

ANEMÔMETRO DE FIO QUENTE DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DE AR CONDICIONADO.

Ferreira, Vitor Pinheiro¹
Pepe, Iuri Muniz²

¹ UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

² UFBA - Universidade Federal da Bahia

Resumo: Os anemômetros de fio quente são medidores de fluxo que apresentam como características positivas a alta sensibilidade, bem como baixo tempo de resposta. Este artigo apresenta o estudo teórico-experimental de um anemômetro de fio quente de baixo custo utilizando dois sensores do tipo NTC (Negative Temperature Coefficient) com resultados próprios e comparações. O medidor desenvolvido foi baseado num anemômetro de fio quente do tipo convencional à temperatura constante. Neste medidor, um sensor termoresistivo cilíndrico do tipo NTC e pré-aquecido pelo efeito Joule, é montado em um dos braços da ponte de Wheatstone. O equilíbrio da ponte é mantido pelo efeito de realimentação do amplificador operacional, que, após algum desequilíbrio por motivo da transferência de calor do sensor para o fluido, amplifica o sinal de desbalanceamento ajustando o valor de tensão de alimentação da ponte, restabelecendo a resistência original do sensor pré-aquecido, e, por conseguinte, o equilíbrio da ponte. Como em aplicações de condicionamento de ar existe a possibilidade de ocorrerem flutuações da temperatura do fluido, foi utilizado um segundo sensor também do tipo NTC para correção na indicação da velocidade medida por conta da temperatura do fluido. O anemômetro desenvolvido foi calibrado com um padrão primário de velocidade, sendo seus resultados posteriormente comparados com um tubo de Pitot para baixas velocidades, tradicionalmente utilizado nas aplicações de condicionamento de ar.

Palavras-chave: Anemômetro, Sensor NTC, Ar condicionado

1. INTRODUÇÃO

Os anemômetros de fio quente têm sido, durante muitos anos, usados como ferramentas de pesquisa na mecânica dos fluidos. Eles são caracterizados pelo efeito de resfriamento direto por convecção na superfície de um sensor termoresistivo aquecido (ver fig.1) pela passagem direta de uma corrente elétrica sobre o sensor.

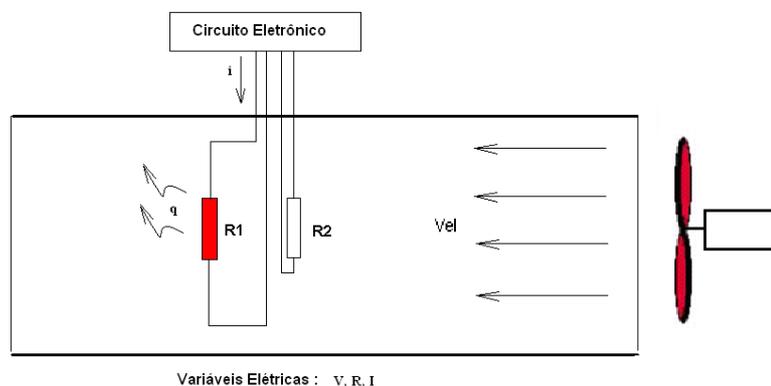


Figura 1 – Detalhe dos sensores de velocidade (à esquerda) e temperatura (à direita) de um anemômetro.

Os anemômetros de fio/filme quente são caracterizados por usarem dois sensores, um aquecido diretamente pelo efeito Joule, mede o fluxo do fluido e outro (ver fig. 1) que mede a temperatura do fluido. Esses transdutores possuem como características positivas, além da alta sensibilidade, larga faixa de medição de vazão com confiabilidade.

Os anemômetros de fio quente buscam manter constante, pelo uso de um circuito eletrônico apropriado, uma das três grandezas elétricas (tensão, corrente ou resistência) associadas a um dado sensor térmico. Nestes sistemas, a medida

de velocidade e, por conseguinte, de vazão, é feita a partir da medida da variação de uma das grandezas restantes, portanto existem anemômetros de corrente constante, temperatura constante e tensão constante.

As vantagens de cada método dependem do tipo de sensor (RTD ou NTC). O modelo aplicável a cada um dos métodos tem origem na aplicação da primeira lei da termodinâmica (WYLEN et al, 1994), desprezando as perdas de calor pelas extremidades do sensor (LEKAKIS, 1996), escrita na forma da Eq. 1.

$$P_e = h.S.(T_s - T_a) + m.c.\frac{dT_s}{dt} \quad (1)$$

1.1. Anemômetros à Temperatura Constante (CTA)

Os anemômetros de fio quente a temperatura constante são também chamados de anemômetros a resistência constante, uma vez que a resistência é uma função da temperatura em tais transdutores.

Existem diversos circuitos para se construir um anemômetro de fio quente operado a temperatura constante. O método convencional mantém a temperatura e, logicamente, a resistência através de realimentação com amplificador operacional. O circuito para anemômetro de fio quente convencional aplicado a sensores NTCs é mostrado na figura 2 (OLIVEIRA, 1996).

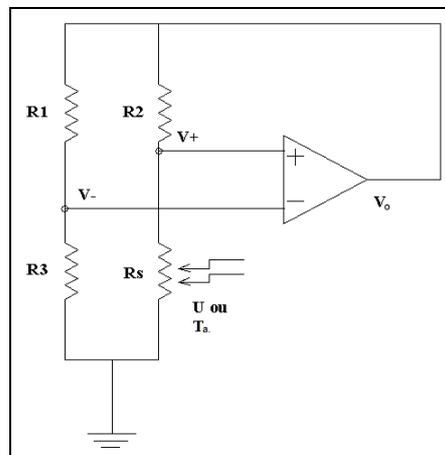


Figura 2 – Circuito para anemômetros a temperatura constante com sensor NTC.

Para a modelagem de anemômetros de fio quente, a temperatura constante, parte-se da equação 1 para regime permanente. Reescrevendo-a para regime permanente chega-se à Eq. 2.

$$V_s^2 = R_s.h.S.(T_s - T_a) \quad (2)$$

Segundo Oliveira (1996), a partir da Eq. 2, a tensão (V) não é linear com nenhuma das grandezas (T_a , R_s), apesar de ser o método mais usado, pois é o que apresenta menor constante de tempo.

Como em qualquer tipo de condicionamento de sinal para anemômetros de fio/filme quente, é necessária a medição da temperatura do fluido para a correção do sinal de saída.

Vários métodos foram propostos para a compensação da temperatura do fluido, conforme descrito por Tagagi (1985), Ferreira et al (2001), Okamoto et al (1994).

Strieder (2004) analisou a influência da estabilidade térmica dos resistores da ponte de Wheatstone na leitura da vazão. Seus resultados mostraram que os resistores fixos da ponte devem ser de potência elevada e serem arrefecidos por ventilação mecânica, a fim de melhorar a estabilidade da leitura.

1.2. Técnicas de Calibração de Anemômetros de Fio/filme Quente

Para se encontrar um modelo de solução analítica para a calibração de anemômetros de fio/filme quente é necessário partir da equação 1, que para o estado estacionário e desprezando o calor perdido pelas extremidades do sensor se reduz a equação 3 para regime permanente.

$$P = \frac{V_{\text{Sensor}}^2}{R_s} = h.S.(T_{\text{Sensor}} - T_f) = h.\pi.d.l.(T_{\text{Sensor}} - T_f) \quad (3)$$

Onde:

P é a potência de alimentação elétrica em W;
 V_{Sensor} é a tensão elétrica nos terminais do sensor em volts;
 S é a área de troca lateral do sensor em m^2 ;
 d é o diâmetro do sensor termoresistivo aquecido em m;
 l é o comprimento do sensor em m;
 h é o coeficiente de convecção entre a superfície do sensor e o fluido em $W/(m^2.K)$;
 T_{Sensor} é a temperatura superficial do sensor em °C.
 T_f é a temperatura do fluido em °C.

O coeficiente de convecção (h) depende fortemente do parâmetro adimensional Nu (número de Nusselt), conforme a Eq. 4.

$$Nu = \frac{h.d}{K} \quad (4)$$

Onde:

K é a condutividade térmica do fluido em questão (medida em $W.m^{-1}.K^{-1}$) à temperatura de superfície, conforme exposto por Lekakis (1996).

Uma expressão desta forma foi derivada primeiro por King (1975), expressa previamente como expressa na Eq. 5.

$$Nu = A + B.Re^n \quad (5)$$

Onde:

A e B são constantes determinadas pelo processo de calibração.

Re é o número de Reynolds (adimensional)

No caso de um fluxo isotérmico e combinando as equações 3, 4 e 5 (KING, 1975) pode-se para o caso de um anemômetro de fio quente a temperatura constante através de uma ponte de Wheatstone com tensão de realimentação V_{out} chegar a uma expressão simplificada da variação da tensão nos terminais do sensor e a velocidade do fluido como descrito na Eq. 6.

$$V_{\text{out}}^2 = A + B.v^n \quad (6)$$

Onde:

V_{out} é a tensão de alimentação da ponte de Wheatstone em Volts;

A e B são novas constantes de calibração;

v é a velocidade do fluido em m/s;

n é o expoente da velocidade.

A forma da relação entre a tensão de saída do amplificador operacional e que alimenta o topo da ponte de Wheatstone em um anemômetro de fio/filme quente a temperatura constante e a velocidade do fluido, é apresentada na fig 3 (WEBSTER, 1999).

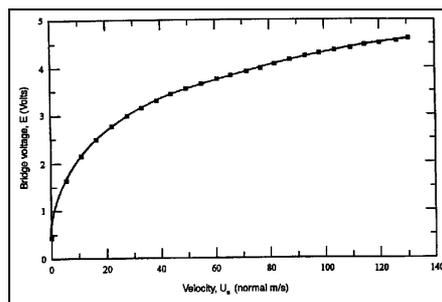


Figura 3 - Curva característica Tensão x Velocidade para anemômetros a temperatura constante.

Fonte: WEBSTER, 1999.

A curva descrita na figura 3 é baseada num fluxo isotérmico, sendo assim, deve ser feita uma curva de calibração para cada temperatura do fluido em aplicações que exijam maior exatidão.

O valor de n mencionado na equação 6 é fortemente dependente do regime de velocidade e em geral varia de 0,4 a 1,30 (AL-GARNI, 2001). Alguns investigadores propõem seu valor entre 0,4 e 0,5, principalmente para velocidades maiores que 1,0 m/s.

Segundo Webster (1999), um mínimo de dez a vinte pontos são necessários para se determinar com relativa exatidão os parâmetros A e B da relação entre a tensão do circuito e a velocidade do fluido (equação 6). De qualquer forma o valor de tensão do circuito de medição deve ser comparado a um sistema de medição padrão. Muitas vezes, tubos de Pitot de precisão têm sido usados para este fim, contudo como a diferença de pressão varia como quadrado da velocidade, este sistema não tem se mostrado eficiente para calibração de anemômetros de fio quente para velocidades extremamente baixas. Um método proposto por Al-Garni (2001) demonstra o uso de um padrão primário de velocidade, na forma de um braço giratório movido por um motor DC de velocidade controlada e variável. Este dispositivo gera uma velocidade linear conhecida em um ambiente com temperatura controlada, conforme mostrado na figura 4.

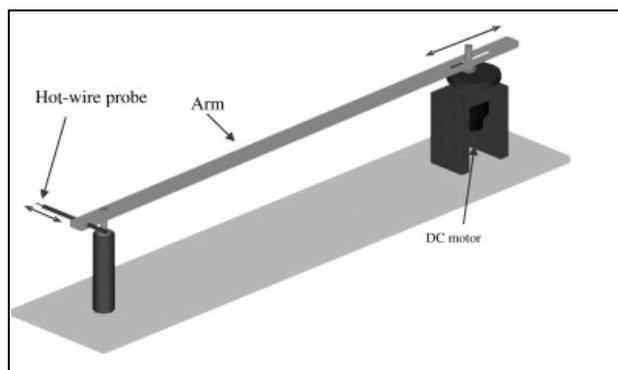


Figura 4- Dispositivo para calibração de anemômetros de fio quente em baixas velocidades.

Fonte: AL-GARNI, 2001.

2. DESENVOLVIMENTO

Para o presente trabalho foi montado um circuito de anemômetro de fio quente operando à temperatura constante (resistência constante) em sua configuração convencional, ou seja, em que o sensor de velocidade pré-aquecido pelo efeito Joule está montado em dos ramos de uma ponte de Wheatstone, conforme sugerido pela bibliografia citada anteriormente.

2.1. Sensores Utilizados

O sensor utilizado para detecção de velocidade foi um termistor NTC fabricado pela Digikey modelo KC001G-N apresentando formato cilíndrico e resistência de referência (à temperatura de 25,0 °C) de 250Ω. O sensor apresenta diâmetro de 1,6 mm e comprimento de 4,0 mm, com encapsulamento de vidro. A temperatura superficial do sensor adotada foi de 55,0 °C, ou seja, trinta e cinco graus (35 °C) acima da temperatura máxima do fluido, que neste no caso particular será de 20,0 °C. Foi escolhido um sensor cilíndrico para minimizar a influência do ângulo de incidência do fluxo sobre o sensor, conforme analisado por de Al-Garni (2001).

O sensor de temperatura, do fabricante Betatherm, apresenta formato de gota e resistência de referência de 1 kΩ, sendo da “série 5” e revestido em epóxi (ver fig. 5).

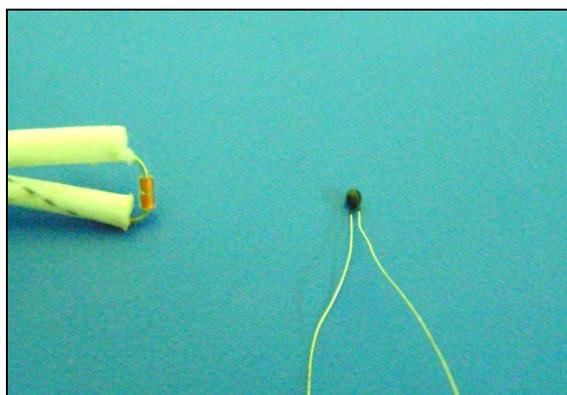


Figura 5 – Sensores de velocidade (à esquerda) e de temperatura (à direita) utilizados para o anemômetro.

2.2. Circuito Eletrônico

O desenho unifilar para o circuito do anemômetro de fio quente desenvolvido é ilustrado na figura 6.

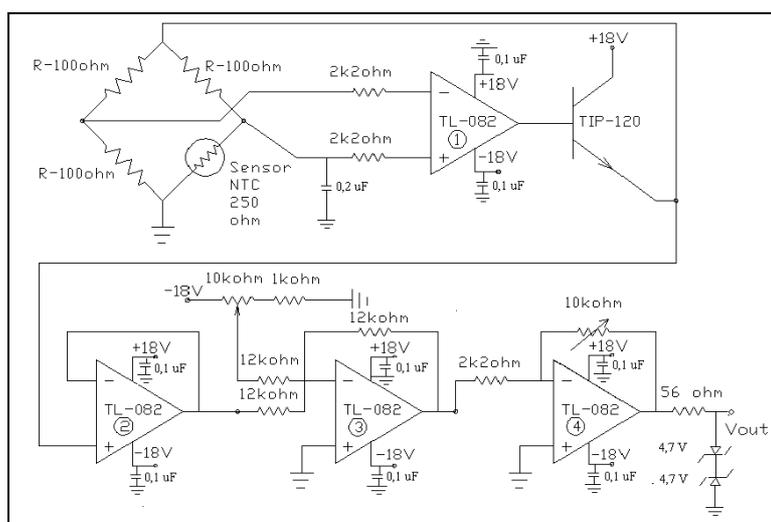


Figura 7 – Desenho unifilar para o circuito do anemômetro a temperatura constante com estágios de amplificação.

No circuito da figura 6, foram utilizados dois circuitos integrados TL-082 de fabricação da Texas Instruments, a fim de tornar a montagem em placa mais compacta. Foi utilizada um fonte simétrica regulada +18/-18 V, com a utilização dos reguladores LM-7818 e 7918, para a manutenção da estabilidade da tensão de alimentação do protótipo. Este valor de tensão de alimentação foi escolhido para possibilitar uma maior excursão do sinal de saída, que será adquirido pelo sistema de aquisição de dados via porta paralela de um computador pessoal (PC).

O amplificador operacional número 1 foi utilizado para polarizar o transistor que realimenta a ponte de Wheatstone. Na entrada não inversora deste amplificador, foi utilizado um capacitor de $0,2 \mu\text{F}$, a fim de reduzir efeitos de memória analógica (latch-up) durante o processo de inicialização do circuito. O amplificador 2 foi utilizado como seguidor de tensão, tendo portanto ganho unitário.

No amplificador número 3 é subtraído o nível DC residual em torno de 6 V, enquanto o último amplificador provê um ganho final ajustável ao circuito. Para evitar sobre-tensões na entrada do ADC, foram utilizados dois diodos zener de valor nominal de 4,7 V, montados de ponta-cabeça, ou circuito grampeador. Desta forma, a tensão de saída do circuito ficará limitada entre -5,4 e +5,4 V.

O circuito então foi montado em placa, dentro de uma caixa plástica, identificada como módulo eletrônico-2. A figura 7 ilustra a placa universal sobre a qual foi montado o circuito eletrônico do anemômetro.

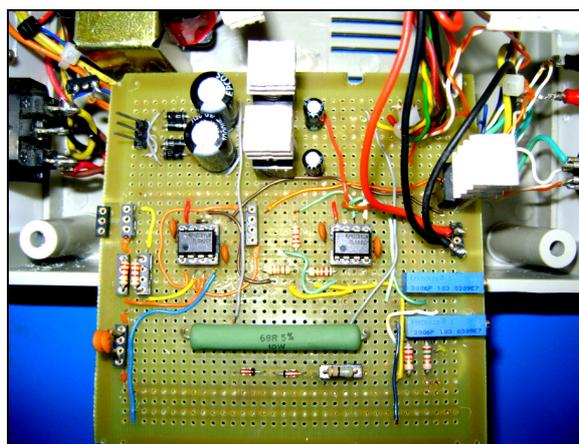


Figura 7 – Detalhe do circuito montado em placa universal.

Os resistores da ponte de Wheatstone foram escolhidos por conveniência iguais e de valor 100Ω . A potência escolhida para os resistores fixos da ponte foi de 5 W. No protótipo aqui apresentado, conforme sugerido por Strieder (2004) foram utilizados na montagem um mini-ventilador e um dissipador de calor em alumínio (fig. 8).

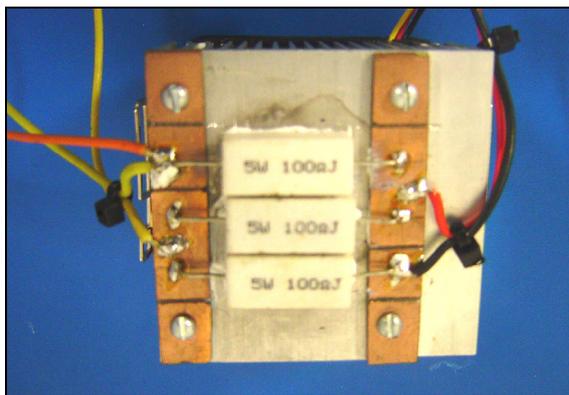


Figura 8– Detalhe de montagem dos resistores fixos no sistema de arrefecimento.

A figura 9 ilustra as vistas frontal (contendo conexão ao módulo eletrônico-1, pontos de medição externos para tensão de saída após amplificação, bem como chave de alimentação e led para status do ventilador externo da ponte de Wheatstone) e a vista posterior (contendo conector de alimentação AC e conjunto dissipador de calor/ventilador externo) do módulo eletrônico-2.

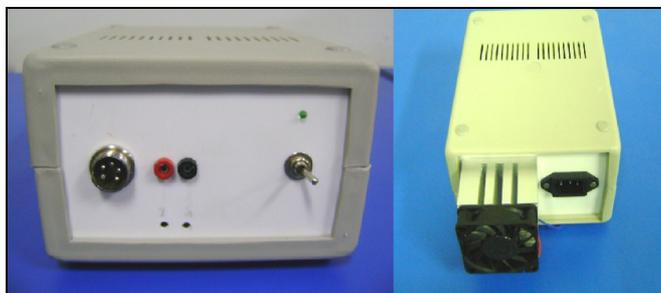


Figura 9 – Vistas frontal (à esquerda) e posterior (à direita) do módulo eletrônico-2.

A ponte de Wheatstone foi montada na parede traseira do módulo eletrônico-2, deixando os resistores da ponte dispostos na região interna do módulo, conforme ilustra a figura 10.

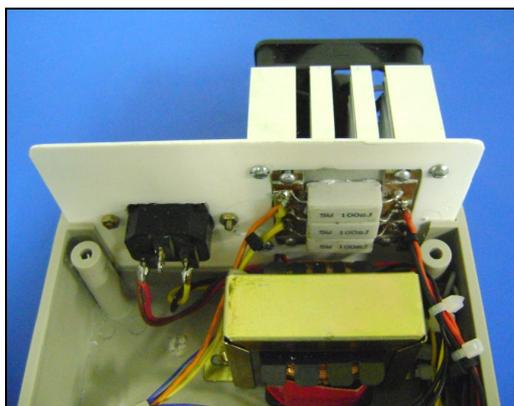


Figura 10 – Detalhe de fixação da ponte de Wheatstone e seu sistema de resfriamento.

A figura 11 ilustra o módulo eletrônico-1 destinado à aquisição dos dados de velocidade e temperatura com as vistas frontal (contendo chave de liga-desliga, trimpots, conexão ao módulo-2 e conexão a um tacômetro de calibração) e posterior (contendo saída para porta paralela, pontos para medição de tensão e conector de alimentação AC). O sinal de saída do circuito ilustrado na figura 7 será conectado à uma das entradas do circuito de aquisição de dados, composto por dois conversores analógico-digitais bipolares de 12 bits.

Um dos canais foi utilizado para o sensor de velocidade, enquanto o outro canal foi utilizado para a medição da temperatura através do sensor NTC-1k Ω .



Figura 11 – Vista frontal (à esquerda) e posterior (à direita) do módulo eletrônico-1.

Na figura 12 é mostrada a placa de montagem do circuito com os conversores analógicos digitais, o circuito de medição de temperatura, bem como o circuito que permite a medição da velocidade de rotação do protótipo de calibração à baixas velocidades (FERREIRA, 2009).

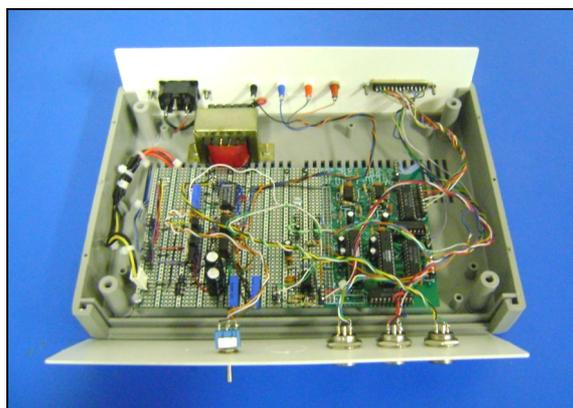


Figura 12 – Vista interna do módulo-1 contendo circuito de medição de temperatura e tacômetro.

2.3. Calibração do anemômetro

Para velocidade inferiores a 1,0 m/s (0 a 1,0 m/s), o anemômetro foi calibrado utilizando um protótipo de calibração especialmente desenvolvido para este fim (FERREIRA, 2009), numa faixa de temperatura entre 10,0 a 20,0 °C. Os pontos de velocidade nominal levantados foram de 0,0 m/s; 0,15 m/s; 0,31 m/s; 0,48 m/s; 0,64 m/s; 0,76 m/s e 0,94 m/s. Estes valores foram testados em cinco diferentes temperaturas: 10,0 °C; 12,5 °C; 15,0 °C; 17,5 °C e 20,0 °C.

Como forma de calibrar o circuito do anemômetro de fio quente em velocidades do ar de circulação entre 1,0 e 3,5 m/s, comparando-o com um sistema de medição padrão, foi montado um sistema fluido-dinâmico dotado de duto de ventilação, ventilador e uma serpentina, na qual circula água gelada (ver figura 13). Esta montagem cria as condições internas de temperatura entre 10,0 e 20,0 °C. A comparação foi feita com um tubo de Pitot para baixas velocidades e resolução de 0,1 m/s. As curvas ajustadas para a calibração do anemômetro para cada valor de temperatura estudado são mostradas na figura 14.

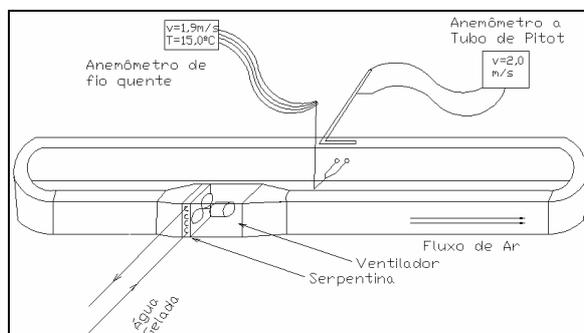


Figura 13 - Sistema fluido-dinâmico para validação final do anemômetro de fio quente.

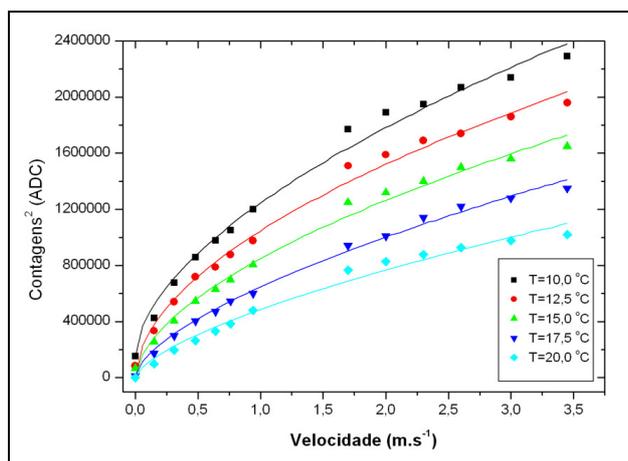


Figura 14 - Curvas ajustadas $V_{out}(\text{anemômetro})^2 \times \text{Vel.} \times \text{Temp.}$ para a faixa estudada (0,0 -3,5 m/s).

2.4. Software de indicação da velocidade

Para a medição e indicação do valor da velocidade lida pelo anemômetro desenvolvido, foi utilizado um programa de aquisição para acesso à porta-paralela do PC. O algoritmo deste programa pode ser dividido em algumas etapas descritas a seguir.

2.4.1. Aquisição de Dados

Inicialmente o programa acessa a porta paralela para ler os dois canais de entrada de sinal digital, ou seja, o valor da temperatura e o do sinal correspondente à da velocidade. Em seguida, o programa converte o sinal de contagens do ADC de temperatura em valor analógico de temperatura.

2.4.2. Processamento dos Dados Adquiridos

Nesta etapa o programa realiza uma série de condicionais, desde que o valor da temperatura esteja dentro do intervalo calibrado (10,0 a 20,0 °C), a fim de identificar a relação de temperatura mais apropriada para a conversão do número de contagens do canal de velocidade em valor numérico de velocidade em m/s.

Para tanto os intervalos calibrados (10,0 °C; 12,5 °C; 15,0 °C; 17,5 °C; 20,0 °C) foram estendidos até uma tolerância de $\pm 0,25$ °C, ou seja, caso o valor de temperatura esteja, por exemplo, no intervalo de 9,75 °C a 10,25 °C, o programa utilizará a equação apropriada para esta temperatura calibrada para converter o valor de contagens do ADC de velocidade em um valor numérico indicado em m/s.

Caso o valor da temperatura esteja entre dois valores de temperatura previamente calibrados, o programa deverá efetuar o cálculo dos dois valores de velocidade. O algoritmo usa, para tanto, as duas equações de cada intervalo, estas relacionam o valor de contagens do ADC de velocidade na quantidade analógica desta grandeza e, portanto, em unidade de velocidade (m/s). Em seguida é realizada uma interpolação linear dos dois valores, os pesos desta média baseiam-se no valor de temperatura lido.

Caso o valor da temperatura esteja fora do intervalo calibrado (10,0 °C a 20,0 °C), o programa exibe em tela a informação de que este é um intervalo não calibrado.

O algoritmo foi implementado em linguagem de programação BASIC para aquisição de dados, tratamento do resultado e indicação dos valores de temperatura e velocidade.

3. RESULTADOS

O anemômetro foi testado no sistema fluido-dinâmico da figura 13 em pontos de velocidade diferentes aos da calibração e em valores de temperatura diferentes dos que foram levantadas as curvas de calibração. Desta forma foi avaliada a combinação das incertezas geradas pelo uso do modelo proposto pela Lei de King, bem como pela influência do uso da média ponderada para correção da temperatura do fluido.

Neste teste o anemômetro foi ensaiado nos valores de velocidade de 0,6 m/s; 1,5 m/s; 2,5 m/s e 3,2 m/s, enquanto que os valores de temperatura analisados foram de 11,25 °C; 13,25 °C; 16,25 °C e 18,75 °C. Os resultados desta investigação são ilustrados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados encontrados para o anemômetro.

Vel (m/s)	11,25 °C		13,75 °C		16,25 °C		18,75 °C	
	Vel. (m/s)	Erro (m/s)						
3,2	3,20	0,00	3,03	-0,17	3,02	-0,18	3,21	0,01
2,5	2,70	0,20	2,18	-0,32	2,46	-0,04	2,70	0,20
1,5	1,79	0,29	1,47	-0,03	1,63	0,13	1,69	0,19
0,6	0,83	0,23	0,75	0,15	0,79	0,19	0,84	0,24

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Através do processo de calibração discutido no capítulo 2.3, foi comprovado que a compensação da variação da temperatura do fluido é algo extremamente importante na aplicação de anemômetros de fio quente, uma vez que há uma grande variação do sinal de velocidade com a temperatura nestes medidores, conforme mostrado nas curvas ajustadas de calibração.

O sistema de amplificação (ilustrado na figura 7) mostrou excelente sensibilidade (aproximadamente 0,02 m/s) a baixas velocidades, contudo o ganho de amplificação deve ser escolhido de acordo à faixa de interesse.

Os erros sistemáticos revelados na tabela 1 mostram que os efeitos combinados da medição da velocidade em uma temperatura não calibrada e o uso do modelo proposto pela Lei de King contribuem para um erro sistemático máximo de 0,32 m/s, o que a princípio pode ser considerado um erro aceitável considerando-se a incerteza de medição do sistema de medição padrão (0,1 m/s), o que torna o anemômetro de fio quente uma excelente opção de medição de vazão de ar, em se tratando de velocidade de resposta e sensibilidade à baixas velocidades, além das dimensões reduzidas do elemento sensor, uma vez que os sensores de velocidade e temperatura utilizados no anemômetro de fio quente apresentado ocupam um volume interno inferior a 5% do volume ocupado pelo tubo de Pitot padrão utilizado no trabalho.

Para velocidades menores entre 1,0 e 2,0 m/s seria interessante a verificação com um sistema de medição padrão mais confiável para baixas velocidades, uma vez que o anemômetro a tubo de Pitot utilizado possui faixa de medição de 2,0 a 17,5 m/s.

5. REFERÊNCIAS

- Al-Garni, A. M., 2001. Low speed calibration of hot-wire anemometers, Department of Aerospace Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Arábia Saudita;
- Ferreira R.P.C. et al, 2001. Hot-Wire Anemometer With Temperature Compensation Using Only One Sensor. IEEE Transactions on instrumentatios and measurement, Vol. 50, N°. 4.
- Ferreira, V.P., 2009 Prototype for hot wire anemometer under low speeds. COBEM. Gramado-Brasil.
- Lekakis, L., 1996. Calibration and signal interpretation for single and multiple hot-wire/hot-film probes. Germany: Measurement Science Technology 7.
- King, L. V., 1975. Principles of methods and Techniques in the Measurement of Turbulent Flows, Phil Trans. Roy. Soc. London, 1914, 214A,p373. In:Hinze, J. O., Turbulenc, 2.ed., Macgraw-hill, USA.
- Okamoto, K.; Ohasshi T.; Asakura M.; Watanbe K., 1995. A Digital Anemometer. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 43. N°. 2.
- Oliveira A.et al, 1996 Termoresistive Sensor Parameters from Its Static I x V. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Bélgica.
- Strieder A., 2004. Medição de Vazão por Transferência Térmica. Dissertação de mestrado, Unicamp.
- Tagagi, S., 1985. A hot-wire anemometer compensated for ambient temperature variations, National Aerospace Laboratory, Tokyo, Japan.
- Webetser, J., 1999. The Measurement Instrumentation and Sensor Handbook. USA: IEE Press.
- Wylen, G.; Sonntag, R.; Boergnakke, C., 1994. Fundamentos da Termodinâmica clássica, 4.ed, Blücher, São Paulo:

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

A LOW COST HOT WIRE ANEMOMETER FOR FLOW MEASUREMENT IN HVAC SYSTEMS.

Ferreira, Vitor Pinheiro¹
Pepe, Iuri Muniz²

¹ UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

² UFBA - Universidade Federal da Bahia

Abstract. *The hot wire anemometers are flow meters that have high sensitivity and low response time. This paper presents the theoretical and experimental study of a low cost hot wire anemometer by using two sensors NTC (Negative Temperature Coefficient) with their own results and comparisons. The transducer was developed based on a conventional constant temperature hot wire anemometer. In this meter, a NTC cylindrical sensor and pre-heated by the Joule effect, is mounted on a Wheatstone bridge arm. The bridge balance is maintained by the feedback effect of the operational amplifier, which in case of some imbalance by heat transfer sensor for the fluid, amplifies the signal of unbalance by adjusting the voltage of the bridge, restoring the sensor original resistance, and therefore the bridge balance. In air conditioning applications there is a possibility of fluctuations in fluid temperature, thus was used a second NTC sensor to correct the speed indication due to the fluid temperature variation. The developed anemometer was calibrated with a primary standard speed, and then compared their results with a low speeds Pitot tube, typically used in HVAC applications.*

Keywords: *Anemometer, NTC sensor, HVAC.*