



DETERMINAÇÃO DA CURVA DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR AO LONGO DE FIO DE AÇO INOX¹

Aline Kieslich Rusch², Jocieli Taís Karlinski Rocznieski³, Tatiane Fernanda Rosa Gobo Rossi⁴, Vitória Schneider Wollmuth⁵, Peterson Cleyton Avi⁶

¹ Trabalho da disciplina de Métodos Numéricos Aplicados, Unijuí.

² Acadêmica do curso de graduação de Engenharia Elétrica, Unijuí

³ Acadêmica do curso de graduação de Engenharia Civil, Unijuí

⁴ Acadêmica do curso de graduação de Engenharia Civil, Unijuí

⁵ Acadêmica do curso de graduação de Engenharia Civil, Unijuí

⁶ Docente da área de Matemática, Unijuí.

INTRODUÇÃO

Conforme Çengel (2009, p. 22) a transferência de calor por condução é um processo pelo qual a energia térmica é transferida por meio da interação de partículas de maior energia de uma substância com partículas adjacentes de menor energia, quando um sistema passa de um estado de equilíbrio para o outro, ou seja, quando há variação de temperatura entre as extremidades do meio. Desse modo, os materiais se comportam de maneiras diferentes quando se trata de transferência de calor, isso também acontece em relação ao diâmetro do material, pois fios com uma área de seção maior, tem um maior fluxo de energia.

Diante disso, foi realizado um experimento de coleta de dados de temperatura em função da distância, com duas resistências de Aço Inox 1” e ½”, utilizando Modelagem Matemática por meio de métodos numéricos para obtenção das curvas de resfriamento das resistências analisadas, buscando evidenciar a influência da área transversal dos condutores na taxa de transferência de calor.

METODOLOGIA

O seguinte trabalho é uma pesquisa experimental, iniciando com a coleta de dados através de um equipamento disponível no Laboratório de Engenharia Química da Unijuí. O equipamento em laboratório consistia de uma fonte quente, regulada em 70°C, ligada a 4 resistências sendo eles dois fios de aço inox nos diâmetros de 1” e ½”, os outros dois são de cobre e alumínio, porém não foram utilizados na análise.

Para a realização das medidas, é ajustada a distância, deslocando-se o suporte com os sensores em relação a fonte quente, obtendo medições para diferentes pontos das resistências,



esperando alguns segundos para que a temperatura medida estabilize, com o intuito de diminuir ao máximo o erro experimental. Os sinais provenientes dos sensores são enviados aos conversores de um painel elétrico, por meio do qual é possível fazer a leitura direta das variáveis de interesse como temperatura ambiente e temperaturas ao longo das resistências, além do ajuste da fonte quente.

No dia da experimentação a temperatura ambiente estava em 30 °C e ajustou-se o equipamento para chegar a 70 °C. Deste modo, optou-se por fazer 9 medidas da temperatura dos fios nas distâncias de 5 cm, 9 cm, 15 cm, 24 cm, 37 cm, 55 cm, 80 cm, 95 cm e 110 cm de distância da base onde se localiza a fonte de calor.

As medidas obtidas em laboratório estão na tabela 01:

Tabela 01: Temperatura em °C ao longo da distância de dois fios de Aço Inox com diâmetros diferentes.

Material	Distância em cm da base								
	5	9	15	24	37	55	80	95	110
Aço Inox 1"	51,3	43,4	36,6	32,4	31,5	28,9	28,3	28,3	28,6
Aço Inox 1/2"	49,8	38,7	34	32,1	31,5	30,7	29,1	28,9	28,9

Fonte: Autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a Tabela 01, pode-se observar que a resistência de Aço Inox de seção transversal maior, conduz melhor a temperatura. Percebe-se que, até uma certa distância, a resistência de Aço Inox 1" conduz melhor o calor, porém, pelo Princípio do Equilíbrio Térmico, as curvas para o Aço Inox 1" e 1/2" tendem a se igualar com a temperatura ambiente.

Por meio de análise gráfica, verificou-se que estes apresentam um comportamento de uma função exponencial decrescente, pois a temperatura tende a diminuir com o aumento da distância da fonte de calor, tendendo a estabilizar nos pontos mais distantes, atingindo o ponto de equilíbrio térmico na temperatura ambiente.

Diante disto, tem-se a seguinte curva: $T = A \cdot e^{B \cdot x} + C$ com três parâmetros A, B e C não linearizáveis. A partir dos dados obtidos na experimentação já se tem uma aproximação dos valores das variáveis, de modo que C terá um valor próximo a 30 °C, pois era a temperatura ambiente durante o experimento. Já a variável B, terá um valor negativo, entre -1



a 0, uma vez que a temperatura do fio irá diminuir ao longo do comprimento, tendendo a temperatura ambiente.

Através do experimento obteve-se dados de entrada e saída do sistema (equipamento), sendo assim, optou-se pela elaboração da função, a partir de um ajuste de curvas, pela resolução do Problema Inverso via Método de Procura em Rede. Uma das definições para problemas inversos é apresentada por Engl et. al (1996 *apud* VELHO, 2006, p.2): “Resolver um problema inverso é determinar causas desconhecidas a partir de efeitos desejados ou observados”. Este método é usado quando se conhecem os resultados, porém, se desconhecem as causas que os originaram, fazendo o caminho inverso. Ou seja, determinar as causas desconhecidas (parâmetros A, B e C) a partir de efeitos conhecidos (dados experimentais).

O método de Procura em Rede consiste na determinação de intervalos que possam conter os valores tidos como “ótimos” para cada parâmetro A, B e C, definindo também uma quantidade de divisões para os intervalos. Assim, tenta-se encontrar o melhor conjunto de valores para estas variáveis, por um processo onde cada valor dentro das divisões dos intervalos de um parâmetro é testado com cada valor das divisões dos demais parâmetros, sendo utilizado um programa elaborado em Octave para realização dos cálculos necessários. Após, é feita a análise dos resultados e, se necessário, repetido o processo com intervalos mais próximos ou maior quantidade de divisões, melhorando a representatividade do modelo.

A medida estabelecida para se concluir se a função encontrada é ou não representativa, é o coeficiente de determinação, também chamado de “R²”. Ele nos diz o quanto os dados são representativos, ou seja, quanto mais próximos os dados estiverem da função na representação gráfica, mais próximo de 1 será o valor de “R²”.

A seguir são apresentadas as equações obtidas para cada resistência:

Resistência de Aço Inox 1”

$$T = 28,939 + 37,041 \cdot e^{-0,1020 \cdot x} \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9919$$

Resistência de Aço Inox 1/2”

$$T = 30,020 + 45,673 \cdot e^{-0,1714 \cdot x} \quad (2)$$

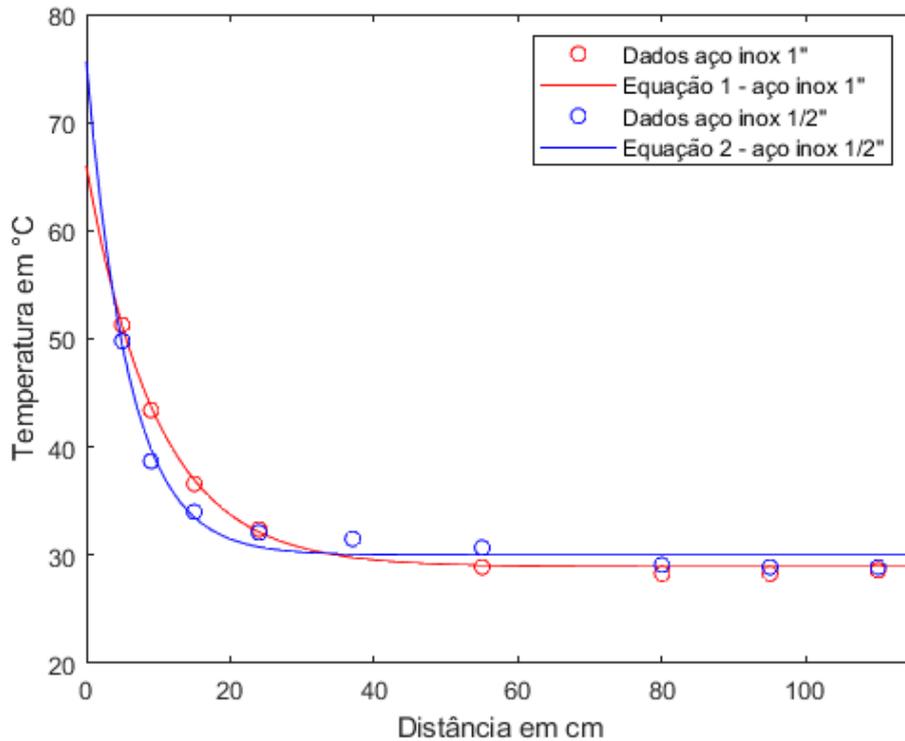
$$R^2 = 0,9752$$

Após a obtenção das funções, foi realizada a validação das equações encontradas, por meio do software Matlab, comparando as curvas das equações com os pontos experimentais,



representado na figura 1. Observa-se que a temperatura nas resistências tende a estabilizar com o aumento da distância, tendendo à temperatura ambiente, o que confere com o comportamento dos dados experimentais analisados e o conceito de Equilíbrio Térmico.

Figura 1 - Representação gráfica das equações 1 e 2 com os dados experimentais



Fonte: Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos no Laboratório, foi possível analisar a diferença de temperatura ao longo da distância de dois fios de aço inox com diâmetros diferentes, que ocorre por meio da transferência de calor por condução, devido à diferença de temperatura.

Após uma análise gráfica, identificou-se que a resistência de Aço Inoxidável de diâmetro maior conduz mais calor, pois aumentando o diâmetro aumenta-se a área transversal do condutor, sendo que a área é diretamente proporcional à taxa de transferência de calor. Porém, nota-se que, pela Lei do Equilíbrio Térmico, a temperatura de ambas as resistências irá se igualar à temperatura ambiente a partir de um determinado ponto (distância), ou seja, tendem a estabilizar em uma mesma condição.

