

Monografia de Graduação

Avaliação de Fontes de Incerteza na Calibração de Instrumentos de Medir Pressão Atmosférica

Josiane Maria de Macedo Fernandes

Natal, fevereiro de 2010

FERNANDES, Josiane Maria de Macedo – Avaliação de Fontes de Incerteza na Calibração de Instrumentos de Medir Pressão Atmosférica. Monografia, UFRN, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Recursos Humanos – PRH 14/ANP. Áreas de Concentração: Metrologia, Engenharia de Petróleo, Natal/RN, Brasil.

Orientador: Prof. Luiz Pedro de Araújo.

RESUMO: O desenvolvimento científico e tecnológico depende da metrologia e a qualidade dos valores medidos, de uma grandeza em um dado processo, é fundamental para otimizar e desenvolver novas tecnologias. A metrologia é a base do sistema da qualidade da indústria que garante a funcionalidade de instrumentos para realizar medidas confiáveis. Em todos os processos de medição existem diversos fatores que geram erros em seus resultados. Dessa forma, o resultado das medições e sua confiabilidade são parâmetros importantes para o controle de qualidade de produtos e serviços. Existem muitos tipos de instrumentos medidores de pressão para diferentes aplicações, pois dependendo da aplicação a pressão de interesse pode ser a atmosférica, manométrica ou absoluta. Este trabalho consiste em um estudo das fontes de incerteza e avaliação de suas influências na calibração de instrumentos medidores de baixa pressão em uma câmara barométrica, bem como, elaboração dos procedimentos e planilha de calibração de barômetros. A incerteza de medição é a faixa de valores que exprime a parcela de dúvida presente no resultado de uma medição.

Palavras Chaves:

- Pressão; medição; calibração.

ABSTRACT: The scientific and technological development depends on metrology, that is, the quality of the measurements in a given process is fundamental to optimize and develop new technologies. The metrology is the basis of industry's quality system that grants the well function of the measurement instruments to realize reliable measurements. Within all measurement systems there are several factors that generate errors on results. This way, the result and reliability of measurements are important parameters in controlling the quality of services and products. That are many kind of pressure measurement instruments, depending on the application the interesting pressure can be atmospheric, differential or absolute. The measure uncertain is the values zone that shows the amount of doubt present in the results of a given measure. This work consists in a study of the uncertain sources and evaluation of their influences in the calibration of low pressure measurement instruments in a barometric chamber, as well, elaborating barometer calibration procedures and spread sheets.

Esta monografia é dedicada:

Agradeço a Deus, que sempre esteve ao meu lado.

Meus pais, pois deles recebi o dom mais precioso do universo: a vida.

Meus amigos e familiares que apoiaram nessa longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram para a minha formação, especialmente aos professores de todas as épocas, que dedicaram suas vidas para difundir o conhecimento, conhecimento que foi fundamental na minha formação acadêmica.

Agradeço aos professores Cleyton Rubens, Ângelo Roncally e Raimundo Freire que me acolheram na equipe Car-kará de aerodesign da UFRN, pela oportunidade que me concederam, no início do curso, de estar no Laboratório de Mobilidade da UFRN – LabMobil – desenvolvendo projetos que contribuíram na minha formação acadêmica e que nos trouxeram muitas conquistas.

Agradeço aos professores Luiz Pedro e Walter Link, pela oportunidade que me concederam, de estar no Laboratório de Metrologia da UFRN – LabMetrol – realizando atividades que ajudaram na minha formação acadêmica e pela orientação na pesquisa que gerou este trabalho.

Agradeço aos professores Afonso Avelino e Osvaldo Chiavore pela oportunidade de participar do programa de recursos humanos PRH-14/ANP.

Agradeço ao professor José Romualdo Vidal pela dedicação a nós, alunos, no período de realização desse trabalho e pela amizade.

Agradeço aos amigos do LabMetrol Dabney, Eduardo, Jean, Marcelo, Júnior, Klétson, Gúbio e Rodrigo pela contribuição e ajuda dada durante a realização desse trabalho e todo o curso.

Agradeço aos funcionários do LabMetrol Luiz Henrique e Raiff Costa que sempre estiveram auxiliando nas atividades desenvolvidas neste laboratório e passando seus conhecimentos.

À Agência Nacional de Petróleo – ANP, por incentivar os estudos na área de Petróleo e Gás Natural.

Aos amigos de graduação, que estiveram presentes compartilhando conhecimento e experiências durante estes cinco anos.

Índice

Capítulo I.....	8
1 – Introdução.....	9
Capítulo II.....	10
2 – Medição de Pressão.....	11
2.1 – Definição de Pressão.....	11
2.2 – Medidores de Forças Geradas por Fluidos.....	12
2.3 – Barômetros.....	15
2.4 – Unidades de Pressão.....	17
Capítulo III.....	18
3 – Incertezas de Medição.....	19
3.1 – Tipos de Incertezas.....	19
3.2 – Diagrama de Ishikawa.....	21
Capítulo IV.....	22
4 – Metodologia.....	23
4.1 – Câmara Barométrica.....	23
4.2 – Calibração de Barômetro.....	24
Capítulo V.....	27
5 – Resultados e Discussão.....	27
5.1 – Principais Fontes de Incerteza.....	27
5.2 – Procedimento Experimental.....	27
5.2.1 – Mensurando e suas Características.....	27
5.2.2 – Padrão e suas Características.....	27
5.2.3 – Grandezas de Influência.....	28
5.2.4 – Procedimento de Medição.....	28
5.2.5 – Cálculo da Incerteza.....	29
Capítulo VI.....	31
6 – Conclusões.....	32
Capítulo VII.....	33
7 – Bibliografia.....	34
Anexo I.....	35
Relatório de Estágio Supervisionado.....	36

Lista de Figuras

2.1 Escalas de pressão relativas.....	12
2.2 Medição de pressão por coluna líquida.....	12
2.3 Manômetro de Bourdon.....	13
2.4 Partes do manômetro de Bourdon.....	14
2.5 Transdutor de cristal piezelétrico.....	15
2.6 Barômetro de mercúrio.....	16
2.7 Barômetro aneróide.....	17
3.1 - Distribuição normal.....	20
3.2 Diagrama de Ishikawa.....	21
4.1 Câmara Barométrica.....	23
4.2 Desenhos da Câmara Barométrica.....	23

Lista de tabelas

2.1 Unidades de conversão de pressão.....	17
3.1 Distribuição t-“Student”.....	20
5.1 Dados coletados em calibração.....	28
5.2 Valor verdadeiro convencional.....	28
5.3 Planilha de cálculos.....	30
5.4 Planilha de resultados.....	30

Capítulo I

INTRODUÇÃO

1 - Introdução

A medição é de fundamental importância para o desenvolvimento tecnológico das empresas e está intimamente presente no dia a dia da indústria, onde sua confiabilidade é um parâmetro fundamental para o controle da qualidade.

Existem muitos tipos de instrumentos que medem pressão em diferentes situações, que pode ser atmosférica, manométrica ou absoluta. Esses instrumentos devem fornecer dados coerentes com a realidade ou podem comprometer diversos estágios em uma indústria.

Este trabalho tem o objetivo de fazer um estudo sobre as incertezas de calibração direcionado a grandeza pressão mais especificamente na faixa de baixas pressões, investigando e avaliando as fontes de incertezas para um novo sistema de calibração projetado no LabMetrol, a câmara barométrica.

A fim de assegurar a confiabilidade nos resultados das medições de instrumentos em particular de barômetros, o Laboratório de Metrologia da UFRN propôs um estudo das fontes de incerteza e avaliação de suas influências na calibração de instrumentos medidores de pressão.

Capítulo II

MEDIÇÃO DE PRESSÃO

2 – Medição de Pressão

2.1 – Definição de pressão

A pressão é um esforço multidirecional e uniforme e é definida como a relação entre a força normal exercida em uma superfície e a área desta superfície.

A pressão pode ser expressa de duas formas:

a) Pressão manométrica (relativa) é a medida tendo como referência a pressão atmosférica, que ao nível do mar é de aproximadamente 760mmHg.

b) Pressão absoluta é a medida relativa a pressão zero (vácuo perfeito).

Pressão absoluta = Pressão manométrica + Pressão atmosférica.

Pressão diferencial é a pressão entre dois pontos ou uma medida em relação a uma pressão de referência.

Pressão parcial é a pressão exercida por um constituinte de uma mistura de gases que não reagem quimicamente entre si. De acordo com a lei de Dalton, a pressão total da mistura é a soma das pressões parciais.

Pressão estática é a pressão de um fluido, corresponde ao peso exercido pelo fluido em repouso por unidade de área de aplicação.

A pressão de impacto é a pressão que um fluido em movimento exerce paralelamente a direção do fluxo devido a sua velocidade.

A pressão total é soma da pressão estática com pressão de impacto.

Altura hidrostática é a altura de uma coluna de um determinado líquido em cuja base se desenvolve uma determinada pressão; a pressão de uma coluna de líquido de altura h , sobre uma superfície, é o produto da altura pelo peso específico do líquido, ou $p = w h = \rho g h$.

O vácuo é teoricamente, a ausência total de matéria em um volume de uma região do espaço, mais na prática este termo é usado para designação de pressões significativamente menores que a pressão padrão de uma atmosfera.

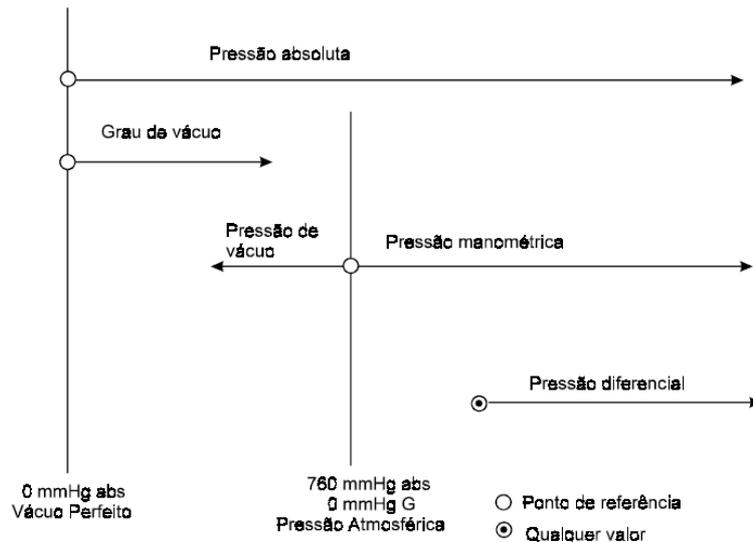


Figura 2.1 Escalas de pressão relativas

2.2 - Medidores de forças geradas por fluidos

A forma mais primitiva de se medir pressão é através de colunas líquidas. A medição da pressão barométrica é uma das mais antigas formas de medição com coluna líquida.

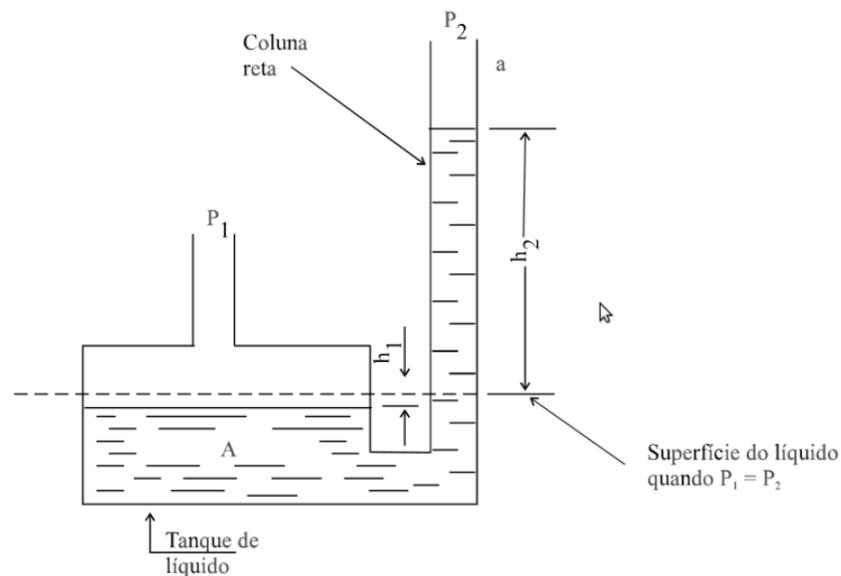


Figura 2.2 Medição de pressão por coluna líquida

A unidade oficial SI de pressão é Pa (1 Pascal = 1N/m²) embora para colunas líquidas hoje ainda sejam usuais mmHg; mmH₂O. Além dessas unidades se tem mbar e kPa estas duas últimas mais usuais em barometria. As unidades kgf/cm² (métrica) e lbf/in² (inglesa) são as mais usuais fora do sistema internacional SI.

Nos transdutores tipo diafragma e Bourbon a pressão é medida a partir da deflexão de um elemento elástico.

Normalmente este tipo de sensores é “auto-suficiente” (não necessitam de energia de entrada para seu funcionamento) e permitem medir baixas pressões com exatidão até 100 Pa.

Abaixo desse valor é necessário eliminar certos fatores limitantes como heterogeneidade elástica que causam histerese, deriva ou instabilidade do zero. Problemas mecânicos devido ao atrito, folga que podem alterar a deformação do elemento elástico também são fatores limitantes, além dos efeitos térmicos devido à variação da temperatura ambiente, produzindo alterações no módulo de elasticidade do elemento sensor, expansão desigual dos diferentes materiais usados na construção do instrumento

O sensor tipo Bourdon consiste de um tubo metálico com seção elíptica ou retangular (achatada) dobrados em forma bastante variadas. No caso de um tubo em espiral, um dos terminais, soldado a uma caixa, pode ser conectado a um sistema de vácuo.

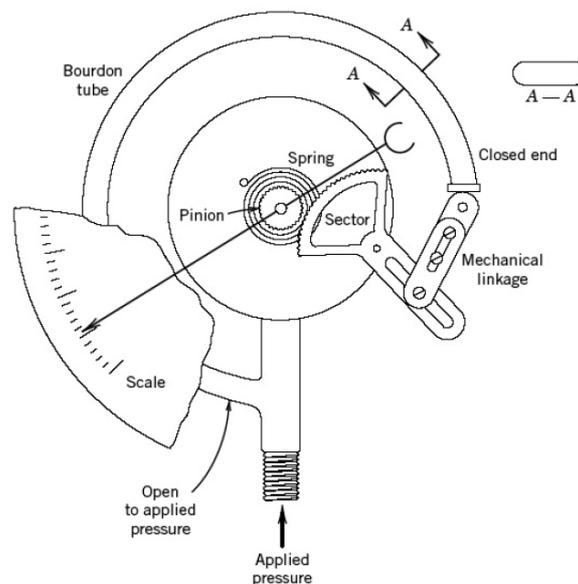


Figura 2.3 Manômetro de Bourdon

A leitura é feita através de um terminal que é selado e preso mecanicamente a um ponteiro móvel em frente a uma escala calibrada. Se a pressão interna do tubo varia em relação à pressão atmosférica externa (pressão de referência), o elemento elástico deflete. A curvatura do tubo espiralado tende a ficar maior ou menor em função da pressão interna ficar mais baixa ou alta que a atmosférica.

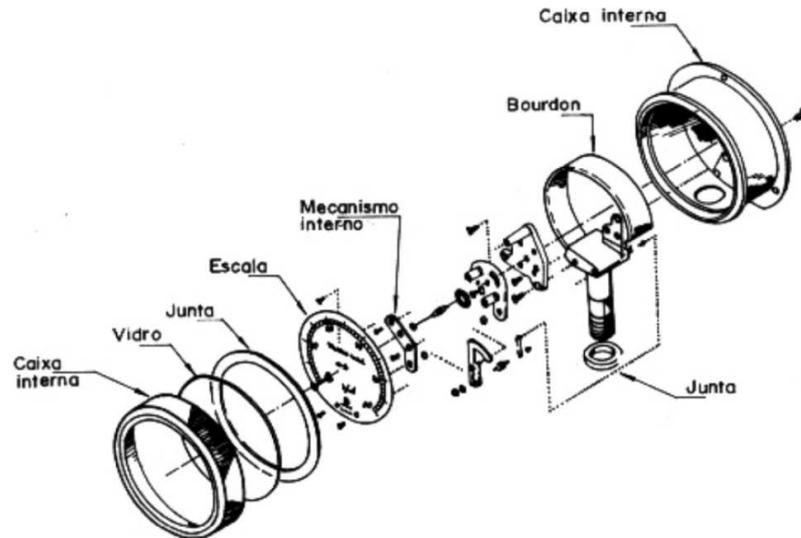


Figura 2.4 Partes do manômetro de Bourdon

Normalmente, o tubo é temperado para eliminar erros devido a defeitos elásticos (heterogeneidade da estrutura metálica). Quando a histerese do elemento sensor tem que ser a menor possível no lugar dos metálicos são usados tubos Bourdon de quartzo (sílica fundida).

Há também os transdutores (ou sensores) elétricos de pressão que convertem os valores em grandezas elétricas que são usadas, local ou remotamente, para leitura e/ou controle de processos que podem ser transdutores potenciométricos, capacitivos, de deformação (strain gage), óticos, indutores, piezelétricos ou de fio ressonante.

A função básica de um transdutor elétrico de pressão é transformar uma quantidade física (pressão) em um sinal elétrico. Esta transformação é matematicamente linear, de maneira que existe uma vantagem em se trabalhar com sinal elétrico devido à facilidade em submetê-lo a operações matemáticas, bem como convertê-lo nas unidades desejadas. Estes dispositivos de medida (transdutores) são extremamente sensíveis, apresentando um tempo de resposta muito pequeno.

Os transdutores de pressão piezelétricos são sensores de cristal, geralmente de quartzo, que tem propriedade piezelétrica, ou seja, gera um campo elétrico quando submetido a uma carga que pode ser captado em forma de tensão.

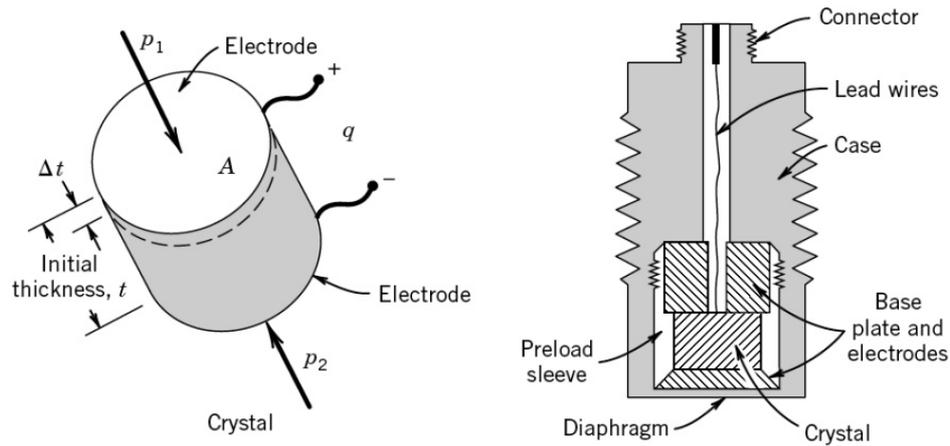


Figura 2.5 Transdutor de cristal piezelétrico

No Laboratório de Metrologia da UFRN existem medidores de pressão de alguns dos tipos citados a cima, o que possibilita ao aluno estudar e verificar seu funcionamento.

2.3 - Barômetros

A pressão atmosférica pode ser medida por barômetros de mercúrio, aneróide e digitais.

O barometro de mercúrio foi inventado por Torricelli em 1643 e consiste em um tubo de vidro com aproximadamente 1 m de comprimento, com uma das extremidades fechada, e preenchido com mercúrio (Hg). A extremidade aberta do tubo é invertida num pequeno recipiente aberto com mercúrio, onde a coluna de mercúrio desce para dentro do recipiente até que o peso da coluna de mercúrio iguale o peso de uma coluna de ar de igual diâmetro, que se estende da superfície até o topo da atmosfera.

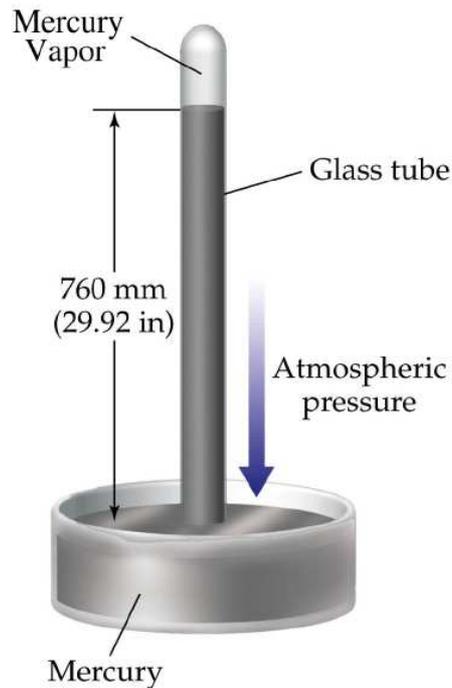


Figura 2.6 Barômetro de mercúrio

O comprimento da coluna de mercúrio, portanto, torna-se uma medida da pressão atmosférica. A pressão atmosférica média no nível do mar mede 760 mm Hg ou 1013mbar.

O barômetro aneróide não usa fluidos líquidos como no barômetro de coluna de mercúrio ou de água o que o torna mais compacto e portátil, porém com menos exatidão. Este instrumento consiste numa pequena cápsula hermética com um diafragma metálico flexível que contém uma pequena quantidade de ar no seu interior, com uma mola para evitar o seu esmagamento. A câmara comprime-se quando a pressão aumenta e expande-se quando a pressão diminui. Estes movimentos são transmitidos a um ponteiro sobre um mostrador que está calibrado em unidades de pressão.

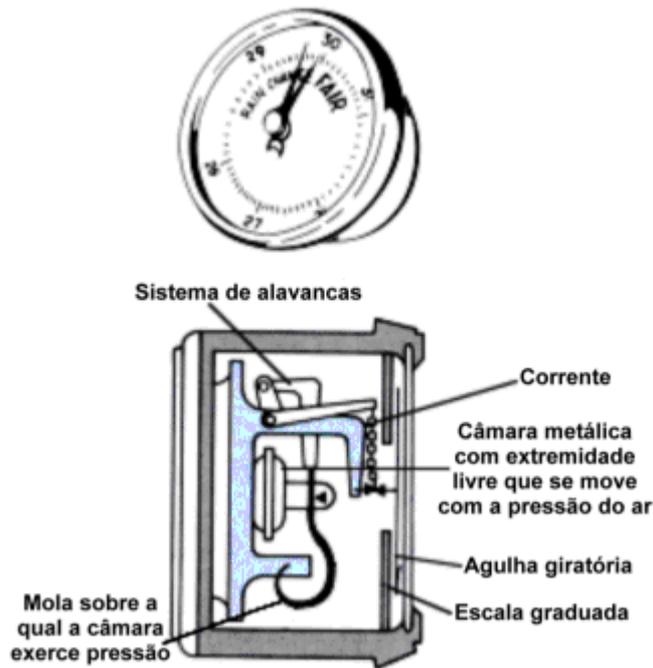


Figura 2.7 Barômetro aneróide

O barômetro eletrônico contém um sensor com propriedades elétricas que sente as mudanças de pressão atmosféricas. Um circuito eletrônico adicional converte a saída do sensor em um mostrador digital.

2.4 – Unidades de pressão

A unidade padrão de pressão no Sistema Internacional (SI) é o pascal (Pa) (1 Newton/1m²). Meteorologistas têm usado tradicionalmente a unidade milibar (1 mb = 100 Pa), mas a unidade pascal (Pa) está sendo adotada universalmente. Pode-se usar ainda a unidade milímetros de mercúrio (mmHg) (ou polegadas de mercúrio).

	Atmosfera	Pascal	Bária	Bar	milibar ou hPa	mm Hg	m H ₂ O	kgf/cm ²
Atmosfera	1	$1,01325 \times 10^5$	$1,01325 \times 10^6$	1,01325	1013,25	760,0	10,33	1,033
Pascal	$9,869 \times 10^{-6}$	1	10	10^{-5}	0,01	$7,501 \times 10^{-3}$	$1,020 \times 10^{-4}$	$1,019 \times 10^{-5}$
Bária	$9,869 \times 10^{-7}$	0,1	1	10^{-6}	0,001	$7,501 \times 10^{-4}$	$1,020 \times 10^{-5}$	$1,020 \times 10^{-2}$
Bar	0,9869	100000	1000000	1	1000	750,1	10,20	1,020
milibar	$9,869 \times 10^{-4}$	100	1000	0,001	1	0,7501	$1,020 \times 10^{-2}$	10,20
mm Hg	$1,316 \times 10^{-3}$	133,3	1333	$1,333 \times 10^{-3}$	1,333	1	$1,360 \times 10^{-2}$	13,60
m H ₂ O	$9,878 \times 10^{-2}$	9807	$9,807 \times 10^4$	$9,807 \times 10^{-2}$	98,06	73,56	1	0,100
kgf/cm ²	0,968	$9,810 \times 10^4$	$9,810 \times 10^5$	0,9810	981,0	735,8	10,00	1

Tabela 2.1 Unidades de conversão de pressão

Capítulo III

INCERTEZAS DE MEDIÇÃO

3. Incertezas de medição

Segundo o VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia) a incerteza de medição significa um parâmetro associado ao resultado da medição, que é caracterizado por uma dispersão dos valores que podem ser atribuídos ao mensurando. De uma forma simplificada incerteza é um atributo quantitativo de uma medida, que indica o grau de exatidão da medida ou do método ou processo utilizado.

3.1 – Tipos de Incertezas

Incerteza tipo A: é um método de avaliação da incerteza pela análise estatística de uma série de observações.

Incerteza tipo B: é um método de avaliação da incerteza por outros meios que não a análise estatística de uma série de observações.

A incerteza padronizada é a estimativa equivalente a um desvio padrão (s) $\rightarrow u = \pm s$ de um acontecimento aleatório.

A incerteza combinada (u_c) de um processo de medição é calculada considerando-se a ação simultânea de todas as fontes de incertezas, ou seja, é a influência combinada de todas as incertezas padronizadas sobre o resultado da medição (RM). A incerteza combinada u_c também equivale a um desvio padronizado.

As incertezas padrão e combinada têm uma probabilidade de ocorrência de 68,27%.

A incerteza expandida é determinada a partir da incerteza combinada multiplicada pelo coeficiente t-Student apropriado que é um valor tabelado. Esta incerteza reflete a faixa de dúvidas ainda presente na medição para uma probabilidade de ocorrência definida, geralmente 95,45%.

l	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,0083	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	38,343	63,656
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	7,664	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	4,864	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	3,966	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	3,538	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,291	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,130	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,018	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	2,936	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	2,872	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	2,822	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	2,782	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	2,748	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,720	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,696	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,675	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,657	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,641	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,627	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,614	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,603	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,593	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,584	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,575	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,568	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,561	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,554	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,548	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,543	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,537	2,750
35	0,682	1,306	1,690	2,030	2,438	2,516	2,724
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,501	2,704
45	0,680	1,301	1,679	2,014	2,412	2,488	2,690
50	0,679	1,299	1,676	2,009	2,403	2,479	2,678
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,465	2,660
70	0,678	1,294	1,667	1,994	2,381	2,454	2,648
80	0,678	1,292	1,664	1,990	2,374	2,447	2,639
90	0,677	1,291	1,662	1,987	2,368	2,441	2,632
100	0,677	1,290	1,660	1,984	2,364	2,436	2,626
110	0,677	1,289	1,659	1,982	2,361	2,433	2,621
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,430	2,617
130	0,676	1,288	1,657	1,978	2,355	2,427	2,614

Tabela 3.1 Distribuição t-“Student”

A tabela fornece valores tais que $p = P[T_n \geq t_c]$ onde n é o número de graus de liberdade.

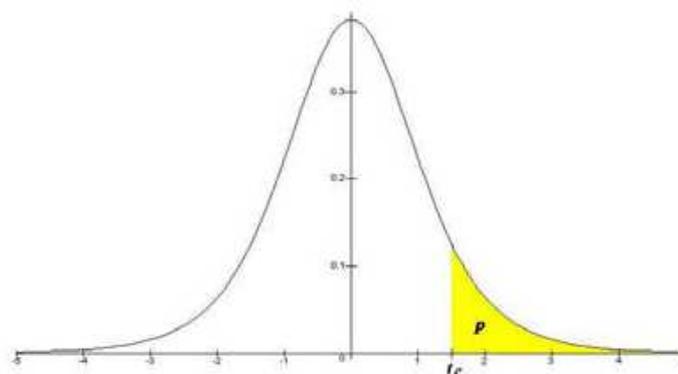


Figura 3.1 - Distribuição normal

3.2 - Diagrama de Ishikawa

Também denominado Diagrama de Causa/Efeito, o mesmo tem a função de caracterizar os fatores influentes em um processo, que alteram o resultado final deste processo, seja em processo de medição, estendendo-se até linhas de produção, o diagrama objetiva apresentar os fatores prioritários na geração de determinado problema.

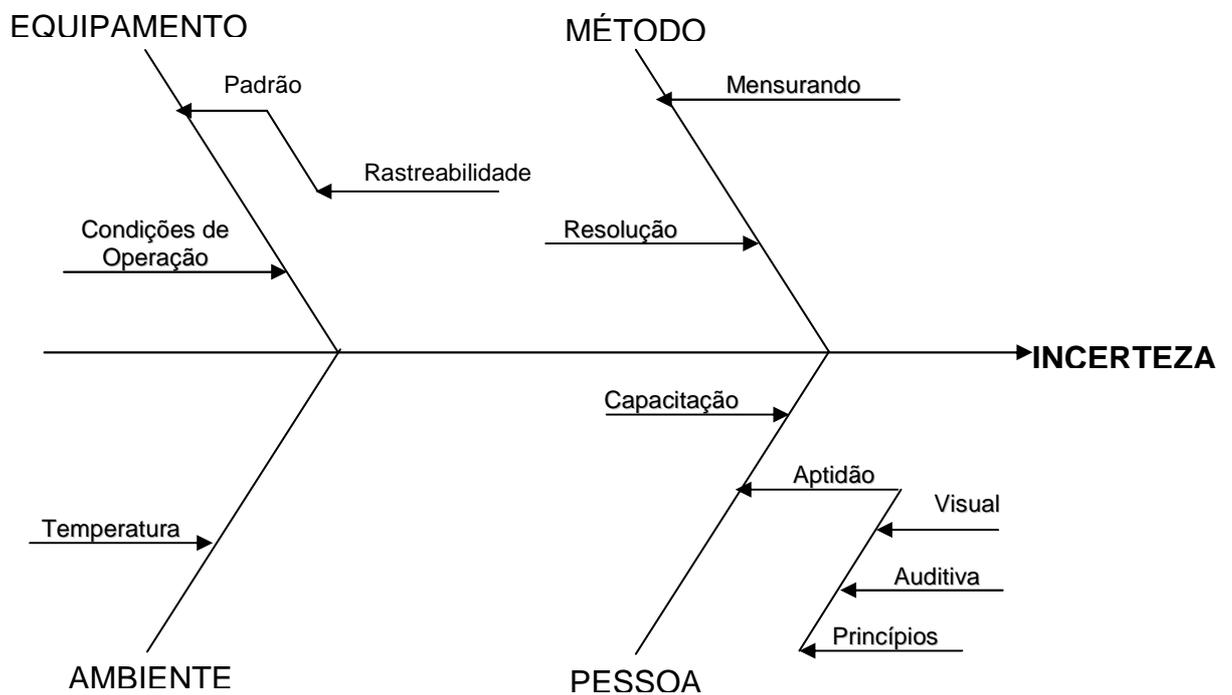


Figura 3.2 Diagrama de Ishikawa

Capítulo IV

METODOLOGIA

4 - Metodologia

4.1 – Câmara barométrica

A Câmara Barométrica é um sistema de medição com características metrológicas especiais, que permite a calibração de barômetros, comparando o mensurando a um Barômetro padrão. Nesta Câmara temos a possibilidade de medir pequenas variações de pressão com um elevado nível de exatidão, através do uso de uma bimba de vácuo.

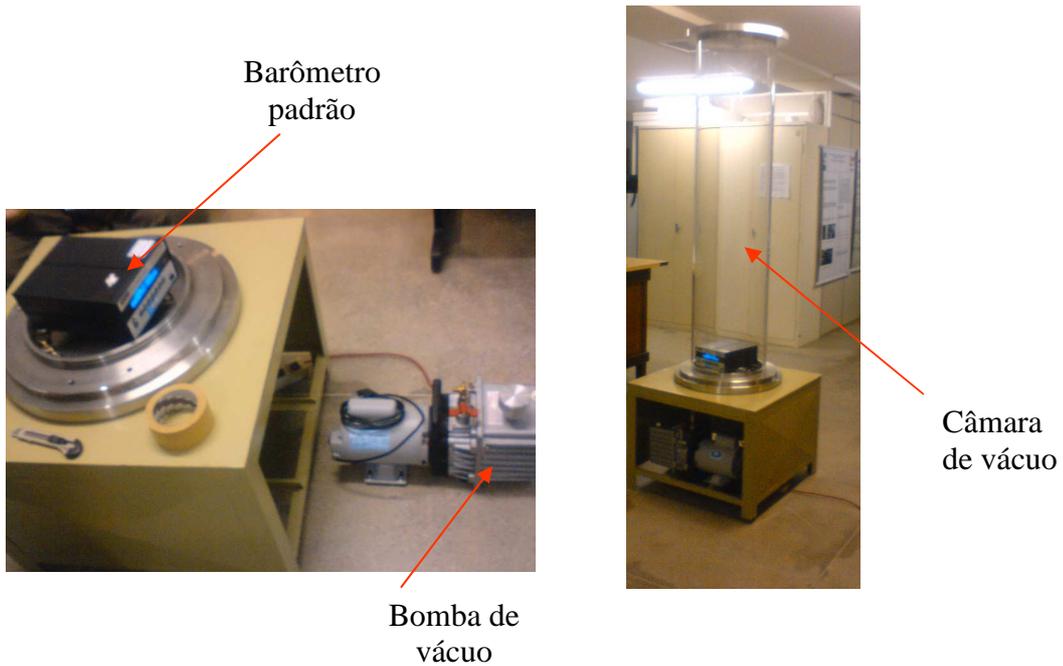


Figura 4.1 Câmara Barométrica

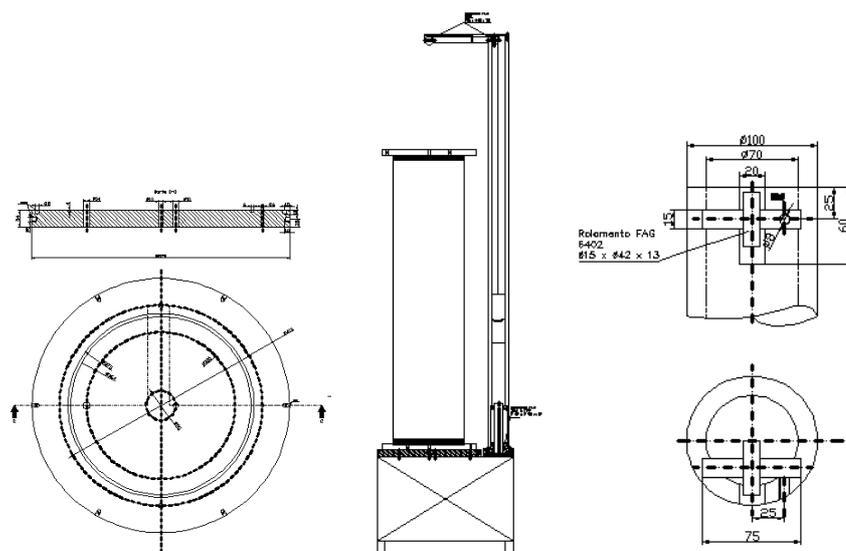


Figura 4.2 Desenhos da Câmara Barométrica

4.2 - Calibração de barômetro

A pressão medida por um instrumento depende de vários parâmetros.

Durante a calibração, o ambiente de calibração deve ser monitorado e controlado e o sistema deve ter características como temperatura, aceleração da gravidade e propriedades do material que compõe o sensor conhecidas.

A medição desses parâmetros impõe incertezas que devem ser conhecidas e ter um valor que influencie o mínimo possível no resultado da calibração de um instrumento.

A Equação abaixo expressa uma das formas para cálculo da pressão medida por um barômetro de mercúrio.

$$P_{abs} = g \cdot l_a \left[1 - \frac{\gamma t - \alpha (t - t_B)}{1 + \gamma t} \right]$$

onde:

P_{abs} = pressão medida pelo barômetro de mercúrio

g = aceleração da gravidade local

l_a = leitura correspondente à altura da coluna de mercúrio em uma escala graduada em mbar,

torr ou mmHg

γ = coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio

α = coeficiente de dilatação linear da escala

t = temperatura da escala e do mercúrio

t_B = temperatura de referência das divisões da escala

Como se pode ver, na equação deve-se conhecer a temperatura, aceleração da gravidade, coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio e linear da escala. Cada um desses parâmetros tem uma incerteza envolvida. A combinação dessas incertezas é chamada incerteza combinada.

Para barômetros analógicos e digitais as equações que definem a pressão são diferentes e dependem do sensor. A deformação do sensor gera um sinal que é enviado ao indicador, o dispositivo que mostra o valor da pressão para coleta de dados. Diferentemente do barômetro de mercúrio onde o próprio mercúrio tem função de sensor e sua dilatação indica a pressão em uma escala graduada.

A parte mais importante para o cálculo da incerteza é determinar o modelo matemático que mais apropriadamente descreve a calibração do mensurando.

Na calibração do barômetro são obtidos dados que permitem definir a indicação de pressão no mensurando.

O cálculo da pressão engloba os efeitos das grandezas de influência e de uma forma gera, para barômetros de mercúrio, analógico e digital, temos:

$$P_m = P + \Delta I_d + R_m + R_p + \Delta t_p + \Delta t_m + \Delta g + \Delta P_x$$

onde:

P_m : Pressão do mensurando

P : Pressão do padrão

ΔId : dispersão das indicações

R_m : Resolução do mensurando

R_p : Resolução do padrão

Δt_p : Afastamento de 20°C - padrão

Δt_m : Afastamento de 20°C – mensurando

Δg : Incerteza da aceleração da gravidade

ΔP_x : Paralaxe

Capítulo V

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 – Resultados e Discussão

5.1 - Principais fontes de incerteza

<i>Fontes de Incerteza para a calibração de barômetros de mercúrio</i>
Repetitividade das indicações do padrão
Desvio padrão das indicações do mensurando
Incerteza do padrão (certificado)
Gravidade local
Coeficiente de dilatação térmica.
Temperatura
Resolução do mensurando
Resolução do padrão

<i>Fontes de Incerteza para a calibração de barômetros analógico/digital</i>
Desvio padrão das indicações do mensurando
Incerteza do padrão (certificado)
Resolução do mensurando
Resolução do padrão

5.2 – Procedimento experimental

5.2.1 - Mensurando e suas características

Mensurando: Barômetro Aneróide

Faixa de indicação: 920-1080 mbar

Menor divisão: 1 mbar

Fabricante: OTA KEIKI SEISAKUSHO

Número de Identificação: 8006044

5.2.2 - Padrão e suas características

Padrão: Barômetro Digital

Fabricante: Mensor

Faixa de Indicação: 10,8-16,7 Psi

Valor de uma divisão: 0,0001 Psi

Incerteza: 0,025%

Número de Identificação: 09749

5.2.3 - Grandezas de Influência

- Repetitividade das indicações do padrão;
- Desvio padrão das indicações do mensurando;
- Incerteza do padrão;
- Resolução do padrão;
- Resolução do mensurando.

5.2.4 - Procedimento da medição

O procedimento utilizado para a calibração do barômetro foi pela comparação direta utilizando o barômetro padrão mensor, model 2103, sendo feitas seis medidas em pontos diferentes da escala ascendente e descendente.

Rearranjando o modelo matemático para este caso temos:

$$P_m = P + \Delta Id + R_m + R_p + \Delta P_x$$

Na tabela abaixo são mostradas as leituras encontradas:

Indicação mensurando	Indicação no padrão (lbf/pol ²)					
	Crescente			Decrescente		
mbar	1ª série	2ª série	3ª série	1ª série	2ª série	3ª série
950	13,8321	13,8245	13,8272	13,8249	13,8323	13,8397
970	14,1682	14,1718	14,1692	14,1707	14,1652	14,1646
990	14,3495	14,3587	14,3651	14,3429	14,3581	14,3529
1000	14,5807	14,5644	14,5615	14,5713	14,5621	14,5617
1010	14,6811	14,6969	14,6936	14,6828	14,6915	14,6923
1030	14,9254	14,9429	14,9313	14,9389	14,9352	14,9408
1050	15,2881	15,2796	15,2721	15,2877	15,2801	15,2698

Tabela 5.1 Dados coletados em calibração

Valor verdadeiro convencional			
Crescente		Decrescente	
mbar	lbf/pol ²	mbar	lbf/pol ²
953,0665	13,8231	953,3665	13,8274
976,5523	14,1637	976,3519	14,1608
989,4724	14,3511	989,0281	14,3446
1003,9776	14,5615	1003,7142	14,5576
1012,3371	14,6827	1012,2230	14,6811
1029,0117	14,9246	1029,3621	14,9296
1052,8365	15,2701	1052,7861	15,2694

Tabela 5.2 Valor verdadeiro convencional

5.2.5 – Cálculo da incerteza

Incerteza padronizada do padrão

$$u_p = \frac{\text{inc. padrão}}{2}$$

Incerteza do tipo A

Mensurando

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Média

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Desvio padrão

$$u_A = \frac{S(x_i)}{\sqrt{n}}$$

Incerteza padronizada

Incertezas do tipo B

Resolução do Padrão

$$Rp = \frac{\text{valor de uma divisão}}{\sqrt{3}}$$

Resolução do Mensurando

$$Rm = \frac{\text{valor de uma divisão}}{\sqrt{3}}$$

Paralaxe

$$Px = \frac{Rm}{\sqrt{3}}$$

A tabela a seguir mostra a planilha de calibração para o ponto 950 mbar, contendo as incertezas padronizadas, a incerteza combinada, o grau de liberdade efetivo, o fator de abrangência (retirado da tabela de student) e a incerteza expandida.

Grandezas	Estimativa	Distribuição Probabilidade	Incerteza padronizada		Coefficiente de sensibilidade	Incerteza mbar	Grau de liberdade
Padrão	13,83	N	0,0250	%	9,5369	0,24	infinito
Mensurando	950,00	N	0,0575	%	9,5000	0,55	2
Resolução do padrão	0	R	2,89E-05	lbf/pol2	68,9476	1,99E-03	infinito
Resolução do mensurando	0	T	0,1021	mbar	1,0000	0,10	infinito
Paralaxe	0	R	0,0510	mbar	1,0000	0,05	infinito
k = 2,1						1,022	25
Incerteza Resultados :						2,2 mbar	

Tabela 5.3 Planilha de cálculos

Podem-se observar na planilha as grandezas de influência e as incertezas envolvidas na calibração. A incerteza expandida relatada de 2,2 mbar, para o ponto, é baseada em uma incerteza padronizada combinada igual a 1,022 mbar multiplicada por um fator de abrangência $k = 2,1$, fornecendo um nível de confiança de 95%.

Na tabela abaixo se encontram resumidamente todos os pontos calibrados juntamente com a média das indicações do padrão, as incertezas expandidas e seus respectivos fatores de abrangência.

Indicação no mensurando	V.V.C				Incerteza (\pm)	k
	Crescente		Decrescente			
	mbar	lbf/pol2	mbar	lbf/pol2		
950	953,1	13,8231	953,4	13,8274	2,2	2,1
970	976,6	14,1637	976,4	14,1608	1,8	2,0
990	989,5	14,3511	989,0	14,3446	2,8	2,4
1.000	1.004,0	14,5615	1.003,7	14,5576	2,5	2,3
1.010	1.012,3	14,6827	1.012,2	14,6811	2,2	2,1
1.030	1.029,0	14,9246	1.029,4	14,9296	2,4	2,2
1.050	1.052,8	15,2701	1.052,8	15,2694	2,5	2,2

Tabela 5.4 Planilha de resultados

A estimativa das incertezas geradas da calibração segue as recomendações do ISO GUM 95 (*International Organization for Standardization, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Geneva, 1993, revised and reprinted in 1995*).

Capítulo VI

CONCLUSÕES

6 – Conclusões

A incerteza de medição é a faixa de valores que exprime a parcela de dúvida presente no resultado de uma medição.

O trabalho de pesquisa proporcionou a aluna um período de grande aprendizado teórico e prático na calibração de instrumentos, o que envolve metrologia, cálculos de incerteza e instrumentação.

O estudo das fontes de incerteza na calibração de instrumentos confirma a precaução que deve ser tomada com instrumentos nas indústrias e em laboratórios, pois a incerteza que geralmente é declarada nos certificados como um número é composta de várias contribuições de incertezas e mostra ao aluno em sua essência o que é e o porquê da necessidade da realização da calibração de instrumentos.

A calibração de um determinado instrumento requer medidas de controle que visam padronizar o ambiente e o procedimento de calibração, porém até o mais alto controle de um sistema possui incertezas envolvidas e estas incertezas devem ser estimadas.

O estudo realizado baseado nas fontes de incerteza na calibração de instrumentos medidores de baixa pressão apresentou-se bastante produtivo, onde foi possível estimar fontes de incerteza e o efeito das grandezas de influencia no resultado de uma calibração.

A determinação do modelo matemático de modo que descreva aproximadamente o processo de calibração, incluindo incertezas que influenciam no resultado de forma significativa e descartando as que são desprezíveis, proporciona resultados confiáveis e mais simples de avaliar.

A avaliação das fontes de incerteza é um dos meios de assegurar a confiabilidade nos resultados das medições de instrumentos medidores de toda grandeza sendo de fundamental importância para diversas áreas em que atua o ser humano.

Capítulo VII

BIBLIOGRAFIA

7 - Bibliografia

- ❖ Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais da Metrologia – VIM, portaria INMETRO 029 de 1995.
- ❖ W. LINK, METROLOGIA MECÂNICA – Expressão da incerteza dos resultados. 1998. IPT / MITUTOYO / INMETRO / SBM.
- ❖ APRESENTAÇÃO DAS PLANILHAS DE INCERTEZA DE TODOS OS SERVIÇOS DE CALIBRAÇÃO REALIZADOS PELO LABORATÓRIO DE PRESSÃO DO INMETRO - Paulo R. G. Couto¹, Túlio P. Franklin², Jackson da S. Oliveira², Leonardo R. Cinelli².
- ❖ Wilson, J. S., “Pressure Measurement Principles and Practice,” Sensors Magazine, Vol. 20, No. 1, Janeiro de 2003.
- ❖ W. Bessa Notas de aula da disciplina Sistema de medidas. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia de Mecânica.
- ❖ International Organization for Standardization, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Geneva, 1993, revised and reprinted in 1995.

Anexo I

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
SUPERVISIONADO**

RELATÓRIO FINAL DE ESTÁGIO LABORATÓRIO DE METROLOGIA-UFRN

TÍTULO:

Metrologia: Padronização e Identificação dos Padrões das Grandezas Massa e Força do LabMetrol

ESTAGIÁRIO:

Josiane Maria de Macedo Fernandes

ORIENTADORES:

*Luis Guilherme de Meira de Souza
Francisco de Assis de Oliveira Fontes
José Ubiragi de Lima Mendes*

PERÍODO:

Setembro 2009 a Dezembro/2009

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Metrologia da pela oportunidade do estágio.

Ao Professor Luis Pedro de Araújo pela vaga de estágio concedida.

A todos os funcionários do LabMetrol que me orientaram durante o estágio.

Ao PRH 14 e a ANP pelo apoio dado durante a realização deste estágio.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

1.Introdução

Este relatório tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado da aluna: Josiane Maria de Macedo Fernandes, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (número de matrícula: 200506717), realizado no LabMetrol – Laboratório de Metrologia da UFRN, na área Engenharia.

O estágio teve início no dia 14 de Setembro de 2009 com término no dia 14 de Dezembro de 2009, totalizando uma carga horária de 260 horas.

A disciplina estágio supervisionado tem como objetivos possibilitar ao aluno aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos na Universidade capacitando-o melhor para o mercado de trabalho.

Para o estágio em questão, foi definido um conjunto de atividades entre estagiária e supervisor de estágio, tais como catalogar padrões das grandezas massa e força, incluindo suas identificações, faixa de indicação, incertezas, classe, número do certificado e data da última calibração. Bem como, a elaboração de planilha para controle de calibração dos padrões de força e massa, organização de certificados, normas e manuais de instrumentos utilizados pelo laboratório nas grandezas mencionadas, elaborar procedimentos de calibração, planilha para controle das cópias controladas além de calibração de instrumentos nas grandezas comprimento, massa, força, pressão e temperatura.

2.Descrição da Empresa

O laboratório de metrologia do Departamento de Engenharia Mecânica - Núcleo de Tecnologia Industrial do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, LabMetrol, foi instalado em 1980 com o objetivo de apoiar as atividades de ensino dos cursos do CT, promover cursos, treinamentos e estágios para alunos da UFRN e para empresas e prestar serviços de manutenção e calibração de instrumentos nas grandezas comprimento, massa, força, pressão e temperatura.

O LabMetrol tem a missão de contribuir no conhecimento e difusão da metrologia através do ensino, da pesquisa e da extensão, tendo em vista a formação de indivíduo e o desenvolvimento local, nacional e regional.

O LabMetrol dispõe de padrões que são únicos no nosso estado e de fundamental importância para calibração de vários instrumentos utilizados na indústria. O LabMetrol dispõe atualmente de uma área física de aproximadamente 200 m², disposta em 6 ambientes devidamente preparados para atender às necessidades do laboratório. Neste espaço físico estão dispostos sala de professores, recepção, laboratório de computadores, sala de aula, área de limpeza e manutenção de instrumentos que aguardam serviço, área de calibração de instrumentos para as grandezas comprimento, pressão, força, massa e temperatura.

O LabMetrol tem oferecido regularmente serviço de calibração para a Petrobras, empresas prestadoras de serviço da indústria do petróleo gás e energia, instituições, empresas da indústria da construção civil, alimentícias, concessionárias, prestadoras de serviços em geral, dentre outras. .

3.Descrição das Atividades Desenvolvidas no Estágio

Foi realizada uma atualização da catalogação, organização e identificação dos padrões das grandezas massa e força. A estagiária catalogou as massas padrão de trabalho pertencente ao laboratório, que são utilizadas na calibração de massas e balanças das empresas usuárias dos serviços do laboratório, bem como as massas padrão de referência que são utilizadas na calibração das massas padrão de trabalho. As informações dos padrões foram organizadas em uma planilha na qual está especificado a faixa de indicação, incerteza, classe, n° do certificado e data da ultima calibração.

PADRÕES DE MASSA LABMETROL							
CLASSIFICAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	MASSA	V.V.C.	INCERTEZA	CLASSE	CERTIFICADO	DATA
Coleção III	PTM.01.02	1-2000 g	Anexo I	Anexo I	M1	011-2009 LabMetrol	2/3/2009
Coleção VI	PTM.02.02	1-1000 g	Anexo II	Anexo II	M1	013-2009 LabMetrol	17/1/2009
Coleção IV	PRM.01.02	1-500 mg	Anexo IV	Anexo IV	E2	M-23435/07	6/12/2007
Coleção VII (discos)	PTM.03.02	100 e 300g	-	± 0,004g	-	010-2009 LabMetrol	2/4/2009
Coleção VIII (discos)	PTM.04.02	1kg	-	± 0,2g	-	415-2009 LabMetrol	16/9/2009
Coleção IX (discos)	PTM.05.02	3 e 7,5kg	-	± 0,2g	-	417-2009 LabMetrol	16/9/2009
Coleção X (discos)	PTM.06.02	5kg	-	± 0,2g	-	519-2009 LabMetrol	17/8/2009
Coleção IV	PTM.07.02	5kg	5000,075g	± 0,008g	M1	014-2009 LabMetrol	3/3/2009
Coleção IV	PTM.08.02	10kg	10000,186g	± 0,008g	M1	015-2009 LabMetrol	3/3/2009
Coleção I	PTM.09.02	1-2000 g	Anexo III	Anexo III	F1	M-23444/07	6/12/2007
Coleção II	PTM.10.02	5kg	5000,0012g	± 7,5mg	F1	M-23448/07	6/12/2007
Coleção II	PTM.11.02	10kg	10000,007g	± 15mg	F1	M-23449/07	6/12/2007
Coleção V	PTM.12.02	5 e 10kg	Anexo V	Anexo V	F2	020-2009 LabMetrol	27/7/2009
Peso Avulso 05	PRM.02.02	1g	1,000016g	± 0,010mg	E2	M-23436/07	6/12/2007
Peso Avulso 06	PRM.03.02	2g	2,000015g	± 0,012mg	E2	M-23437/07	6/12/2007
Peso Avulso 07	PRM.04.02	5g	4,999992g	± 0,015mg	E2	M-23438/07	6/12/2007
Peso Avulso 08	PRM.05.02	10g	10,000026g	± 0,020mg	E2	M-23439/07	6/12/2007
Peso Avulso 09	PRM.06.02	20g	20,000024g	± 0,025mg	E2	M-23440/07	6/12/2007
Peso Avulso 10	PRM.07.02	50g	50,00017g	± 0,03mg	E2	M-23441/07	6/12/2007
Peso Avulso 11	PRM.08.02	100g	100,00007g	± 0,05mg	E2	M-23442/07	6/12/2007
Peso Avulso 12	PRM.09.02	200g	200,00011g	± 0,10mg	E2	M-23443/07	6/12/2007
Peso Avulso 13	PRM.10.02	500g	500,0005g	± 0,2mg	E2	M-23445/07	6/12/2007
Peso Avulso 14	PRM.11.02	1kg	1000,0009g	± 0,5mg	E2	M-23446/07	6/12/2007
Peso Avulso 15	PRM.12.02	2kg	2000,0020g	± 1,0mg	E2	M-23447/07	6/12/2007
Peso Avulso 16	PRM.13.02	5kg	5000,0026g	± 2,5mg	E2	M-23450/07	6/12/2007
Peso Avulso 17	PRM.14.02	10kg	10000,010g	± 5mg	E2	M-23451/07	6/12/2007

Tabela 1 – Planilha de massas

IDENTIFICAÇÃO	FAIXA	INCERTEZA	CERTIFICADO	DATA
PRF.01.03	1MN	0,43kN	98451-101 IPT	12/11/2009
PRF.02.03	500kN	0,20kN	98450-101 IPT	13/11/2009
PRF.03.03	200kN	0,41N	98486-101 IPT	12/11/2009
PRF.04.03	100kN	0,062kN	98485-101 IPT	13/11/2009
PRF.05.03	50kN	0,017kN	98484-101 IPT	13/11/2009
PRF.06.03	20kN	0,0063kN	98383-101 IPT	12/11/2009
PRF.08.03	1kN	1,41N	98404-101 IPT	12/11/2009
PTF.01.03	500kN	0,05kN	210-2009 LabMetrol	22/4/2009
PTF.02.03	1000kN	2,3kN	209-2009 LabMetrol	22/4/2009
PTF.03.03	5Tf	0,084kN	98455-101 IPT	12/11/2009

Tabela 2 – Planilha de células de carga

Foi atualizado o arquivo, organizando os certificados por grandeza e ano, normas e manuais dos padrões. Foi elaborada uma planilha para facilitar o controle das calibrações dos padrões do laboratório, uma para possibilitar a organização das cópias controladas de

certificados dos padrões, para cada grandeza facilitando e agilizando a documentação que comprova rastreabilidade dos instrumentos dos clientes.

PADRÕES PARA CALIBRAÇÃO GRANDEZA MASSA									
IDENTIFICAÇÃO	CERTIFICADO	DATA	ASS.TEC	Nº CERT.	DATA	ASS.TEC	Nº CERT.	DATA	ASS.TEC
PTM.01.02	011-2009 LabMetrol	2/3/2009							
PTM.02.02	013-2009 LabMetrol	17/1/2009							
PRM.01.02	M-23435/07	6/12/2007	-						
PTM.03.02	010-2009 LabMetrol	2/4/2009							
PTM.04.02	415-2009 LabMetrol	16/9/2009							
PTM.05.02	417-2009 LabMetrol	16/9/2009							
PTM.06.02	519-2009 LabMetrol	17/8/2009							
PTM.07.02	014-2009 LabMetrol	3/3/2009							
PTM.08.02	015-2009 LabMetrol	3/3/2009							
PTM.09.02	M-23444/07	6/12/2007	-						
PTM.10.02	M-23448/07	6/12/2007	-						
PTM.11.02	M-23449/07	6/12/2007	-						
PTM.12.02	020-2009 LabMetrol	27/7/2009							
PRM.02.02	M-23436/07	6/12/2007	-						
PRM.03.02	M-23437/07	6/12/2007	-						
PRM.04.02	M-23438/07	6/12/2007	-						
PRM.05.02	M-23439/07	6/12/2007	-						
PRM.06.02	M-23440/07	6/12/2007	-						
PRM.07.02	M-23441/07	6/12/2007	-						
PRM.08.02	M-23442/07	6/12/2007	-						
PRM.09.02	M-23443/07	6/12/2007	-						
PRM.10.02	M-23445/07	6/12/2007	-						
PRM.11.02	M-23446/07	6/12/2007	-						
PRM.12.02	M-23447/07	6/12/2007	-						
PRM.13.02	M-23450/07	6/12/2007	-						
PRM.14.02	M-23451/07	6/12/2007	-						

Tabela 3 – Planilha de controle de calibração de massas

PADRÕES PARA CALIBRAÇÃO GRANDEZA FORÇA									
IDENTIFICAÇÃO	CERTIFICADO	DATA	ASS.TEC	Nº CERT.	DATA	ASS.TEC	Nº CERT.	DATA	ASS.TEC
PRF.01.03	98451-101 IPT	12/11/2009	-						
PRF.02.03	98450-101 IPT	13/11/2009	-						
PRF.03.03	98486-101 IPT	12/11/2009	-						
PRF.04.03	98485-101 IPT	13/11/2009	-						
PRF.05.03	98484-101 IPT	13/11/2009	-						
PRF.06.03	98383-101 IPT	12/11/2009	-						
PRF.07.03									
PRF.08.03	98404-101 IPT	12/11/2009	-						
PTF.01.03									
PTF.02.03									
PTF.03.03	98455-101 IPT	12/11/2009	-						

Tabela 4 – Planilha de controle de calibração de células de carga

Acompanhamento e execução de atividades realizadas pelo laboratório. A estagiária teve oportunidade de conhecer na prática os métodos utilizados na calibração de diversos instrumentos nas grandezas comprimento, massa, força, pressão e temperatura, instrumentos como micrômetro, paquímetro, nível óptico e laser, massa, balança, prensa hidráulica, manômetro, termômetro etc.



Figura 1 – Calibração de Balança



Figura 2 – Calibração de Manômetro

Elaboração de procedimento de calibração com balança comparadora. Para a elaboração do procedimento de calibração a estagiária foi treinada para operar o equipamento.

COMPARADORA DE MASSAS – CC -10000

CARGA MÁXIMA: 10060g.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DE PESOS.

1- AJUSTE INTERNO:

PASSOS:

1. LIGAR BALANÇA E DEIXAR O SISTEMA AQUECER POR NO MINIMO 2h;
2. COM O PRATO SUSPENSO (DISPLAY: up), COLOCA-SE O PESO PADRÃO DE 10kg, FECHAR CAPELA;
3. PRESSIONAR F2 PARA BAIXAR O SISTEMA (DISPLAY: dn);
4. APÓS A LEITURA, PRESSIONA-SE A TARA POR 3 SEGUNDOS;
5. NA TELA APARECE CAL;
6. PRESSIONAR F1;
7. NA TELA APARECE O PEDIDO DO PESO DE 50g;
8. COLACAR PESO PADRÃO DE 50g SOBRE A DE 10kg;
9. FECHAR CAPELA E AGUARDAR O AJUSTE;
10. APÓS O SINAL QUE INDICA QUE O AJUSTE FOI CONCLUÍDO, NO DISPLAY APARECE O VALOR DE 50g;
11. RETIRAR MASSA DE 50g E FECHAR NOVAMENTE A CAPELA;
12. APERTAR TECLA F2, PARA ELEVAR O SISTEMA (DISPLAY: up), RETIRAR A MASSA DE 10kg E FECHAR A CAPELA.

2- PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DE PESOS:

PASSOS:

1. COM O DISPLAY: up, COLOCAR O PESO PADRÃO, FECHAR A CAPELA;
2. PRESSIONAR A TECLA F2 PARA BAIXAR O SISTEMA (DISPLAY; dn), AGUARDAR PESAGEM;
3. PRECIONAR TARA;
4. PRESSIONAR TECLA F2 PARA LEVANTAR O SISTEMA (DISPLAY: up);
5. ABRIR CAPELA E RETIRAR PESO;
6. COLOCAR SOBRE O PRATO O MENSURANDO;
7. FECHAR CAPELA E PRECIONAR F2 PARA BAIXAR O SISTEMA (DISPLAY: dn), AGUARDAR PESAGEM;
8. COLETAR VALOR;
9. PRECIONAR TECLA F2 PARA LEVANTAR SISTEMA (DISPLAY: up);
10. RETIRAR PESO;
11. REPETIR 6, 7, 8, 9 E 10;
12. REPETIR 1 E 2;
13. COLETAR VALOR;
14. PRECIONAR TECLA F2 PARA LEVANTAR SISTEMA (DISPLAY: up);
15. RETIRAR PESO PADRÃO, FECHAR CAPELA.

Figura 2 – Procedimento de calibração

4.Dificuldades Encontradas

A principal dificuldade encontrada pela estagiária para cumprir as atividades previstas no plano de estágio foi na conciliação do estágio e as demais atividades acadêmicas uma vez que estas demandam bastante tempo, muitas vezes a aluna viu-se sobrecarregada para cumprir prazos de entrega de projetos, relatórios e trabalhos acadêmicos.

Contudo, foi possível conciliar as atividades acadêmicas do semestre letivo com o estágio, permitindo o cumprimento de todos os compromissos acadêmicos, bem como a efetivação das atividades definidas no plano de estágio. Visto o horário flexível permitido pelo laboratório que possibilitou o cumprimento das 270 horas previstas para o estágio, não acarretando prejuízo.

5.Áreas de Identificação com o Curso

No estágio a aluna teve oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos através de diversas disciplinas ao longo do Curso de Engenharia Mecânica, tais como Construção de Máquinas, Sistema de Medidas, Metrologia, Estática, Gestão da Qualidade Total, Termodinâmica, Eletrônica, Instrumentação e Estatística, que estão diretamente ligadas às atividades desenvolvidas pelo LabMetrol e, portanto, foram abordadas com maior ênfase no estágio.

6. Conclusão

O estágio curricular para conclusão do Curso de Engenharia Mecânica realizado no Laboratório de Metrologia foi muito satisfatório, atuando como uma importante complementação acadêmica permitindo a aplicação de conhecimentos adquiridos no decorrer do Curso, além de complementá-los através do desenvolvimento de atividades práticas relacionadas à sua área de formação.

O estágio tornou possível ao aluno a consolidação de conhecimentos obtidos ao longo do curso a partir de uma abordagem prática. As áreas de Metrologia, Estatística, Sistemas de Medidas e Instrumentação foram vastamente exploradas durante o estágio, pois fazem parte do dia a dia do laboratório. Dentro deste contexto, o estágio forneceu ao aluno conhecimentos práticos dos procedimentos de calibração e manutenção de instrumentos.

O estágio curricular proporciona ao aluno o desenvolvimento de atividades práticas relacionadas ao curso preparando-o para o cotidiano das áreas de atuação, além de outras experiências como relacionamentos interpessoais, que é muito importante para o desenvolvimento de um trabalho na empresa. Dessa forma pode-se afirmar que o estágio curricular é de fundamental importância para a formação do profissional seja qual for sua formação, que expõe o aluno a situações em que ele poderá se enquadrar no futuro, que uma vez vivenciada terá conhecimento para agir com maior segurança.

7.Referências Bibliográficas

- ❖ Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais da Metrologia – VIM, portaria INMETRO 029 de 1925.
- ❖ W. LINK, METROLOGIA MECÂNICA – Expressão da incerteza dos resultados. 1998. IPT / MITUTOYO / INMETRO / SBM.
- ❖ FERDUNAND P. BEER, E. RUSSELL JOHNSTON, JR – Mecânica Vetorial para Engenheiros. 5º Edição Revisada.