

# Princípio Calorimétrico Aplicado a Medição De Vazão

T. Cavalcanti<sup>1</sup>, A. Lima<sup>1</sup>, J. Neto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

## Abstract

**Introdução:** A medição adequada de vazão de fluidos é de grande importância nos processos industriais, pois tem implicações diretas na qualidade, produtividade, segurança e eficiência dos processos. Assim, torna-se necessário compreendermos como os fluidos se comportam para baixas velocidades, podendo, dessa forma, projetar estruturas que possam trabalhar em uma faixa de operação mais larga ou mesmo que possam atingir valores mínimos de vazão. A técnica calorimétrica diz respeito à transferência de calor entre dois tipos de materiais (no caso: um material aquecedor e um fluido). O material aquecido irá propagar calor para o fluido e dessa forma pode-se verificar uma distribuição da temperatura no entorno do aquecedor, e por meio de um elemento sensor verifica-se tal distribuição de temperatura. Relacionando a diferença de temperatura com a velocidade pode-se posteriormente determinar a vazão de um fluido presente num tubo ou duto.

**Uso do COMSOL Multiphysics®:** A simulação efetuada nesse trabalho foi realizada em um ambiente 3D, visto na Figura 1. Essa disposição favorece uma visualização próxima da condição real. A simulação foi realizada utilizando um trecho da estrutura, que é a parte principal dos testes, pois é onde se localiza o elemento aquecedor e o elemento sensor de temperatura. A estrutura construída é constituída de um duto com dimensões reduzidas e um aquecedor constituído de titânio e um sensor do mesmo material. O elemento aquecedor foi colocado em uma posição que não atrapalhasse o fluxo do fluido, ou seja, não criasse uma zona de perturbação. Ele também foi mantido a uma temperatura constante de 303K enquanto a temperatura do fluido utilizado nas simulações (água) foi mantida a 293K. O escoamento do fluido foi tratado como regime laminar, de acordo com o Número de Reynolds.

**Resultados:** Com a realização das simulações foi possível mostrar que a medição de vazão pode ser feita indiretamente a partir da diferença de temperatura. O dispositivo possui um tamanho reduzido que não interfere no perfil de velocidade. Isso é uma vantagem do projeto, pois mostra mais confiabilidade no valor de velocidade ou de vazão a ser determinado. Na Figura 2, tem-se a simulação referente ao aquecimento do aquecedor e a distribuição de temperaturas no seu entorno graças ao fluido que está a uma velocidade constante. A distribuição de temperatura no entorno do aquecedor é determinante para o cálculo da velocidade, e conseqüentemente da vazão. Na Figura 3 observa-se uma alteração no perfil na distribuição de temperatura, já que o fluido está em movimento. A velocidade utilizada na condição de contorno Inlet, na entrada, foi de 0,01 m/s.

Conclusão: A partir dos resultados das simulações realizadas no software COMSOL Multiphysics®, observou-se que a faixa de medição de vazão é estreita e bem singular, o que torna a faixa de operação do sensor limitada. Levando em consideração os resultados obtidos nas simulações foi possível determinar os valores adequados para a temperatura de aquecimento do elemento aquecedor. Na Figura 4 tem-se o perfil de temperatura para alguns valores de velocidade do fluido. Assim, pode-se comprovar que a análise calorimétrica pode ser usada para a medição de vazão.

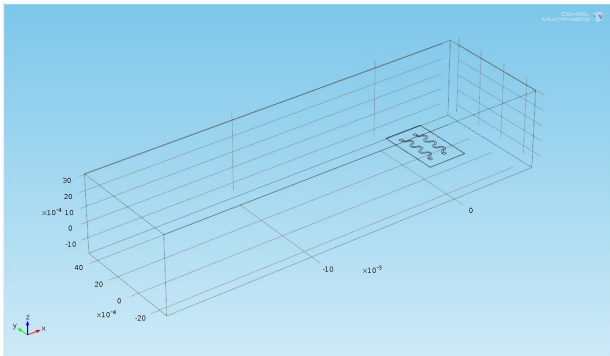
## Reference

W. Lang et al. A temperature compensation circuit for thermal flow sensors operated in constant-temperature-difference mode. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(6):1715–1721, June 2010.

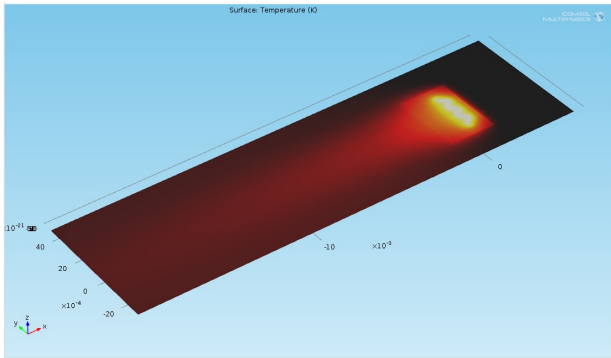
J. K. Boisen et al. Micro-calorimetric sensor for vapour phase explosive detection with optimized heat profile. *IEEE SENSORS 2009 Conference*, pages 723–726, 2009.

M. Sosna et al, R. Maiwald. Miniaturised thermal flow sensors for rough environments. *MEMS 2006*, pages 582–585, 2006.

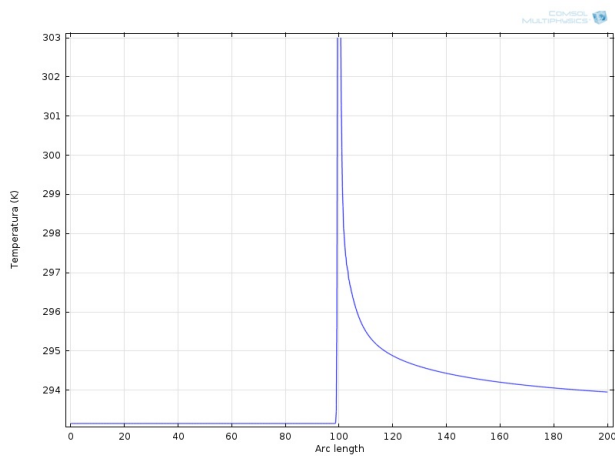
## Figures used in the abstract



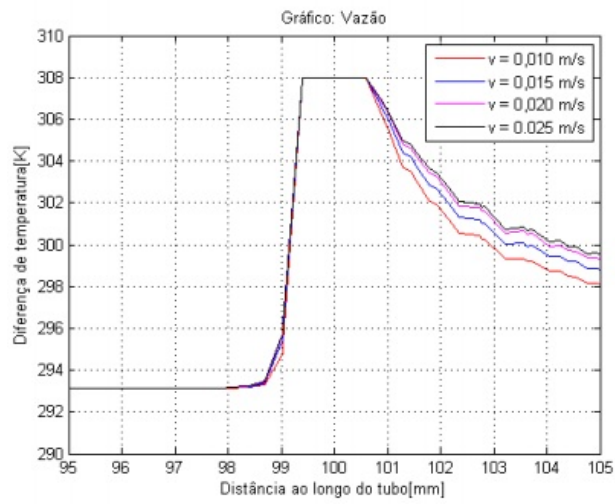
**Figure 1:** Estrutura em 3D.



**Figure 2:** Distribuição de temperatura.



**Figure 3:** Perfil de temperatura (velocidade = 0,01m/s).



**Figure 4:** Perfil de temperatura.