

# Modelagem Matemática e Simulações Computacionais do Deslocamento de uma Onda de Calor

Laisa S. de Carvalho<sup>1</sup> Graciele P. Silveira<sup>2</sup>  
DFQM/UFSCar, Sorocaba, SP

Em 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas - ONU - foram lançados como um chamado para que todos os países possam agir em prol de um crescimento próspero, mas que ao mesmo tempo protejam o meio ambiente e enfrentem as mudanças climáticas [3]. Dentre os 17 objetivos estabelecidos, em uma agenda proposta até 2030, está o de número 13, que alerta sobre a urgência das questões relacionadas ao clima.

Neste início de março de 2025, o Brasil está vivenciando a terceira onda de calor do ano, com temperaturas muito acima da média e quebras de recordes em várias cidades. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, uma onda de calor ocorre quando as temperaturas máximas diárias ultrapassam em 5°C a média mensal climatológica, por um período igual ou superior a cinco dias consecutivos [1].

O objetivo deste trabalho é estudar o deslocamento e a propagação de uma onda de calor, em um determinado domínio, via equações diferenciais parciais. O modelo matemático utilizado nesta pesquisa é descrito pela equação de advecção linear [2]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \vec{W} \nabla u = 0, \quad (1)$$

em que  $\vec{W}$  é o vetor campo de velocidades que desloca a massa de ar e  $u(x, y, t)$  representa o quanto é alterada a temperatura média, num ponto  $(x, y)$ , em um instante de tempo  $t$ , com a passagem da massa de ar.

O método de diferenças finitas foi usado para discretizar a equação (1), a saber, diferença avançada para a variável temporal e esquema *Upwind* para as variáveis espaciais; as implementações computacionais foram executadas em MATLAB [4], supondo condições de contorno de von Neumann nulas.

A Figura 1(a) apresenta, como condição inicial, um cenário que representa uma massa de ar quente e seca, cujo centro eleva a temperatura ao nível de onda de calor. Transcorridos 10 dias, Figura 1(b), há um deslocamento da referida massa de ar, de aproximadamente 1.400 km na direção nordeste. Na Figura 2 tem-se as mudanças de temperaturas em dois pontos do domínio  $A$  e  $B$ , no mesmo período, que numa situação real podem ser dois municípios diferentes. A simulação mostra que a passagem da massa de ar quente pela cidade  $A$  provoca a elevação da temperatura ao patamar de onda de calor, enquanto que na cidade  $B$  isso não ocorre, devido a sua localização mais afastada da trajetória percorrida pela parte central da massa de ar.

---

<sup>1</sup>laisasantos@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup>graciele@ufscar.br

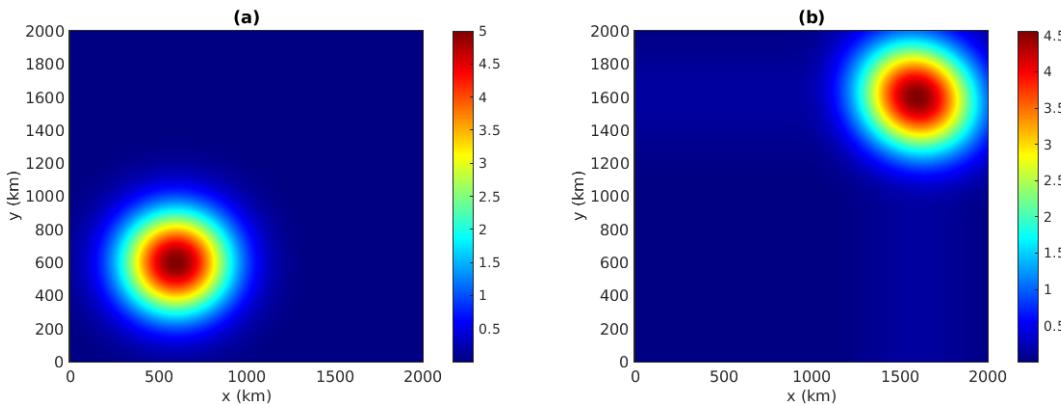


Figura 1: Em (a), condição inicial. Em (b), evolução temporal após 10 dias. Fonte: as autoras.

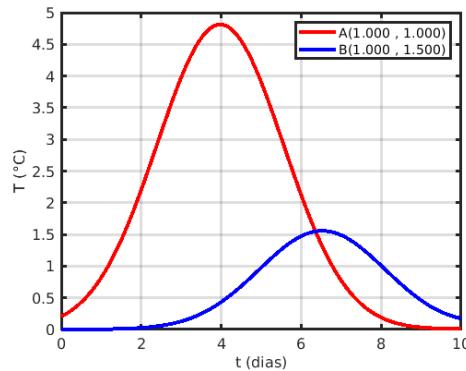


Figura 2: Alterações nas temperaturas, nos pontos A e B. Fonte: as autoras.

Pretende-se continuar com os estudos voltados às questões climáticas, incluindo outros aspectos na equação (1) tais como um termo difusivo e um campo vetorial de velocidades que represente diferentes circulações atmosféricas.

## Referências

- [1] INMET. **Onda de calor em áreas do Centro-Sul do país persiste até sábado (8).** Online. Acessado em 06/03/2025, <https://portal.inmet.gov.br/noticias/onda-de-calor-em-areas-do-centro-sul-do-pais-persiste-ate-sabado-8>.
- [2] V. Iório. **EDP: Um Curso de Graduação.** 2a. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2005. ISBN: 85-244-0065-X.
- [3] ONU. **O que são mudanças climáticas?** Online. Acessado em 06/03/2025, <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>.
- [4] M. A. G. Ruggiero e V. L. R. Lopes. **Cálculo Numérico: Aspectos Teóricos e Computacionais.** 2a. ed. São Paulo: Pearson, 2000. ISBN: 978-8534602044.