

# ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE ISOLANTES TÉRMICOS

Claudio Antunes Junior<sup>1</sup>  
Marilise Cristine Montegutti<sup>2</sup>  
Tiago Luis Haus<sup>3</sup>

## 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.

---

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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/m<sup>2</sup> · 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 Pannel 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
$T_{\text{INT}}$ [°C]	115,24	106,09	107,91
$T_{\text{EXT}}$ [°C]	22,50	23,70	23,30
$R_{\text{COND,AÇO}}$ [K/W]	0,00035	0,00035	0,00035
$R_{\text{CONV}}$ [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**. 5<sup>th</sup>. 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](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**. 2<sup>nd</sup>. 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](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](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](http://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_thermaxflex.html)>. Acesso em: 15 maio 2016.