

**MODELAGEM GEOTÉRMICA DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS SECULARES  
NO BRASIL**

*Fábio Carlos Cavalcante De Aguiar (fabioaguiar@ufrj.br)*

As mudanças climáticas recentes representam um desafio global, e a compreensão de suas variações seculares é fundamental para embasar políticas de mitigação e adaptação. No Brasil, em especial no estado do Rio de Janeiro, a intensa urbanização, o desmatamento histórico e as mudanças no uso do solo são fatores antrópicos que potencializam essas variações. Este trabalho utiliza o método geotérmico, uma ferramenta complementar aos registros meteorológicos convencionais, para investigar e quantificar as variações climáticas recentes no estado do Rio de Janeiro. O método se baseia no princípio de que alterações na temperatura da superfície se propagam e ficam registradas no subsolo, podendo ser recuperadas através da análise de perfis térmicos de poços. Os objetivos deste estudo foram: quantificar os parâmetros termofísicos (gradiente geotérmico, condutividade térmica e fluxo de calor) da crosta rasa; desenvolver e aplicar um modelo automatizado em Python para determinar a magnitude e a idade de eventos de aquecimento superficial; e correlacionar espacialmente essas variações com fatores geológicos e antrópicos. Foram analisados 42 perfis de temperatura de poços artesianos (50-270 m de profundidade), distribuídos por ambientes serranos, costeiros e metropolitanos. A metodologia consistiu no cálculo dos parâmetros termofísicos, no isolamento do sinal climático através do cálculo da temperatura residual e na modelagem desse sinal utilizando uma solução

analítica da equação de condução de calor transiente. Um código desenvolvido em Python automatizou todo o processo, utilizando um algoritmo de evolução diferencial para ajustar os parâmetros de magnitude ( $T_0$ ) e idade ( $t$ ) do evento térmico, minimizando o Erro Médio Quadrático (EMQ). Os resultados indicaram um aquecimento médio de  $2,7^\circ\text{C}$  nas últimas 4-5 décadas, com idades médias de perturbação de aproximadamente 45 anos. A validação do modelo foi robusta, com um EMQ médio de 0,075. Especialmente, as maiores magnitudes de aquecimento foram encontradas na região metropolitana do Rio de Janeiro e em áreas de histórico industrial, como o Norte Fluminense, enquanto as regiões serranas e costeiras apresentaram sinais mais amenos. A análise integrada demonstrou uma clara correlação entre as anomalias térmicas e o histórico de uso do solo, como urbanização e desmatamento. A compartimentação tectônica controla o regime térmico de fundo, mas as anomalias mais expressivas são de origem antrópica. Conclui-se que o método geotérmico, potencializado pela automação computacional, é uma ferramenta válida, eficaz e complementar para o monitoramento de variações climáticas recentes, e que o estado do Rio de Janeiro apresenta um registro do aquecimento superficial induzido por atividades humanas nas últimas décadas. A ferramenta desenvolvida estabelece bases para a criação de um modelo de variação climática secular em escala nacional. Por fim, a interpretação dos dados, juntamente a classificação do estado como de baixa a média entalpia, reforça duas conclusões fundamentais: i) a crosta sob o estado possui um baixo potencial para exploração de energia geotérmica, que é uma outra vertente de pesquisa na qual os mesmos parâmetros geotérmicos são utilizados, e ii) uma vez que o sistema geotérmico não possui alta energia intrínseca, ou seja, a variação térmica na crosta rasa é baixa, quaisquer perturbações climáticas recentes mais expressivas, não podem ser atribuídas a fontes geológicas.

Palavras-chave: mudanças climáticas recentes; método geotérmico; parâmetros termofísicos; modelagem numérica; rio de janeiro.