

Desenvolvimento de um Modelo Numérico 3D para Técnica Inversa de Condução de Calor

Salomé Gabrielle Lucille Bonnard*, Priscila Ferreira Barbosa de Sousa, Alisson Augusto Azevedo Figueiredo

* Laboratório de Transferência de Calor: Modelagem e Experimento, alissonfigueiredo@hotmail.com.br

Palavras-chave: solução numérica, condução de calor, técnica inversa

1. INTRODUÇÃO

A transferência de calor está presente em diversas aplicações domésticas e industriais, pode-se citar o uso de isolantes na engenharia civil visando conforto térmico, os processos de refrigeração, a secagem de grãos, a produção alimentícia, etc. Em vários casos é necessário o conhecimento prévio dos processos térmicos e dos campos de temperatura. Em processos de fabricação, tais como usinagem e soldagem, onde a geração de calor excessiva pode provocar desgaste prematuro da ferramenta, mudanças nas propriedades das peças usinadas, defeitos de fabricação, entre outros problemas (Machado et al., 2011). O conhecimento do calor gerado e do campo de temperatura é de grande importância nestes processos, onde grande parte do calor gerado está na interface peça/ferramenta que é uma região de difícil acesso para sensores de temperatura e transdutores de calor (Diniz et al, 2008).

Para se determinar a fonte de calor e posteriormente a distribuição de temperatura, faz-se uso da técnica inversa baseada em funções de Green e observadores dinâmicos proposta por Sousa (2006) e revisada por Kroll (2016). Para a aplicação da técnica inversa é necessário um modelo térmico direto que represente o processo térmico avaliado, as informações de temperaturas experimentais, e em seguida realiza-se a estimativa da fonte de calor. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo experimental 3D em laboratório e aplicar um modelo direto numérico 3D na técnica inversa baseada em funções de Green e observadores dinâmicos.

2. MODELO NUMÉRICO 3D

A Figura 1 apresenta o modelo numérico desenvolvido em MATLAB® usando o método dos volumes finitos, consiste de um paralelepípedo com propriedades térmicas constantes. Todas as superfícies do modelo estão expostas a convecção térmica natural, exceto a superfície inferior que se encontra isolada e a região parcial na superfície superior que possui um fluxo de calor.

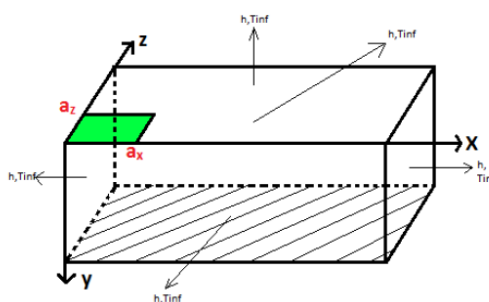


Figura 1: Modelo numérico 3D.

A equação da difusão do calor que caracteriza este problema pode ser descrita por:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

A solução deste problema numérico tem como principal objetivo servir como modelo direto para a técnica inversa.

3. MODELO EXPERIMENTAL 3D

A Figura 2 apresenta o experimento realizado em condições controladas usando uma amostra de alumínio ($k = 237 \text{ W/(m.K)}$ e $\alpha = 97,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) de dimensões $84 \times 84 \times 4 \text{ mm}$. Um aquecedor elétrico e um transdutor com

dimensões 50 x 50 mm são inserido na superfície superior da amostra (similar ao modelo numérico). Termopares tipo K são soldados na amostra para obtenção das temperaturas. A superfície inferior do alumínio está em contato direto com poliestireno expandido para garantir a condição de isolamento térmico.

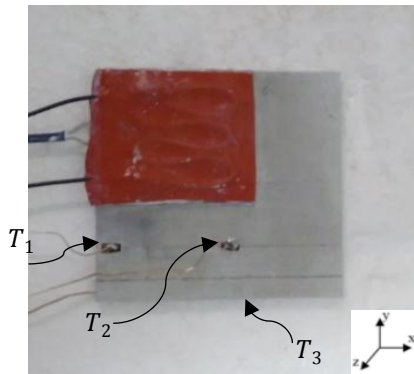


Figura 2: Modelo experimental 3D.

4. RESULTADOS

A Figura 3 apresenta as temperaturas experimentais obtidas pelos termopares em três posições diferentes. Termopar 1 (T1): $x = 5 \text{ mm}$, $y = 65 \text{ mm}$, $z = 0 \text{ mm}$; Termopar 2 (T2): $x = 45 \text{ mm}$, $y = 65 \text{ mm}$, $z = 0 \text{ mm}$; Termopar 3 (T3): $x = 45 \text{ mm}$, $y = 65 \text{ mm}$, $z = 4 \text{ mm}$

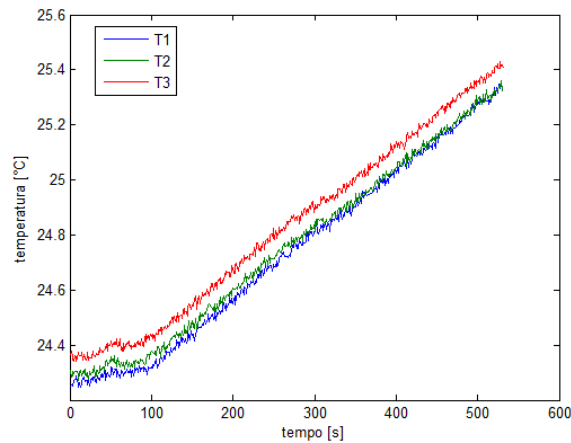


Figura 3: Temperaturas experimentais

A Figura 4 apresenta um fluxograma da técnica inversa. Observa-se que o problema inicia a partir de um fluxo de calor desconhecido de um sistema real (experimental). Em seguida, necessita-se da simulação de um fluxo unitário no sistema simulado (modelo numérico) para obtenção da sensibilidade do problema. Calcula-se os parâmetros necessários da função transferência até finalizar o algoritmo identificando o fluxo de calor desconhecido.

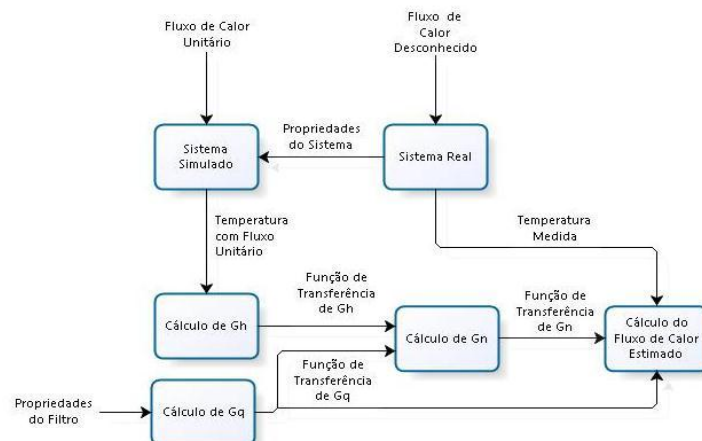


Figura 4. Fluxograma da técnica inversa (Kroll, 2016).

A Figura 5 apresenta a estimativa do fluxo de calor usando a técnica inversa usando as temperaturas do termopar 2 (T_2). O erro obtido foi de aproximadamente 7,1 % comparando o fluxo estimado e conhecido (obtido experimentalmente pelo transdutor).

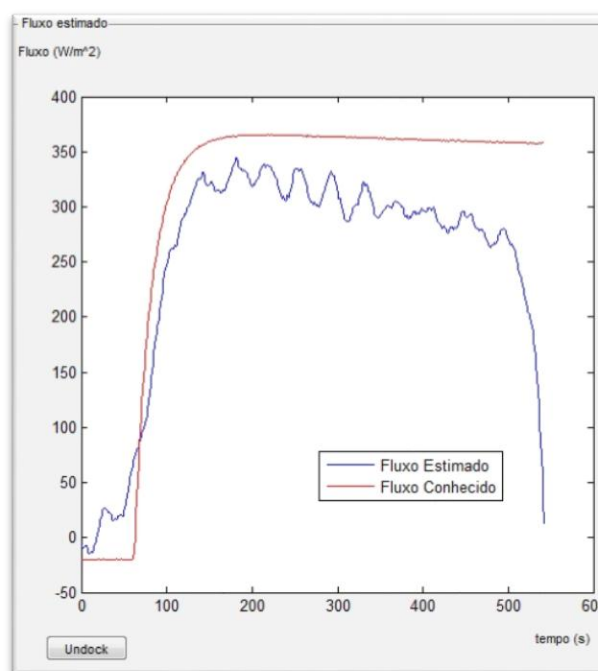


Figura 5. Comparação entre o fluxo de calor estimado e conhecido (experimental)

5. CONCLUSÃO

A estimativa do fluxo de calor usando as temperaturas experimentais na técnica inversa apresenta erro máximo de 7,1 % com o fluxo de calor inserido na amostra.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio das agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

7. REFERÊNCIAS

- Diniz, A. E., Marcondes, F. C., Coppini, N. L., 2008, “Tecnologia da Usinagem de Materiais”, São Paulo, Artliber, 6ª ed., 262 p.
- Kroll, B. C. “Desenvolvimento de um software de análise e aplicação da técnica inversa de transferência de calor de observadores por funções de Green”. Projeto de Fim de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- Machado, Á. R., Da Silva, M. B., 2004, “Usinagem dos Metais”, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Universidade Federal de Uberlândia, Versão 8, Abril de 2004, 257 p.
- Nascimento, C. H.; Coelho, R. T, 2011, “Estudo da Distribuição de Calor na Região de Corte Durante o Processo de Fresamento Ortogonal Através do Método de Elementos Finitos”, 6º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – Caxias do Sul – RS.
- Sousa, P. F. B. “Desenvolvimento de uma Técnica baseada em funções de Green e Observadores dinâmicos para aplicação em Problemas Inversos”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.