

## MODELAGEM, CONSTRUÇÃO E MEDIÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM PAINEL DE ISOLAMENTO A VÁCUO

**Mateus Henrique Corrêa**

**Cristiano Bigonha Tibiriçá**

Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo

mateus.hcorrea@usp.br

### Objetivos

O presente trabalho possui como objetivo a modelagem da condutividade térmica um Painel de Isolamento a Vácuo (PIV) de sílica fumada, assim como sua manufatura e avaliação de seu desempenho térmico.

PIVs são um tipo de isolamento de alta performance compostos de um núcleo de material poroso revestido por um envelope, de modo que o ar é retirado do interior, fazendo com que o transporte de calor pelos gases residuais seja pequeno.

Esse tipo de painel pode ser, de acordo com estudos (BATENS et al., 2010) até 10 vezes mais isolante do que o poliestireno expandido (Isopor®) ou até 8 vezes mais do que a espuma de poliuretano, comumente usada como isolante térmico industrial. Isso faz com que seu uso possa impactar diretamente no consumo energético mundial.

Dessa forma, o desenvolvimento de um protótipo se mostra de grande importância para aplicações de maior eficiência energética, como refrigeradores de baixo consumo, os quais, além contribuir para a questão climática, consomem menos energia elétrica, impactando diretamente seu custo de operação.

Em mais detalhe, estima-se que a indústria de refrigeradores represente 17% do gasto energético mundial, sendo que 57% desse gasto é perdido na forma de calor para o ambiente através das paredes. (VERMA; SINGH, 2019). Sendo assim, materiais potencialmente mais isolantes são uma

necessidade no futuro em que a pegada ecológica tem maior relevância.

### Métodos e Procedimentos

A modelagem da condutividade térmica da sílica fumada foi feita com base na soma das parcelas de condutividades sólida, gasosa e de radiação, assim como modelos amplamente validados (BOUQUEREL et al., 2012).

Com o desempenho teórico implementado no software EES (Engineering Equation Solver), um PIV de 150X150X10 mm foi manufaturado e submetido a ensaios experimentais, os quais consistiam em aplicar uma potência térmica constante de 8,1 W no PIV e verificar a diferença de temperatura entre seus dois lados, além de coletar a temperatura do ar ambiente.

Para determinar a condutividade térmica do PIV foram usados dois métodos de análise de dados, pelo coeficiente médio local de transferência de calor e pela resistência térmica da base (lado quente) ao ambiente. O primeiro consiste em utilizar um material de propriedades térmicas conhecidas e mesmas dimensões do PIV para determinar o coeficiente de convecção médio local no topo (lado frio), e assim determinar o calor que é transferido ao ar, e, consequentemente, o calor que atravessou o PIV. Já no segundo, é utilizado esse mesmo material de calibração para determinar a quantidade de calor que é dissipada para o ambiente sem cruzar o PIV. Sendo assim, o PIV foi submetido a esses ensaios de modo que sua pressão interna foi

variada entre o vácuo absoluto e a pressão ambiente, com saltos entre 5 kPa 10 kPa.

## Resultados

As Figuras 1 e 2 mostram os resultados obtidos nos ensaios. Vale ressaltar que os dados brutos são os mesmos para ambas as figuras, o que difere é o método de análise do desempenho.

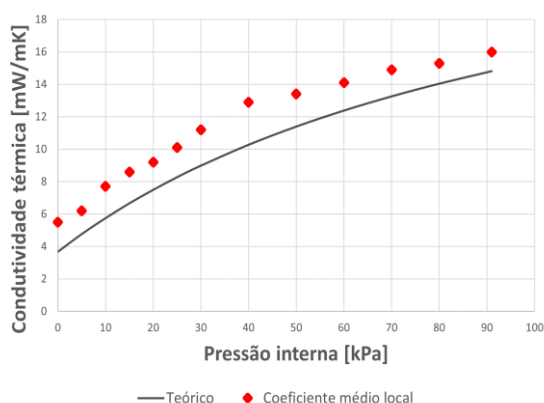


Figura 1: Condutividade térmica do PIV em função da pressão interna pelo método do coeficiente médio local de transferência de calor.

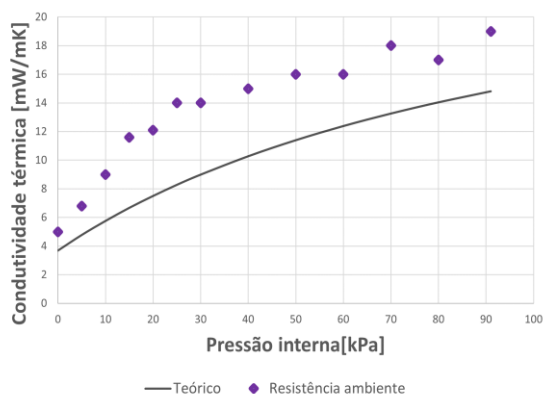


Figura 2: Condutividade térmica do PIV em função da pressão interna pelo método da resistência térmica ao ambiente.

Como podemos ver, há uma semelhança entre os dois métodos no aumento da condutividade térmica com a perda do vácuo, o que indica que a proteção do núcleo poroso contra os gases da atmosfera seja um ponto importante a ser estudado.

Outro a ser notado é a diferença entre as incertezas para cada método, de modo que a avaliação do PIV pelo coeficiente médio local de convecção é mais precisa.

Por fim, pode-se notar que há um desvio aproximadamente constante entre o modelo teórico e os dados experimentais, o que é um forte indício para o efeito de pontes térmica, em que o calor é transferido entre os lados do PIV através da borda.

## Conclusões

Dessa forma, podemos concluir que foram obtidos resultados próximos ao modelo teórico, de maneira que a condutividade térmica mínima de 5,5 mW/mK foi atingida (ou cerca de 7 vezes mais isolante que o poliestireno expandido).

Também foi verificado um possível efeito de pontes térmicas, o qual deve ser estudado posteriormente para que os resultados fiquem mais próximos ao modelo.

## Agradecimentos

Os autores são gratos à Universidade de São Paulo pelo suporte através de uma bolsa PUB.

## Referências

- BAETENS, R.; JELLE, B. P.; THUE, J. V.; TENPIERIK, M. J.; GRYNNING, S.; UVSLÖKK, S.; GUSTAVSEN, A. Vacuum insulation panels for building applications: A review and beyond. *Energy and Buildings*, v. 42, n. 2, p. 147–172, 2010.
- BOUQUEREL, M.; DUFORESTEL, T.; BAILLIS, D.; RUSAOUEN, G. Mass transfer modeling in gas barrier envelopes for vacuum insulation panels: A review. *Energy and Buildings*, v. 55, p. 903–920, 2012. Cool Roofs, Cool Pavements, Cool Cities, and Cool World.
- VERMA, S.; SINGH, H. Vacuum insulation in cold chain equipment: A review. *Energy Procedia*, v. 161, p. 232–241, 2019. Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable Energy and Resource Use in Food Chains including Workshop on Energy Recovery Conversion and Management; ICSEF 2018, 17 - 19 October 2018, Paphos, Cyprus.