

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE ISOLANTES TÉRMICOS

Claudio Antunes Junior¹
Marilise Cristine Montegutti²
Tiago Luis Haus³

INTRODUÇÃO

A condutividade térmica, a difusividade térmica e o calor específico, conhecidos como propriedades térmicas, são as três propriedades físicas mais importantes de um material – do ponto de vista de cálculos térmicos. Essas propriedades são observadas quando o calor é adicionado ou removido do material, e se tornam importantes em qualquer projeto que precise funcionar em um ambiente térmico.

A condutividade térmica é uma das propriedades físicas mais importantes de um material. A sua determinação experimental apresenta algumas dificuldades e requer alta precisão na determinação dos fatores necessários para o seu cálculo. Muitos pesquisadores preferem medir a difusividade e a partir dela calcular a condutividade térmica do material. Hoje são conhecidos vários métodos para a determinação da condutividade térmica e da difusividade térmica de um material.

Neste trabalho será realizada uma análise experimental para a determinação da condutividade térmica dos isolantes, para que seja possível verificar a eficiência dos isolantes e assim evitar o mau dimensionamento destes, principalmente em ambientes industriais, evitando gastos desnecessários.

¹ Aluno do 10º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Voluntário do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: cantunes.j@gmail.com

² Aluna do 10º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: marilisemontegutti@hotmail.com

³ Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Professor e Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da FAE Centro Universitário. *E-mail*: tiago.haus@fae.edu

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A transferência de calor é um segmento da ciência térmica que analisa a taxa de transferência de calor e a distribuição de temperatura de um sistema, assim como a natureza da transferência como a condução, a convecção e a radiação (KAPUNO; RATHORE, 2011).

1.1.1 Condução

A condução caracteriza-se como a transferência de energia por meio das partículas mais energizadas da substância para as partículas menos energizadas, o que resulta na interação entre as partículas, a qual pode ocorrer em sólidos, líquidos e gases (ÇENGEL, 2014).

1.1.2 Convecção

A transferência por convecção ocorre entre a superfície de um sólido, líquido ou gás com o fluido em movimento e quanto mais rápida a movimentação dos fluídos, a transferência de calor por convecção aumenta (ÇENGEL, 2014).

1.2 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica é uma propriedade de transporte específica de cada material e indica a taxa em que a energia é transferida por meio do processo de difusão. Também pode ser interpretada como a taxa de transferência de calor através da espessura do material pela unidade de área e diferença de temperatura. A condutividade está sujeita à estrutura física da matéria, atômica e molecular, e às estruturas interligadas à disposição da matéria (INCROPERA, 2008; KAPUNO; RATHORE, 2011).

Um alto valor para a condutividade térmica indica que o material é um bom condutor de calor, enquanto um baixo valor mostra que o material é um mau condutor ou um isolante (ÇENGEL, 2014).

1.3 SISTEMAS RADIAIS

Nos sistemas cilíndricos e esféricos existem diferenças de temperaturas somente na direção radial, o que torna possível avaliá-los como sistemas unidimensionais (INCROPERA, 2008).

Para o cilindro, utilizando como base a lei de Fourier, é possível utilizar a Equação 1 para expressar a taxa de transferência de calor (INCROPERA, 2008).

$$q_r = \frac{(T_i - T_e)}{R_{total}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

q_r = fluxo de calor radial [W];

T = temperatura [K];

R_{total} = somatório das resistências térmicas [K/W].

É possível transformar as fórmulas da condução e convecção em fórmulas para serem calculadas como um circuito em série de resistências térmicas, sendo elas as Equações 2 e 3.

Para a condução:

$$R_{T,COND} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \times \delta \times L \times k} \quad (\text{Equação 2})$$

Para a convecção:

$$R_{T,CONV} = \frac{1}{(2 \times \delta \times r_2 \times L) \times h} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

$R_{T,COND}$ = resistência térmica condução [K/W];

$R_{T,CONV}$ = resistência térmica convecção [K/W];

L = comprimento do tubo [m];

r = raio do cilindro [m];

k = condutividade térmica do material [W/m · K];

h = coeficiente convectivo [W/m² · K].

1.4 ISOLANTES TÉRMICOS

Isolantes térmicos são materiais ou combinações de materiais utilizados para minimizar o fluxo de calor dos sistemas, reduzindo a condução, a convecção e a radiação, pois ele gera uma forte resistência no caminho do fluxo de calor (KAPUNO; RATHORE, 2011).

Os materiais para isolantes térmicos precisam ter uma condutividade térmica baixa, serem inertes quimicamente, estáveis dimensionalmente e serem de fácil aplicação na superfície (KAPUNO; RATHORE, 2011).

A propriedade mais importante a ser considerada na seleção de um material para isolante é a efetividade da condutividade térmica (ÇENGEL, 2014).

2 METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma pesquisa exploratória e experimental por meio da aplicação de um equipamento, o qual foi construído pela aluna Marilise Cristine Montegutti do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário, no relatório Construção de Modelo para Avaliação da Condutividade Térmica em Isolantes. O equipamento será utilizado para determinar a condutividade térmica de alguns isolantes e, após os testes, os dados qualitativos serão analisados de forma estatística.

2.1 AMOSTRAS PARA O EXPERIMENTO

Foram utilizadas cinco amostras de diferentes isolantes para o teste, como: o Duralfoil AL1, a Lã de Rocha Aluminizada, o Painel de Lã de Rocha PSE-48, a Manta de Fibra Cerâmica e a Manta de Lã de Vidro Costurada.

2.1.1 Lã de Rocha Aluminizada

São feltros ou painéis de lã de rocha revestida em uma de suas faces por alumínio reforçado com fios de vidro ou poliéster, que impede a condensação superficial e a penetração de umidade no isolante. Suas principais aplicações são: dutos de ar condicionado, sob ou entre telhas e coberturas em geral, sobre forros e tubulações (ROCKFIBRAS).

Com base no método ASTM C 177, a condutividade térmica do material é de 0,032 kcal/m·h·°C a 25°C (ROCKFIBRAS).

2.2 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

O cilindro que foi utilizado para o teste é de aço carbono, em uma de suas extremidades há um furo no qual foi inserida a resistência elétrica conectada à tomada e o termopar tipo J conectado ao multímetro, que foi configurado para medir tensão contínua na marcação de até 200mV.

Depois da resistência e do termopar estarem no interior do cilindro, é necessário ter cuidado para não deixar a resistência encostada no termopar. Logo, esperamos por trinta minutos para a resistência aquecer e o multímetro estabilizar a sua marcação de tensão.

Foram analisados cinco tipos de isolantes térmicos, são eles: Duralfoil AL1: 360 x 260 mm; Lã de rocha aluminizada: 370 x 260 mm; Painel de lã de rocha: 370 x 370 mm; Manta de fibra cerâmica: 370 x 320 mm e Manta de lã de vidro: 380 x 320 mm. Cada amostra de isolante foi envolvida no cilindro. Depois de envolvidas, foi cronometrado o tempo de dez minutos para cada amostra, e foi realizada a medição da temperatura externa, com o auxílio do termômetro infravermelho nas duas extremidades e no meio das amostras, e anotados os valores. Em um segundo momento, repetimos o ensaio para cada amostra, porém, quando estava marcando cinco minutos no cronômetro, foi realizada uma medição da temperatura externa, com o auxílio do termômetro infravermelho da mesma forma descrita anteriormente, medindo a temperatura das duas extremidades e do meio da amostra. As mesmas amostras tiveram suas temperaturas mensuradas novamente quando estava marcando dez minutos.

Em seguida, as amostras foram retiradas do cilindro e realizadas as medições da temperatura com termômetro infravermelho na face do isolante que estava em contato com o cilindro e também da face do cilindro. As temperaturas das amostras realizadas com cinco minutos e dez minutos foram registradas para posterior transformação e realização dos devidos cálculos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como exemplo será demonstrado somente os resultados obtidos para o isolante de lã de rocha com base nas Equações 1, 2 e 3, descritas no tópico 1.3, contidos nas TAB. 1 e TAB. 2.

TABELA 1 – Temperatura interna

ISOLANTES	TENSÃO	TEMPERATURA INTERNA	TEMPERATURA EXTERNA
LÃ DE ROCHA ALUMINIZADA	6,1 mV	115,24 °C	22,50 °C
	5,6 mV	106,09 °C	23,70 °C
	5,7 mV	107,91 °C	23,30 °C

FONTE: Os autores (2016)

Os dados comuns que foram utilizados para os cálculos para todos os isolantes foram:

- $q = 30 \text{ W}$; $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$; $r_1 = 0,02925 \text{ m}$; $r_2 = 0,0305 \text{ m}$; $k_{\text{AÇO}} = 50,2 \text{ W/mK}$; $L = 0,375 \text{ m}$.

TABELA 2 – Resultados dos cálculos da lâ de rocha aluminizada

LÃ DE ROCHA ALUMINIZADA			
DADOS	TESTE 1	TESTE 2	TESTE 3
ESPESSURA [m]	0,0254	0,0254	0,0254
r_3 [m]	0,0559	0,0559	0,0559
T_{INT} [°C]	115,24	106,09	107,91
T_{EXT} [°C]	22,50	23,70	23,30
$R_{\text{COND,AÇO}}$ [K/W]	0,00035	0,00035	0,00035
R_{CONV} [K/W]	0,37962	0,37962	0,37962
k [W/mK]	0,09433	0,10866	0,10536
k [kcal/mh°C]	0,08154	0,09343	0,09059

FONTE: Os autores (2016)

Para a lâ de rocha aluminizada, os valores calculados para a condutividade térmica em cada um dos testes mostraram-se duas a três vezes maior em relação aos valores especificados pelos fabricantes para as temperaturas testadas. Apesar da divergência de valores, o isolante se apresenta de forma eficaz para o propósito que foi construído, principalmente na faixa de temperatura em que foram testados a qual variou de 104 °C a 125 °C. A manta pode ser utilizada tanto no âmbito residencial quanto no industrial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste projeto era aplicar um equipamento que auxiliasse na obtenção dos dados necessários para determinar a condutividade térmica dos isolantes testados, para então comparar os valores obtidos com os já especificados pelos fabricantes, assim como auxiliar a verificar se o isolante que será utilizado em determinada aplicação não pode ser substituído por outro com condutividade térmica próxima e que possa ter um custo inferior do que o já especificado. Além de promover a possível troca de isolante em aplicações já existentes, o equipamento pode auxiliar na escolha para novas aplicações, já que para o teste não é necessário alto investimento, pois a amostra a ser utilizada é pequena. Igualmente, auxilia na descoberta, claro que em escala reduzida, da temperatura externa que cada isolante irá ter no processo em que ele poderá ser utilizado e também a sua condutividade térmica.

O equipamento mostrou ser capaz de ser utilizado perfeitamente para o que foi destinado, no entanto é necessária melhoria para o posicionamento do termopar e da resistência para que eles não fiquem encostados.

Como já visto, as condutividades térmicas calculadas apresentaram-se superiores às já especificadas, porém elas não interferem significativamente na aplicação para a temperatura testada, uma vez que os valores encontrados são muito pequenos. Entretanto, se faz necessário um melhor controle das variáveis que influenciam diretamente na determinação da condutividade, como a temperatura interna gerada pela resistência, a fixação do isolante ao redor do tubo, assim como o próprio formato utilizado para moldar o isolante, para que assim exista maior confiabilidade no processo utilizado.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A. **Heat and mass transfer: fundamentals & applications**. 5th. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

_____. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

CHUNG, D. D. L. **Applied materials science: applications of engineering materials in structural, electronics, thermal, and other industries**. New York: CRC, 2001.

DURALFOIL AL1. Disponível em: <http://www.duralfoil.com.br/produto_res_durAl1.aspx>. Acesso em: 15 maio 2016.

GECOMP. Disponível em: <<http://www.gecomp.com.br/gefran.asp>>. Acesso em: 13 maio 2015.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KAPUNO, R. R. A.; RATHORE, M. M. **Engineering heat transfer**. 2nd. ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2011.

KULKARNI, S. P.; VIPULANANDAN, C. **Thermal conductivity of insulators**. Disponível em: <http://www2.egr.uh.edu/~civeb1/CIGMAT/03_poster/10.pdf>. Acesso em: 26 out. de 2015.

MANTA Costurada. Disponível em: <<http://www.vamapal.com.br/manta-costurada>>. Acesso em: 15 de maio de 2016.

MANTA Durablanket. Disponível em: <<http://www.unifrax.com.br/pdf/Manta%20Durablanket.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2016.

ROCKFIBRAS. Paineis Pse-48. Disponível em: <http://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_paineis_PSE48.html>. Acesso em: 15 maio 2016.

_____. Thermax-Flex. Disponível em: <http://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_thermaxflex.html>. Acesso em: 15 maio 2016.