

Método para Calibração de Coluna Manométrica para Baixas Pressões

Roberto M. Ichinose¹; Paulo R. G. Couto², Marcelo N. M. Silva³ & Túlio P. Franklin⁴

¹Programa de Engenharia Biomédica - COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68510 - 21945-970 - Rio de Janeiro (RJ)
e-mail¹: macoto@peb.ufrj.br

^{2,3,4}Laboratório de Pressão - INMETRO
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 prédio 3- CEP 25250-020- Xerém –Duque de Caxias (RJ)
e-mail^{2,3,4}: lapre@inmetro.gov.br

Resumo - Este artigo apresenta um método para calibração de um manômetro de coluna líquida para baixas pressões. Este instrumento tem importantes aplicações na área biomédica na verificação e calibração de equipamentos médicos. O método mostrou-se robusto, e a calibração evidenciou um erro de 3 mmH₂O e incerteza de 0,96mmH₂O na leitura para um nível de confiança de 95%.

Abstract - This paper shows a calibration method for a low pressure liquid column manometer. This instrument has important application on biomedical field for verification and calibration of medical equipment. The method was robust and the calibration showed a error of 3mmH₂O and uncertainty of 0,96mmH₂O for a 95% level of confidence.

Palavras-chave: calibração, baixa pressão, manômetro, metrologia

Introdução

A utilização em massa de equipamentos médicos, trouxeram grandes benefícios no tratamento e diagnóstico de doenças. Todavia, a utilização e manutenção inadequada destes equipamentos podem trazer riscos para seus usuários dentre os quais, tratamentos inadequados, diagnósticos incorretos, danos físicos e em alguns casos a morte.

Para minizar esses riscos é necessário adotar procedimentos que garantam a segurança e confiabilidade dos equipamentos médicos, melhorando os serviços de assistência à saúde. Para se atingir esses objetivos é essencial a existência de padrões confiáveis que possam servir de referência na verificação e calibração destes equipamentos.

O Laboratório de Ensaios de Segurança em Equipamentos Médicos (LESEM), vinculado ao Programa de Engenharia Biomédica do COPPE/UFRJ, em parceria com o INMETRO, desenvolveu um método para calibração de um manômetro de coluna líquida para baixas pressões, que será o padrão de referência para o laboratório.

Metodologia

Duas balanças de peso morto, cujas características metrológicas^{1,2}, foram determinadas pelos padrões de referência do LAPRE/INMETRO,

foram conectadas às entradas de uma coluna manométrica (figura 1) com faixa de indicação de 0 a 100 cmH₂O e valor de uma divisão de 0,1 cmH₂O. Foram gerados diferenciais de pressão através destes instrumentos cujos valores indicados na coluna cobrem a sua faixa de indicação (10, 20, 30,..100%).

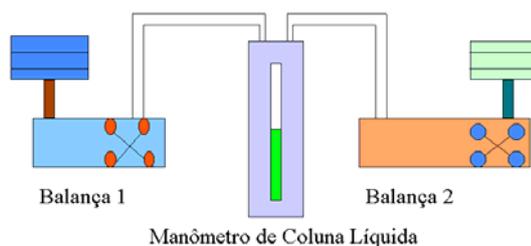


Figura 1.- Montagem para calibração do manômetro.

A calibração consiste na comparação entre o valor verdadeiro convencional, que é fornecido pela diferença entre as pressões geradas pelas balanças de pressão, com o valor fornecido pelo instrumento a ser calibrado considerando-se todas as correções³ para os instrumentos e a regulagem inicial do “zero” do manômetro.

Para avaliar a reprodutibilidade dos resultados, foram obtidos quatro conjuntos de dados com intervalo mínimo de 24 horas, cujos

efeitos são considerados no cálculo da incerteza de medição segundo as recomendações do ISO GUM⁴.

A equação 1 foi utilizada para o cálculo das pressões, o coeficiente de sensibilidade dado pelas derivadas parciais da equação da pressão é expresso pela equação 2, as contribuições de cada fonte de incerteza foram determinadas pela equação 3, e as incertezas combinada e expandida são dadas pelas equações 4 e 5 respectivamente.

$$p = \rho gh \quad p = \text{pressão} \quad (1)$$

ρ = massa específica H₂O
 g = gravidade local
 h = altura da coluna de H₂O

$$S_i = \frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (2)$$

S_i = sensibilidade às variáveis da pressão

$$u_i = \frac{V_i}{D_i} S_i \quad (3)$$

u_i = contribuição das fontes de incerteza para u_c .

V_i = valor incerteza associada às fontes

D_i = fator de conversão

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2} \quad u_c = \text{incerteza combinada} \quad (4)$$

N = número de fontes de incerteza

$$U = k u_i \quad U = \text{incerteza expandida} \quad (5)$$

k = fator de cobertura

Resultados

A tabela 1 resume as fontes de incertezas e suas contribuições no cálculo da incerteza final.

Tabela 1.- Fontes e valores de incertezas.

F	V	D	S	u_i (Pa)
l	$2,95 \times 10^{-4} \text{m}$	1	$9788 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$	2,89
l_1	$0,10 \times 10^{-3} \text{m}$	$\sqrt{6}$	$9788 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$	0,40
l_2	$2,00 \times 10^{-5} \text{m}$	$\sqrt{3}$	$9788 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$	0,11
l_3	$1,50 \times 10^{-6} \text{m}$	$\sqrt{3}$	$9788 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$	$8,48 \times 10^{-3}$
ρ	$0,001 \text{ kg}/\text{m}^3$	$\sqrt{3}$	$9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2$	$5,66 \times 10^{-3}$
g	$0,00001 \text{ m}/\text{s}^2$	$\sqrt{3}$	$0,0998 \text{ kg}/\text{m}^2$	$5,76 \times 10^{-7}$
p_{ref}	0,981 Pa	2	1	0,49

l = repetitividade

l_1 = valor de uma divisão

l_2 = coeficiente de dilatação da escala

l_3 = temperatura da escala

p_{ref} = padrão de referência de pressão

O valor da incerteza combinada, calculada pela equação 4, é de $u_c = 2,96$ Pa e o da incerteza expandida, calculada pela equação 5, para um nível de confiança de 95% ($k = 3,18$) é de $U = 9,4$ Pa, o que equivale a $0,96 \text{ mmH}_2\text{O}$. O erro fiducial, definido como $\frac{\text{erro má x.}}{\text{fundo de escala}} \times 100$, tem o valor de 0,3% ou $3 \text{ mmH}_2\text{O}$ na escala do manômetro.

Discussão e Conclusões

Realizando um teste F para avaliação da homogeneidade entre os desvios padrão obtidos em cada ponto de leitura na escala do manômetro, considerando um nível de confiança de 95%, podemos concluir que o método é robusto e com reprodutibilidade na faixa de indicação.

Também fica evidenciado a necessidade da calibração das colunas manométricas líquidas com o objetivo de corrigir os erros inerentes ao instrumento, além de caracterizar sua incerteza para dar confiabilidade de suas medidas. No caso deste trabalho o valor lido na coluna deve ser corrigido do seu erro fiducial ($3 \text{ mmH}_2\text{O}$) e sua incerteza associada de $0,96 \text{ mmH}_2\text{O}$ considerada. Em algumas aplicações, especialmente em aplicações que utilizem pressões da ordem de poucas dezenas de mmH_2O , a não correção desses valores pode implicar em erros significativos.

Quanto à incerteza apresentada, esta mostrou ser muito dependente da componente repetitividade. Portanto, a incerteza final pode ser sensivelmente melhorada através da aquisição de um maior conjunto de dados.

Referências

- LEWIS, S. and PEGGS, G. (1992). *The Pressure Balance: a practical guide to its use*. National Physical Laboratory, HMSO.
- SCHOELER, N. and COUTO, P.R.G. (1993). *Características e Confiabilidade Metrológica de Uma balança de Pressão*, XII Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Vol I, p. 261 – 264.
- JAGGER, J. and SCHOPPA, G. (1980). *PTB testing instructions: liquid manometers*, PTB, Germany.
- ISO. (1995). *Guide to the expression of uncertainty in measurements*, International Organization for Standardization., Switzerland.

Agradecimentos: Ao CNPq.