the hypolimnion of a large lake: The role of long internal waves". Em: *Limnology and Oceanography* 50.5 (2005), pp. 1601–1611.

