

# MODELAGEM DA TEMPERATURA DE UM RESERVATÓRIO TROPICAL

*Flaviane de Fátima Cândida de Souza*<sup>1</sup>; *Celso Bandeira de Melo Ribeiro*<sup>2</sup>; *Carlos Ruberto*

*Fragoso Júnior*<sup>3</sup>; *Marcelo Henrique Otenio*<sup>4</sup>; *Estela Barreto Souza Lima*<sup>5</sup>

**RESUMO** – Estudos sobre ecossistemas aquáticos revelam a complexidade na integração dos fenômenos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água e que são responsáveis pelos diferentes cenários encontrados. Os modelos ambientais objetivam representar a realidade tal como é observada ou medida, proporcionando uma visão dinâmica dos processos em sistemas ambientais complexos como lagos e reservatórios. Este trabalho consiste em representar a hidrodinâmica e as condições climáticas do reservatório de São Pedro, Juiz de Fora-MG, através de 6 pontos amostrais cujos dados foram inseridos no modelo IPH-ECO, que descreve as principais interações hidrodinâmicas e abióticas, além de processos bióticos. Este modelo mostrou-se eficiente para o reservatório de São Pedro no período de análise gerando resultados de temperatura da água aproximados aos valores medidos em campo.

**ABSTRACT** – Studies on aquatic ecosystems reveal the complexity in the integration of physical phenomena, chemical and biological processes that occur in water and are found responsible for the different scenarios. The environmental models aim to represent reality as it is observed or measured, providing a dynamic view of complex processes in environmental systems such as lakes and reservoirs. This job is to represent the hydrodynamics and climatic conditions of the reservoir of São Pedro, Juiz de Fora-MG, 6 sampling points through which data were entered into the IPH-ECO model, which describes the main hydrodynamic and abiotic interactions, and processes biotic. This model was efficient for the reservoir of São Pedro in the period of analysis with results of approximate water temperature values measured in the field.

**Palavras-Chave** – Modelagem; Temperatura; Recursos Hídricos.

## Introdução

---

<sup>1</sup> Mestranda em Ecologia pela UFJF, Alameda Sylvio Savino, nº12, 36100-000, Juiz de Fora/MG, (32) 9146-7086, e-mail: flavicandida@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor da UFJF, Departamento de Engenharia da UFJF, s/n, Martelos, Juiz de Fora/MG, (32) 3229-3419, email: celso.bandeira@ufjf.edu.br

<sup>3</sup> Professor da UFAL, Departamento de Engenharia da UFAL, Maceió/AL, (82) 3214-1605, email: crubertofj@hotmail.com

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio Nascimento, nº610, 36038-330, Juiz de Fora/MG, (32) 3311-7514, e-mail: otenio@cnppl.embrapa.br

<sup>5</sup> Graduanda do curso de Engenharia Civil da UFJF, Granbery, Juiz de Fora/MG, e-mail: estelabsl@hotmail.com

A modelagem consiste em estabelecer hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema e, através dela, procura-se explicar as propriedades desse sistema e prever suas reações a estímulos.

Modelos são ferramentas integradoras, sem as quais dificilmente se consegue uma visão dinâmica de processos em sistemas ambientais complexos como lagos, reservatórios e estuários (Rosman, 2001).

Os modelos ambientais objetivam representar a realidade tal como é observada ou medida, e por isto dificilmente podem representar toda a complexidade das múltiplas interações nos sistemas ambientais, várias delas não mensuráveis ou quantificáveis (Von Sperling, 2007).

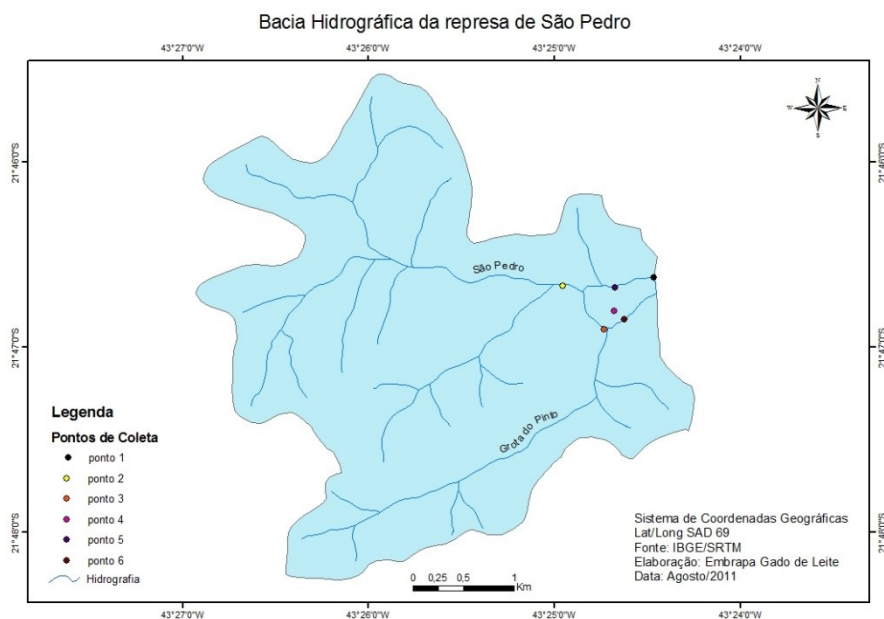
A temperatura influencia diretamente tanto a respiração dos organismos aquáticos, como outros processos oxidativos. As condições térmicas de um lago está intimamente ligada às suas taxas de decomposição e à liberação de energia para o ecossistema (Esteves, 1998).

O objetivo deste trabalho é representar a hidrodinâmica e as condições térmicas de um reservatório de clima tropical utilizando um modelo ecológico bidimensional na horizontal (2DH) para simulação da temperatura da região superficial.

## **Material e métodos**

A área de estudo é o reservatório de São Pedro, localizado nas coordenadas 21° 46' 34,8''S/43° 24' 27,2''W e altitude média de 850m, município de Juiz de Fora-MG, Região Oeste da cidade, no perímetro urbano. Consiste em um importante manancial (urbano) de abastecimento público inserido em uma área apontada como vetor de crescimento pelo Plano Diretor (1999) do município.

Este reservatório dista 8 km da malha urbana, sua bacia ocupa uma área de 13 Km<sup>2</sup> e seus principais afluentes são o Córrego São Pedro (margem esquerda) e o Córrego Grota do Pinto (margem direita) (Figura 1).



**Figura 1:** Drenagem do reservatório de São Pedro

Esta bacia ocupa uma área que apresenta um franco processo de ocupação e consolidação territorial o que a torna mais vulnerável à exploração imobiliária.

O modelo utilizado, IPH-ECO, desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Fragoso, 2009), é um complexo modelo ecológico 2DH dinâmico para ecossistemas aquáticos, tais como lagos, reservatórios e estuários. Esse modelo descreve as mais importantes interações hidrodinâmicas e abióticas, além dos principais processos bióticos, com a finalidade de auxiliar o entendimento comportamental de um determinado ecossistema aquático (Fragoso, Ferreira & Marques, 2009).

Foram selecionados seis pontos de amostragem: um na barragem de captação de água para Estação de Tratamento de Água São Pedro (Ponto 1), três ao longo do espelho d'água do reservatório (Pontos 4, 5 e 6) e um em cada tributário - Grotão do Pinto e São Pedro (Pontos 2 e 3).

Os resultados simulados foram baseados nos dados de temperatura do ar, radiação solar, evaporação, precipitação, umidade, velocidade e direção do vento fornecidos pela Estação Meteorológica Principal da UFJF operada pelo INMET. Os dados de temperatura da água foram medidos em superfície com uma sonda Hach HQ30d, as vazões nos tributários foram aferidas com um molinete hidrométrico e a vazão de saída foi fornecida pela Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA).

A batimetria do reservatório foi levantada em Julho de 2010 com a utilização de um Ecobatímetro, a partir do qual foi possível obter a topografia do fundo do lago, necessária para a realização da modelagem no reservatório.

Os dados de temperatura da água aferidos em campo foram comparados com os dados de temperatura que o modelo gerou para corrigir eventuais distorções na análise de consistência desses dados gerados pelo modelo.

Estes dados coletados foram inseridos no modelo IPH-ECO, onde foi escolhida uma malha com resolução de 50 m x 50 m, a qual otimizou o esforço computacional e forneceu condições reais da dinâmica do reservatório.

## Resultados

A batimetria apresentou valores até 3,5 metros de profundidade (Figura 2), caracterizando um reservatório raso e justificando a utilização de um modelo hidrodinâmico e de transporte 2DH, uma vez que as dimensões horizontais predominam sobre a dimensão vertical e a estratificação em sistemas rasos praticamente não existe.

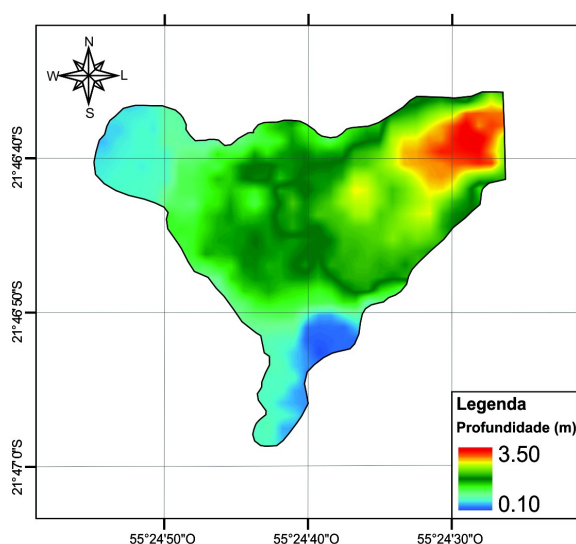


Figura 2: Mapa da batimetria do reservatório de São Pedro

Nos experimentos de campo pôde-se perceber a presença de macrófitas aquáticas cobrindo áreas significativas do reservatório de São Pedro. Essas plantas são importantes componentes estruturais e do

metabolismo dos ecossistemas aquáticos tropicais. A condição térmica de um ambiente aquático sofre influência direta da incidência da luz solar, a presença dessas plantas acaba por impedir a passagem dessa luz na coluna d'água, o que compromete o processo de fotossíntese. Trabalhos considerando a hidrodinâmica podem testar o efeito da temperatura por conta destas plantas.

A simulação hidrodinâmica ocorreu de maneira suficiente e eficiente em um período de cinco meses, totalizando 150 dias, iniciando do dia 01/07/10 e finalizando no dia 30/11/10, e em um tempo real de 2 horas de 45 minutos. Nesta simulação, pode-se representar a variação de temperatura de forma suficiente para explorar as questões mais relevantes dos reais impactos, em decorrência das diferentes épocas do ano, a partir da temperatura e considerando a hidrodinâmica.

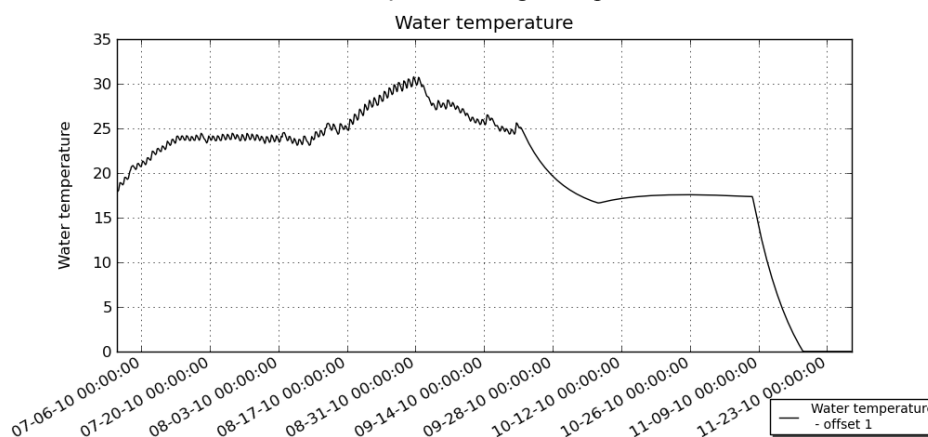
A Tabela 1 apresenta os resultados de temperatura da água medidos em campo com a sonda nos meses de julho a outubro de 2010 e suas oscilações ao longo dos pontos.

Tabela 1 – Variação térmica superficial do reservatório de São Pedro

<b>Temp. (0C)</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Ponto 4</b>	<b>Ponto 5</b>	<b>Ponto 6</b>
Jul/10	20,33	15,75	16,96	19,08	19,23	19,16
Ago/10	18,8	16,5	17,9	19,7	19,6	20,7
Set/10	23,3	19,6	19,9	22,7	23	23,4
Out/10	24,7	20,5	21	23,9	24,1	24,1

Os dados brutos de temperatura da água apresentaram uma pequena amplitude térmica considerando cada ponto, o que também justifica considerar o reservatório como uma massa de água homogênea. A simulação com o modelo IPH-ECO mostrou-se eficiente para o reservatório de São Pedro neste período de análise gerando resultados de temperatura da água bem próximos aos valores medidos em campo.

Gráfico 1: Variação térmica gerada pelo modelo



A representação do modelo foi satisfatória e a disponibilidade dos dados climatológicos possibilitou o ajuste das estimativas geradas pelo modelo no período escolhido.

### Conclusões

Este estudo apresentou uma simulação satisfatória do comportamento térmico superficial de um reservatório considerado urbano, que é um importante manancial de abastecimento público, a partir de elementos climáticos.

Uma representação térmica próxima aos valores de temperatura dos experimentos de campo permite apontar cenários possíveis quando da ocorrência de estímulos externos, como um lançamento de efluente ou qualquer substância com diversas temperaturas, por exemplo.

Essas simulações consistiram em um exercício para mostrar as potencialidades da modelagem e entendê-la como um importante instrumento de gestão.

A utilização de modelos com experimentos de campo, ou seja, dados reais sobre o fenômeno observado constitui em um instrumento de incentivo à reflexão sobre o que ocorre na realidade de um ambiente complexo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Gado de Leite (CNPq), à Capes e ao Corpo de Bombeiros de Juiz de Fora pelo apoio ao trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FRAGOSO Jr. C.R.; FERREIRA, T. F. & MARQUES, D. M. **Modelagem Ecológica em Ecossistemas Aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ROSMAN, P. C. C. **Métodos Numéricos em Recursos Hídricos 5**. ABRH, Fundação COPPETEC, Rio de Janeiro, 2001.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG): Belo Horizonte, 2007.