

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

FÁBIO AUGUSTO TARDIN

**IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO DE PRESTAÇÃO DE
SERVIÇOS NA ÁREA DE METROLOGIA EM LONDRINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2014

FÁBIO AUGUSTO TARDIN

**IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO DE PRESTAÇÃO DE
SERVIÇOS NA ÁREA DE METROLOGIA EM LONDRINA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Coordenação da Mecânica – COMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Carlos De Nardi

CORNÉLIO PROCÓPIO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Cornélio Procópio

Diretoria De Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial
Tecnologia em Manutenção Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NA ÁREA DE METROLOGIA EM LONDRINA

por

FÁBIO AUGUSTO TARDIN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em oito de agosto de dois mil e quatorze como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Carlos De Nardi

Orientador

Prof. Jackson Medeiros da Luz

Membro titular

Prof. Tiago da Silva

Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Dedico este trabalho a minha família, os meus maiores incentivadores, que acreditaram que esse sonho seria possível.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que é o pai criador e provedor do mundo.

À minha esposa, pelo companheirismo, pela paciência e pelo auxílio.

Aos meus pais, por fazer com que tudo isso fosse possível e também pelo incentivo e carinho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná;

Ao Professor Carlos De Nardi;

Aos professores, por fazerem parte de uma importante etapa na vida de todos.

A todos que, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“Nunca ande pelo caminho já traçado, pois ele
conduz somente até onde os outros já foram.”

Alexander Graham Bell

RESUMO

TARDIN, Fábio Augusto. **Implantação de laboratório de prestação de serviços na área de metrologia em Londrina**. 2014, 74f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Manutenção Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

O objetivo desse trabalho é apresentar a implantação de um Laboratório de Ensaio e de Calibração na região de Londrina. A NBR ISO 17025:2005 fornece os requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração e é utilizada pelo INMETRO como norma base para a acreditação laboratorial. Este trabalho demonstra um estudo técnico e de mercado para implantação e adequação do laboratório de metrologia abrangendo o escopo de atuação nas área dimensional, temperatura e massa, de forma a dar subsidio à implantação do mesmo na melhora de desempenho das atividades. A adequação das atividades de um laboratório de acordo com os critérios da ISO/IEC 17025 deve ser vista como um investimento de médio e longo prazo, com retorno comercial e financeiro garantido pela comprovação da competência técnica perante o mercado.

Palavras-chave: Planejamento de instalação. Metrologia. Instrumentos de medição.

ABSTRACT

TARDIN, Fábio Augusto. **Implementation of the provision of laboratory services in the area of metrology in Londrina**. 2014 74f. Work of Conclusion Course in Industrial Maintenance Technology. COMIN. Federal University of Technology - Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

The aim of this paper is to present the implementation of a laboratory for testing and calibration in the region of Londrina. ANBR ISO 17025: 2005 provides the general requirements for the competence of testing and calibration laboratories and is used as a base by INMETRO standard for laboratory accreditation. This work demonstrates a technical and market study for the implementation and adequacy of the metrology laboratory covering the scope of work in the areas dimensional, temperature and mass, to give subsidy to implement the same in performance improvement activities. The adequacy of laboratory activities in accordance with the criteria of ISO / IEC 17025 should be seen as an investment medium and long term, commercial and financial return guaranteed by the demonstrated competence to the market.

Keywords: Installation planning. Metrology. Measuring instruments.

LISTA DE ABREVIATURAS – SIGLAS – ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards
BIPM	Bureau de Pesos e Medidas
CERTI	Centro de Referências em Tecnologias Inovadoras
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
EPIT	Escala Prática Internacional de Temperatura
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas - INPM
ISSO	International Standards Organization
OIML	Organization International de Metrologie Legal
RBLE	Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios
RTD	Detector de temperatura e resistência
SBC	Sistema Brasileiro de Certificação
SGQ	Sistema de Garantia de Qualidade
SINDIMETAL	Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
SM	Sistema de medição
SMC	sistema de medição a calibrar
SMP	sistema de medição padrão
SNM	Sistema nacional de medição
SSM	Metodologia de Sistemas <i>Soft</i>
TIB	programa de tecnologia industrial
TQC	<i>Total Quality Control</i> (Controle Total da Qualidade)
VC	Valor Convencional
VIM	Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais para Metrologia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 MOTIVAÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 METODOLOGIA	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 HISTÓRIA DA METROLOGIA	13
2.2 A METROLOGIA NO BRASIL	15
2.3 FUNDAMENTOS DA METROLOGIA	16
2.4 A NORMA NBR ISO/IEC 17025:2005	20
2.6 ACREDITAÇÃO DE LABORATÓRIOS	26
2.7 DIFICULDADES E FACILIDADES NA IMPLANTAÇÃO DA NORMA NBR/ISO/IEC 17025:2005	27
3 CALIBRAÇÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO	30
3.1 CALIBRAÇÃO	30
3.2 AJUSTE	32
3.3 REGULAGEM	33
3.4 VERIFICAÇÃO	33
3.5 MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO	35
3.5.1 Calibração Direta	35
3.5.2 Calibração Indireta	35
3.6 PADRÕES PARA CALIBRAÇÃO	36
3.6.2 Padrão Primário ou De Referência	38
3.6.3 Padrão Secundário ou de Transferência	39
3.7 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES	40
3.7.1 Organizações de Normas	41
3.8 ESCOPO DE CALIBRAÇÃO	42
3.8.1 Calibração de Comprimento	42
3.8.1.1 Padrões e calibração para comprimento	42
3.8.2 Calibração de Massa	43
3.8.2.1 Padrões e calibração para massa	44
3.8.3 Calibração de Temperatura	45
3.8.3.1 Padrões e Calibração para temperatura	46
3.8.3.2 Escala internacional de temperatura	47
3.8.3.3 Medição da Temperatura	49
4 ANÁLISE DE MERCADO E COMPETITIVIDADE	5
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A região norte do Paraná vem passando por expressivo crescimento industrial nos últimos anos o que vem gerando uma crescente demanda por serviços laboratoriais em calibração de equipamentos elétricos. Essa demanda foi identificada justamente pela expressiva solicitação dos clientes do Laboratório de Metrologia de Londrina e região desse tipo de serviço e o grau de dificuldade que possuem ao contratá-lo.

A maioria das empresas utiliza tanto laboratórios próprios e como contratam serviços de terceiros, embora um percentual significativo (32%) informe que só utilizam laboratórios de terceiros, demonstrando, dessa forma a importância de existirem laboratórios bem estruturados e capacitados para atender a essas necessidades.

Como na cidade de Londrina não há laboratórios que prestem estes serviços, as empresas têm buscado laboratórios de outras regiões o que causa demora, aumento de custos por transporte e distanciamento da possibilidade de inovação tecnológica fomentada por estes laboratórios.

Há também na região, crescente carência de profissionais contextualizados com o atual estado da arte referente à metrologia industrial, e a presença do laboratório potencializará esta contextualização e estará integrado às demandas da indústria na área de metrologia, podendo assim multiplicar isso para os alunos.

Dados obtidos de somente de um sindicato empresarial, indicam cerca de 40% dos associados (aproximadamente 360 empresas) necessitam de algum tipo de calibração elétrica. Essa demanda hoje não é atendida na localidade, obrigando o empresário a enviar estes instrumentos, a custos de uma redução de sua produtividade, a laboratórios distantes 380 km (Curitiba).

Para os próximos dois anos, das empresas que contratam serviços de ensaios e calibração, 48% pretendem manter os valores gastos com estes serviços, enquanto que 41% delas pretendem aumentá-los. A maior parte das que pretendem aumentar seus gastos deve limitar o crescimento a 20%.

Outra perspectiva interessante que justifica esse investimento está no fato que para se adequarem a normas regulamentadoras (como exemplos as NR 10 e NR 33) e a normas brasileiras de fabricação de produtos e serviços (Ex.: NBR 5410), as empresas necessitam comprovação de confiabilidade nos seus sistemas de proteção, medição e monitoramento elétrico.

Para os próximos dois anos, das empresas que contratam serviços de ensaios e calibração, 48% pretendem manter os valores gastos com estes serviços, enquanto que 41% delas pretendem aumentá-los.

A maior parte das que pretendem aumentar seus gastos deve limitar o crescimento a 20%. Apenas 6% estão dispostas a reduzir seus gastos com serviços de ensaios e calibração. Este resultado indica que os laboratórios de calibração devem estar preparados para o aumento da demanda, ao mesmo tempo em que demonstra que há por parte das empresas um reconhecimento da importância desses serviços.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar estudo de implantação de Laboratório de Calibração de instrumentos de medição na cidade de Londrina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar demanda por serviços de ensaios e calibração em instrumentos de medição.
- Estabelecer instrumentos necessários para montagem do laboratório.

3 METODOLOGIA

Esse trabalho seguirá as seguintes etapas para seu desenvolvimento:

- Identificar o potencial de mercado;
- Estudar base científica (literatura, catálogos, manuais, etc.);
- Estabelecer o escopo de atendimento do laboratório;
- Avaliar viabilidade da aquisição dos equipamentos e padrões de trabalho;
- Redigir e apresentar trabalho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 HISTÓRIA DA METROLOGIA

O sol foi por muito tempo usado pelo homem como um relógio simples, desde que não estivesse temporariamente encoberto por nuvens. A hora era estimada por meio do comprimento da sombra e a duração do tempo pelo aumento ou diminuição dessa sombra. Como anteparo para produzir sombra, o homem utilizava um objeto de comprimento estipulado, como por exemplo no Egito, uma vara de aproximadamente 50 cm. Durante milênios o relógio do sol, com inúmeras formas de execução, foi o medidor de tempo mais utilizado.

Para o período da noite, no Egito antigo, usava-se o relógio de entrada e saída de água. Do nível correspondente de água obtinha-se o tempo. O mais antigo relógio de água conhecido origina-se do tempo de Amenofis III, em 1400 a.C. Na Idade Média apareceu o sucessor do relógio de água, o relógio de areia, que era mais fácil de ser transportado.

Villard de Honnecourt fez, em 1250, a primeira experiência para construir um relógio com engrenagens. Surgiram inicialmente os relógios de peso e, a partir do século XIV em diante, os relógios de mola. Peter Henlein conseguiu reduzir, em 1510, o tamanho do relógio para o formato de bolso. Somente no início do século XIX a eletricidade foi usada como propulsora de relógios.

Nos túmulos do antigo Egito encontram-se balanças de braços iguais que visavam “pesar” os pecados e as boas ações. Também as balanças de um só braço, com peso deslizante, já eram conhecidas no Egito há cerca de 1 000 anos antes de Cristo, muito tempo antes que Arquimedes de Siracusa, no século III a.C., tornou conhecida a lei da alavanca.

Um discípulo de Galileu, Evangelista Torricelli, descobriu em 1643, que o ar exercia uma pressão sobre todos os objetos e construiu, baseado em

suas observações, o primeiro barômetro de mercúrio. O experimento de Torricelli consistia em preencher com mercúrio um tubo de vidro de 2 braccia ou cerca de 115 cm de altura, aberto em uma extremidade. O tubo era então virado de cabeça para baixo e a extremidade aberta era mantida fechada com o auxílio de um dedo. O tubo era então colocado na posição vertical dentro de um recipiente cheio de mercúrio.

Quando o dedo era removido da extremidade aberta do tubo, a coluna de mercúrio descia, sempre parando na altura de 1 1/4 braccia ou cerca de 72 cm. Esse fenômeno evidenciou que a pressão atmosférica oferecia resistência à descida da coluna de mercúrio contido no recipiente. Torricelli observou que a altura da coluna de mercúrio variava com variações na temperatura. Assumiu também que havia formação de vácuo no tubo depois da descida do mercúrio.

O médico italiano Santorre Santoria construiu, em 1611, um termoscópio semelhante ao que já era conhecido por Filon de Bizâncio, 200 anos antes de Cristo. Meio século mais tarde, este termoscópio foi aperfeiçoado pela "Accademia del Cimento", resultando em um termômetro.

Um dos primeiros inventores do termômetro foi Galileu, mais conhecido por seus estudos sobre o sistema solar e sua teoria revolucionária, na época, de que a Terra e os planetas giravam ao redor do Sol. Os termômetros usados atualmente são bem diferentes do que o que Galileu possa ter utilizado. Existe geralmente um bulbo na base do termômetro e um longo tubo de vidro sai na vertical. Os primeiros termômetros usavam água, mas por causa das características desse material não era possível medir temperaturas abaixo de seu ponto de congelamento. O álcool então passou a ser usado, com ponto de congelamento abaixo do ponto da água.

O termômetro mede temperaturas em graus Fahrenheit, Celsius ou em uma outra escala chamada Kelvin, essa mais usada por cientistas. A escala Fahrenheit é usada principalmente nos Estados Unidos. No restante do mundo é utilizada a escala Celsius. A escala Fahrenheit (°F) tem esse nome em

homenagem ao físico germânico Gabriel D. Fahrenheit (1686-1736), que desenvolveu sua escala no ano de 1724. A água congela a 32 °F e ferve a 212 °F. Ele, arbitrariamente, decidiu que a diferença entre o ponto de ebulição e de congelamento da água deveria ser de 180 °F.

A escala Celsius (°C) homenageia Anders Celsius (1701-1744). O grau Celsius às vezes é chamado erroneamente de grau centígrado. Anders Celsius desenvolveu sua escala em 1742 falecendo dois anos depois com 42 anos de idade, vítima de tuberculose. Ele começou com o ponto de congelamento da água e definiu que esse ponto seria equivalente a 0 °C. No ponto em que a água fervia ele marcou o equivalente a 100 °C. Essa escala é muito mais científica porque as medições são divididas em partes de 100 o que a torna similar ao sistema métrico.

A escala Kelvin (K) é uma homenagem ao Lord Kelvin, cujo nome inteiro era Sir William Thomson, Baron Kelvin of Largs, Lord Kelvin of Scotland. Lord Kelvin levou a idéia da temperatura um passo adiante com a invenção da escala Kelvin em 1848. A escala Kelvin mede a temperatura mais fria que pode existir. Ele afirmava que não há limite para quão quente a temperatura pode alcançar, mas que existia um limite para o quão fria ela pode chegar. Kelvin desenvolveu então a idéia do Zero Absoluto. Sua escala começa nesse zero, 0 K que equivale a $-273,15$ °C ou $-459,67$ °F.

As unidades de medição primitivas estavam baseadas em partes do corpo humano, que eram referências universais, pois ficava fácil chegar-se a uma medida que podia ser verificada por qualquer pessoa. Foi assim que surgiram medidas padrão como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça e o passo.

O Antigo Testamento da Bíblia é um dos registros mais antigos da história da humanidade. E lá, no Gênesis, lê-se que o Criador mandou Noé construir uma arca com dimensões muito específicas, medidas em côvados. O côvado era uma medida-padrão da região onde morava Noé, e é equivalente a três palmos, aproximadamente, 66cm.

Em geral, essas unidades eram baseadas nas medidas do corpo do rei, sendo que tais padrões deveriam ser respeitados por todas as pessoas que, naquele reino, fizessem as medições.

Há cerca de 4.000 anos, os egípcios usavam, como padrão de medida de comprimento, o cúbito: distância do cotovelo à ponta do dedo médio. Como as pessoas têm tamanhos diferentes, o cúbito variava de uma pessoa para outra, ocasionando as maiores confusões nos resultados nas medidas. Para serem úteis, era necessário que os padrões fossem iguais para todos. Diante desse problema, os egípcios resolveram criar um padrão único: em lugar do próprio corpo, eles passaram a usar, em suas medições, barras de pedra com o mesmo comprimento. Foi assim que surgiu o cúbito-padrão.

Com o tempo, as barras passaram a ser construídas de madeira, para facilitar o transporte. Como a madeira logo se gastava, foram gravados comprimentos equivalentes a um cúbito-padrão nas paredes dos principais templos. Desse modo, cada um podia conferir periodicamente sua barra ou mesmo fazer outras, quando necessário.

Nos séculos XV e XVI, os padrões mais usados na Inglaterra para medir comprimentos eram a polegada, o pé, a jarda e a milha.

Na França, no século XVII, ocorreu um avanço importante na questão de medidas. A Toesa, que era então utilizada como unidade de medida linear, foi padronizada em uma barra de ferro com dois pinos nas extremidades e, em seguida, chumbada na parede externa do Grand Chatelet, nas proximidades de Paris. Dessa forma, assim como o cúbito-padrão, cada interessado poderia conferir seus próprios instrumentos. Uma toesa é equivalente a seis pés, aproximadamente, 182,9cm.

Entretanto, esse padrão também foi se desgastando com o tempo e teve que ser refeito. Surgiu, então, um movimento no sentido de estabelecer uma unidade natural, isto é, que pudesse ser encontrada na natureza e, assim, ser facilmente copiada, constituindo um padrão de medida. Havia também

outra exigência para essa unidade: ela deveria ter seus submúltiplos estabelecidos segundo o sistema decimal.

O sistema decimal já havia sido inventado na Índia, quatro séculos antes de Cristo. Finalmente, um sistema com essas características foi apresentado por Talleyrand, na França, num projeto que se transformou em lei naquele país, sendo aprovada em 8 de maio de 1790.

Estabelecia-se, então, que a nova unidade deveria ser igual à décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre. Essa nova unidade passou a ser chamada metro (o termo grego metron significa medir).

Os astrônomos franceses Delambre e Mechain foram incumbidos de medir o meridiano. Utilizando a toesa como unidade, mediram a distância entre Dunkerque (França) e Montjuich (Espanha). Feitos os cálculos, chegou-se a uma distância que foi materializada numa barra de platina de secção retangular de 4,05 x 25 mm. O comprimento dessa barra era equivalente ao comprimento da unidade padrão metro, que assim foi definido:

[...] “Metro é a décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre. Foi esse metro transformado em barra de platina que passou a ser denominado metro dos arquivos”.

Com o desenvolvimento da ciência, verificou-se que uma medição mais precisa do meridiano fatalmente daria um metro um pouco diferente. Assim, a primeira definição foi substituída por uma segunda: Metro é a distância entre os dois extremos da barra de platina depositada nos Arquivos da França e apoiada nos pontos de mínima flexão na temperatura de zero grau Celsius. Escolheu-se a temperatura de zero grau Celsius por ser, na época, a mais facilmente obtida com o gelo fundente.

No século XIX, vários países já haviam adotado o sistema métrico. No Brasil, o sistema métrico foi implantado pela Lei Imperial nº 1157, de 26 de junho de 1862. Estabeleceu-se, então, um prazo de dez anos para que padrões antigos fossem inteiramente substituídos.

Com exigências tecnológicas maiores, decorrentes do avanço científico, notou-se que o metro dos arquivos apresentava certos inconvenientes. Por exemplo, o paralelismo das faces não era assim tão perfeito. O material, relativamente mole, poderia se desgastar, e a barra também não era suficientemente rígida.

Para aperfeiçoar o sistema, fez-se um outro padrão, que recebeu: seção transversal em X, para ter maior estabilidade; uma adição de 10% de irídio, para tornar seu material mais durável; dois traços em seu plano neutro, de forma a tornar a medida mais perfeita.

Assim, em 1889, surgiu a terceira definição: Metro é a distância entre os eixos de dois traços principais marcados na superfície neutra do padrão internacional depositado no B.I.P.M. (Bureau Internacional des Poids et Mésures), na temperatura de zero grau Celsius e sob uma pressão atmosférica de 760 mmHg e apoiado sobre seus pontos de mínima flexão.

Atualmente, a temperatura de referência para calibração é de 20°C. É nessa temperatura que o metro, utilizado em laboratório de metrologia, tem o mesmo comprimento do padrão que se encontra na França, na temperatura de zero grau Celsius.

Ocorreram, ainda, outras modificações. Hoje, o padrão do metro em vigor no Brasil é recomendado pelo INMETRO, baseado na velocidade da luz, de acordo com decisão da 17ª Conferência Geral dos Pesos e Medidas de 1983. O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), em sua resolução 3/84, assim definiu o metro: Metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante o intervalo de tempo de do segundo.

É importante observar que todas essas definições somente estabeleceram com maior exatidão o valor da mesma unidade: o metro.

Em 1826, foram feitas 32 barras-padrão na França. Em 1889, determinou-se que a barra nº 6 seria o metro dos Arquivos e a de nº 26 foi destinada ao Brasil. Este metro-padrão encontra-se no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

4.2 A METROLOGIA NO BRASIL

Como era colônia do Reino de Portugal, o Brasil conheceu AVISOS, ORDENAÇÕES E LEIS, expedidos pelo governo português, desde o início da colonização até sua independência. A Comissão Central de Pesos e Medidas determinou em seu parecer, aprovado pela resolução de 22 de agosto de 1814, a produção de padrões e fixou-lhes pormenores construtivos, exigindo inclusive a gravação da insígnia das armas reais com as respectivas datas.

Nessas condições, em 1802, com base nos protótipos recebidos de Paris, foram executados no arsenal do exército cerca de 300 jogos, construídos com a maior perfeição possível, metidos em caixas de vinhático com rasouras de vidro, sifão, triângulo e nível de ar, também de latão. Foram construídos mais dois jogos, dourados d'água, metidos em caixas semelhantes, forradas de veludo azul com trancelim de ouro, que foram remetidos ao Rio de Janeiro.

Para Conselhos de menor importância, a Comissão assentou que houvesse o mesmo número de padrões menos a medida de dois alqueires, o peso de duas arrobas e os menores contidos na caixa pequena. Assentou também que a vara e os pesos fossem de ferro fundido e as medidas de cobre.

Dos primeiros, construíram-se no Arsenal do Exército, cinquenta jogos sendo a vara e as medidas de capacidade de latão, com exceção da medida de dois alqueires que não se construiu. Os pesos eram de bronze.

Dos outros padrões para Conselhos menores construíram-se duzentos e cinquenta jogos completos. Um dos jogos, muito provavelmente, está conservado até hoje no Museu da Casa da Moeda. Esses padrões nunca chegaram a ser usados e na época permaneceram completamente desconhecidos.

Baseia-se essa suposição no fato de que, Cândido de Azeredo Coutinho, antigo diretor da Casa da Moeda, teve publicado em 8 de outubro de 1866, do Jornal do Comércio, sua seguinte declaração:

[...] “acabo de encontrar na tesouraria da Casa da Moeda uma pequena caixa vinhático, a qual, além de guarnecida em latão, tem na parte superior da tampa uma chapa do mesmo metal, com a seguinte inscrição: Uniformidade e dependência natural e decimal de pesos e medidas imperando o Príncipe Regente D. João. Ano de Ch.18. Aberta a caixa, deparei-me com padrões de um novo sistema de pesos e medidas fabricados no Arsenal do Exército de Lisboa”. O artigo prossegue com descrições e comentários e relata o desaparecimento dos pesos correspondentes aso submúltiplos da libra. “Na caixa que contém estes originais há um lugar que se conhece ter sido ocupado por uma caixinha das pequenas divisões da libra, tais como a centilibra, ou decagrama, a mililibra. Esta caixinha desapareceu, ignorando quem praticou esse vandalismo, persuadome que a Casa da Moeda não concorreu para ele”.

O Príncipe regente D. João, em aviso datado de 5 de novembro de 1816, manifestava à Comissão o seu contentamento por esse parecer, e participava o recebimento, no Rio de Janeiro, de duas caixas de padrões preparados no Arsenal do exército e semelhantes aos que se deviam distribuir pelas cabeças dos Conselhos.

Promovida a Independência em 1822, o Brasil ficou com a herança das unidades de medida da metrópole, como era de se esperar. Uma série de leis e decretos, que se seguiram, dispunham isoladamente sobre partes de um sistema não bem definido.

A partir de 1828, apareceram as primeiras legislações próprias, como , por exemplo a Lei de 1º de outubro de 1 828 que dá nova forma às Câmaras Municipais.

No Art. 66.510 a referida lei cita:

“proverão igualmente sobre a comodidade das feiras e mercados, abastança e salubridade de todos os mantimentos e outros objetos expostos à venda pública, tendo balança de ver o peso e padrões de todos os pesos e medidas para se regularem as aferições”

Na Lei de 3 de outubro de 1832 manda executar na Província da Paraíba a Lei de 7 de dezembro de 1830, sobre o sistema de pesos e medidas. (“Que as medidas de toda a Província sejam reguladas pelo Padrão do Rio de Janeiro”).

No Decreto de 8 de janeiro de 1833 a regência, em nome de D. Pedro II, criou por este decreto uma comissão incumbida de elaborar plano de melhoramento do atual sistema de pesos e medidas.

A Regência, em nome do Imperador, o Sr. D. Pedro II, deseja levar ao conhecimento da Assembléia Geral Legislativa um trabalho preparatório, metódico e cientificamente preparado, que assente uma razoável reforma do atual sistema de pesos e medidas que até o presente se acha em prática no Brasil e também pelo que respeite o sistema monetário.

Em 1834 a Comissão apresenta seu relatório contendo o Plano do Sistema que teria como unidades fundamentais o Marco para massa e a Vara para comprimento, que se apresentava como sendo igual a onze décimos do metro, e da qual se formariam as demais unidades.

Em 24 de setembro de 1835, uma lei teria estabelecido os padrões de extensão. Nessa época, o padrão de Vara estava guardado na Casa da Moeda. A esta instituição, pelo regulamento baixado pelo Decreto nº 2 537, de 2 de março de 1860, foi confiada a tarefa de preencher as funções de Comissão de Pesos e Medidas.

Até 1852, os trabalhos da Comissão Central de Pesos e Medidas tiveram continuidade, quando foi adotado integralmente o Sistema Métrico Decimal Francês, que foi executado vinte anos depois, em 1872.

Com a Lei Imperial nº 1157 de 26 de junho de 1862, Dom Pedro II colocou o Brasil como uma das primeiras nações a adotar oficialmente o sistema métrico decimal. Em 1872 regulamentou-se sua aplicação, cabendo as prefeituras a incumbência de calibrar e fiscalizar os pesos e medidas. Esta

legislação deixou de ser cumprida por se mostrar obsoleta diante do progresso da indústria mecânica.

Surgiu então a nova Lei Metrológica Nacional através do decreto-lei 562 de 04 de agosto de 1938 que foi regulamentada pelo Decreto 4257 de 16 de junho de 1939, completando a legislação de pesos e medidas. Durante este período as questões referentes ao assunto eram tratadas pelo Conselho de Metrologia, que foi responsável pela criação do Instituto Nacional de Pesos e Medidas - INPM, em 29 de dezembro de 1961 pela Lei 4048.

No início dos anos 70 o país atravessava uma fase de grande desenvolvimento. Para consolidar este processo, a metrologia deixou de ser analisada isoladamente e passou a fazer parte de um contexto mais abrangente, incluindo a normalização técnica e a qualidade industrial.

4.3 FUNDAMENTOS DA METROLOGIA

O conceito de medir traz em si, uma idéia de comparação e como só se podem comparar coisas de uma mesma espécie, podemos definir medição como: "medir é comparar uma dada grandeza com outra de mesma espécie, tomada como unidade". O homem precisa medir para definir seu espaço, sua atuação. Para isso, temos a metrologia como ferramenta de trabalho. A formação desta palavra é METRO que significa medir e LOGIA que significa estudo.

A metrologia é definida como a ciência da medição. Medir e estabelecer padrões de medição estão entre as mais antigas necessidades da vida civilizada. São do Egito e das antigas Assíria, Babilônia, Caldéia, locais hoje conhecidos como Iraque, os sistemas mais antigos de pesos e medidas conhecidos.

Nos séculos XVII e XIX, o processo de fabricação era elaborado por artesãos habilidosos, trabalhadores experientes ou aprendizes sob a supervisão dos mestres de ofício. Não existia o controle da qualidade como conhecido atualmente. Quantias pequenas de cada produto eram produzidas e as peças eram ajustadas umas às outras manualmente. Quando feita, a inspeção era informal. Um produto de bom funcionamento era resultado da confiança em trabalhadores qualificados nas áreas de projetos, produção e serviços.

Inspeções formais fizeram-se necessárias com o aparecimento da produção em massa e a necessidade de produção de peças intercambiáveis. Com o aumento dos volumes de produção das peças, seus encaixes manuais tornaram-se impraticáveis. Teve origem assim a revolução do sistema de produção utilizando máquinas com finalidades especiais para a produção de peças intercambiáveis, que obedeciam a seqüências pré-estabelecidas de operação.

No controle da qualidade destacou-se, no início do século XIX, a criação de sistemas de medidas, gabaritos e acessórios, que melhoravam a precisão dos processos produtivos e minimizavam possíveis problemas na montagem final. Alguns sistemas de medições sofisticados apareceriam já nessa época. As atividades que antes eram executadas visualmente foram substituídas por processos ferramentais objetivos e passíveis de verificação. Era muito mais provável que dois inspetores, utilizando um instrumento de medição, chegassem a mesma conclusão que dois outros que dependiam apenas de sua avaliação pessoal.

Atuar desde o início nos processos e sobre seus limites de tolerância por intermédio de medições com incertezas menores garante que estes estejam sob controle. Não existe qualidade sem uma medição confiável. Para que se tenha uma medição confiável precisa-se de equipamentos que obedeçam a um processo de validação periódica. O controle metrológico do instrumento de medição é determinado por calibrações, realizadas por laboratórios habilitados. Dessas calibrações corrigem-se os erros sistemáticos

nos valores indicados pelo instrumento, garantindo a rastreabilidade e a exatidão das medições. A incerteza de seus resultados também tem que ser considerada na determinação da capacidade do instrumento em controlar o processo.

Conforme DIAS (1998),

“no trabalho que relata a história da metrologia no Brasil, as atividades de metrologia datam do início da colonização, em 1816, com a padronização de medidas com material proveniente de Portugal. A primeira legislação metrológica no Brasil independente, atribuída à Constituição de 1828, delegava ao poder legislativo a competência para elaboração de leis relativas às unidades de medidas. Em 1883, foi criado o manual de metrologia, formalizando a adesão do Brasil ao Sistema Métrico Decimal”.

Além disso, o site do INMETRO afirma que:

[...] “a Metrologia é a ciência que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza em qualquer campo da ciência ou tecnologia. Nesse sentido a Metrologia Científica e Industrial é uma ferramenta fundamental no crescimento e inovação tecnológica, promovendo a competitividade e criando um ambiente favorável ao desenvolvimento científico e industrial em todo e qualquer país”.

Metrologia também diz respeito ao conhecimento dos pesos e medidas e dos sistemas de unidades de todos os povos, antigos e modernos. No estudo da Mecânica e da Mecatrônica as medições são constantes e abrangem todos os processos da Automação Industrial

Atualmente as empresas estão focadas na gestão da qualidade através da ISO¹, que na sua série 9000 define explicitamente a relação entre garantia da qualidade e metrologia, estabelecendo diretrizes para se manter um controle sobre os instrumentos de medição da empresa, tornando assim necessária, a implantação de um processo metrológico na empresa que busca ou possui uma certificação.

1

A globalização também põe em prática um de seus principais objetivos, que é traduzir a confiabilidade nos sistemas de medição e garantir que especificações técnicas, regulamentos e normas existentes, proporcionem as mesmas condições de perfeita aceitabilidade na montagem e encaixe de partes de produtos finais, independente de onde sejam produzidas. Outro objetivo, não menos importante, está na melhoria do nível de vida das populações por meio do consumo de produtos com qualidade, da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente.

Ainda, conforme o Professor Dr. Eduardo Braga:

[...] “a Metrologia garante a qualidade do produto final favorecendo as negociações pela confiança do cliente, sendo um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas. Reduz o consumo e o desperdício de matéria-prima pela calibração de componentes e equipamentos, aumentando a produtividade. E ainda reduz a possibilidade de rejeição do produto, resguardando os princípios éticos e morais da empresa no atendimento das necessidades da sociedade em que está inserida, evitando desgastes que podem comprometer a imagem do produto no mercado”.

Para controlar um Processo Industrial se faz necessário a medição de uma série de parâmetros. Um instrumento é um dispositivo que é utilizado para medir, indicar, transmitir ou controlar grandezas características de sistemas físicos. As variáveis medidas são praticamente todas as variáveis mensuráveis relacionadas com as ciências físicas.

4.4 A NORMA NBR ISO/IEC 17025:2005

A norma NBR ISO/IEC 17025 foi publicada no ano de 2005 em substituição ao ISO/IEC Guia 25 de 1993 e atualiza a versão NBR ISO/IEC 17025:2001, ela descreve o mecanismo para evidenciar a competência técnica dos laboratórios na realização de calibrações e de ensaios. A norma é estruturada em duas partes: os requisitos da direção e os requisitos técnicos.

Esta norma deve ser utilizada por laboratórios no desenvolvimento dos seus sistemas de qualidade, administração e técnicas que regem suas operações. Com o auxílio dessa norma, clientes, autoridades regulamentadoras e organismos de acreditação/credenciamento podem realizar a inspeção e verificar a certificação do serviço oferecido pelo laboratório.

Dentro do processo de acreditação, os requisitos de maior prioridade são definidos através de sua maior ou menor influência no resultado final de uma medição. Ou seja, aqueles fatores que estão ligados de uma forma mais específica a este resultado devem ser tratados com prioridade. É dada maior importância aos fatores técnicos do que os de direção.

Segundo Gontijo (2003), os principais objetivos da ISO/IEC 17025 são:

- Estabelecer um padrão internacional e único para atestar a competência dos laboratórios para realizarem ensaios e/ou calibrações, o que facilita o estabelecimento de acordos de reconhecimentos mútuos entre os organismos nacionais;
- Facilitar a interpretação e a aplicação dos requisitos, evitando ao máximo, opiniões divergentes e conflitantes;
- Estender o escopo em relação à ISO Guia 25, abrangendo também amostragem e desenvolvimento de novos métodos;
- Estabelecer uma relação mais estreita, clara e sem ambigüidades com a ISO 9001:2000.

A norma se divide em duas partes e a primeira corresponde às exigências que devem ser cumpridas pela gerência do laboratório (parte 4) e faz referência à ISO 9001:2000, com destaque para a relevância que a norma dá para que os laboratórios também desenvolvam um sistema de qualidade. Para que um laboratório seja certificado pela norma ISO/IEC 17025:2005, o mesmo também deve operar de acordo com a norma ISO 9001:2000: devem

ser implementados os mesmos procedimentos obrigatórios como análise crítica, ação preventiva, controle de documentos;

A segunda parte da norma contém os requisitos técnicos que devem ser seguidos pelo laboratório que busca a certificação (parte 5) e faz referência à ISO/IEC Guia 25. O laboratório deve ter implementado planos e procedimentos que assegurem a confiabilidade dos ensaios, como cálculo de incerteza de medição, rastreabilidade e validação dos métodos.

O INMETRO, como representante do governo no setor metrológico tem a importante missão de fiscalizar os laboratórios já credenciados e fornecer o credenciamento para aqueles que se demonstrarem possuir competência técnica, que possuem um sistema da qualidade efetivo e que são capazes de produzir resultados tecnicamente válidos. A acreditação pelo INMETRO permite aos laboratórios prestadores de serviços o acesso aos padrões nacionais referenciados aos padrões internacionais, portanto assegurando-lhes rastreabilidade ao sistema internacional de unidades.

A busca pela melhoria contínua em um sistema de gestão pela qualidade deve ser uma constante para o aprimoramento do desempenho de uma organização. A série ISO 9000 coloca esta questão de forma explícita, e está motivando a revisão da norma NBR ISO/IEC 17025, referência mundial para laboratórios de ensaio e calibração, que terá a melhoria contínua como requisito novo.

Com a NBR ISO/IEC 17025, um laboratório deve padronizar seus serviços para que funcionem de acordo com especificações e que garantam a qualidade no resultado final. Desta forma, os laboratórios terão capacidade de concorrer uns com os outros e aquele que apresentar diferenciais terá vantagens sobre os demais, podendo assim conquistar um mercado cada vez maior e exigente.

Um laboratório para produzir resultados válidos, deve ter pessoal competente para desenvolver as atividades exigidas pelos clientes. O

diferencial pode estar no fato de se buscar superar as expectativas dos clientes, obtendo resultados com menores incertezas de medição que o de outros laboratórios e se possível com um menor tempo de execução dos serviços.

Para garantir que o processo de medição seja dotado de qualidade, esta deve ser tratada sob três esferas:

Gontijo (2003) descreve que o Sistema de Qualidade do Laboratório (SQ) deve ser:

- **Apropriado:** estar conivente com a realidade da organização, respeitando sua tradição, seu tamanho e suas necessidades;
- **Documentado:** esta documentação deve estar a disposição de todos aqueles envolvidos no trabalho do laboratório para a consultarem sempre que necessário, os funcionários devem ter a capacidade de entendê-la, avaliá-la e implementá-la quando preciso for;
- **Mantido de forma a desenvolver e cumprir os termos do Manual de Qualidade - MQ,** documento este que considerado como um dos pilares da qualidade de um laboratório.

4.5 SISTEMA DA QUALIDADE NUM LABORATÓRIO DE METROLOGIA

Num mercado competitivo, as instituições devem apresentar diferenciais para sobreviverem ou alcançar crescimento e conquistar um número maior de clientes. Atender determinadas especificações constadas em normas ou publicações referentes à qualidade pode ser um destes diferenciais.

Implantar um sistema de qualidade num laboratório de metrologia exige esforço de todo o pessoal envolvido, uma vez que alguns procedimentos a serem desenvolvidos podem demandar um considerável tempo.

As mudanças que serão feitas exigem muito mais que a simples adequação de equipamentos ou a aquisição de novos bens, é de extrema importância que haja mudança de comportamento de todo o quadro de funcionários do laboratório, estes devem ter a consciência que a qualidade final do processo de medição será alcançada se em todas as etapas possuírem responsabilidades e objetivos bem definidos que conseqüentemente levarão à qualidade.

O treinamento é um importante fator a ser considerado pelo laboratório, assim deve ser feito com que os funcionários façam cursos de forma periódica, sendo atualizados e envolvidos com as constantes inovações do setor metrológico.

É importante que as funções de cada um esteja definida de maneira clara e concisa; constando responsabilidades e atribuições corretamente distribuídas. Modernidade e qualidade não estão necessariamente associadas, um sistema de gestão modernizado será de utilidade desde que corretamente utilizada pelo pessoal envolvido no processo de medição, caso contrário pode ser mais uma barreira burocrática dentro do sistema.

Com a NBR ISO/IEC 17025, um laboratório deve padronizar seus serviços para que funcionem de acordo com especificações e que garantam a qualidade no resultado final. Desta forma, os laboratórios terão capacidade de concorrer uns com os outros e aquele que apresentar diferenciais terá vantagens sobre os demais, podendo assim conquistar um mercado cada vez maior e exigente.

Um laboratório para produzir resultados válidos, deve ter pessoal competente para desenvolver as atividades exigidas pelos clientes. O diferencial pode estar no fato de se buscar superar as expectativas dos clientes, obtendo resultados com menores incertezas de medição que o de outros laboratórios e se possível com um menor tempo de execução dos serviços.

Segundo Ferreira (2003), o Manual de Qualidade pode ser definido como o documento que descreve o sistema de gestão da qualidade do laboratório. Através do Manual de Qualidade deve ser implantado o Sistema de Qualidade do Laboratório.

O Manual de qualidade do laboratório deve:

- descrever de forma sólida e eficaz o Sistema de Qualidade efetivamente implantado;
- - comunicar as políticas, os procedimentos e os requisitos da qualidade da organização;
- - ser a base documentada para posterior uso em auditorias do Sistema de Qualidade - SQ ou treinamento do pessoal para o SQ;
- - garantir a integridade do SQ, caso ocorra possíveis mudanças;
- - contribuir para melhorar ou aperfeiçoar o controle e as práticas laboratoriais.

No Manual de Qualidade devem estar contidos as políticas e objetivos do Sistema de Qualidade, a estrutura da documentação, os procedimentos complementares, as atribuições referentes ao gerente de qualidade e técnico, a estrutura organizacional e gerencial do laboratório.

A Política de Qualidade do laboratório deve ser desenvolvida tendo como base fatores como:

- - orientação voltada pelo mercado de forma a atender o mercado;
- - uso de uma linguagem fácil, tendo como base palavras chaves;
- - objetivos e metas passíveis de serem atingidos;
- - coerência com os objetivos, normas e diretrizes da organização.

De acordo com Gontijo (2003) no Manual de Qualidade devem estar contidos as políticas e objetivos do Sistema de Qualidade, a estrutura da documentação, as atribuições referentes ao gerente de qualidade e técnico, a estrutura organizacional e gerencial do laboratório.

4.6 ACREDITAÇÃO DE LABORATÓRIOS

Com o aumento do uso de sistemas de qualidades, verificou-se a necessidade de padronizar serviços e credenciar instituições. No caso dos laboratórios que fazem parte de organizações maiores ou ofereçam serviços, deseja-se que possam operar em conformidade com a ISO 9001: 2000, alcançando assim um padrão mundialmente aceito. Para o reconhecimento formal de Laboratórios, o INMETRO utiliza a NBR ISO/IEC 17025:2005, acreditando-os na Rede Brasileira de Calibração (RBC) e/ou na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE).

O objetivo da NBR ISO/IEC 17025:2005 é especificar os requisitos para que um laboratório possa demonstrar competência em realizar ensaios ou calibrações, incluindo amostragem. Ela cobre métodos normalizados, não normalizados e métodos desenvolvidos pelo próprio laboratório.

Normalizar significa organizar uma atividade específica, através da criação e utilização de regras ou normas, que objetivem contribuir para o desenvolvimento econômico, social e cultural, considerando as exigências de segurança e o uso adequado de recursos.

A acreditação (credenciamento), por sua vez, pode ser definido como o reconhecimento à capacidade do laboratório desenvolver tarefas específicas e segundo requisitos estabelecidos.

De maneira simplificada: para um laboratório tornar-se acreditado (credenciado), ele deve submeter seu método de calibração, seus procedimentos internos e sua política da qualidade ao órgão do qual pretende buscar este reconhecimento. Deste modo, o laboratório pretendente submeterá a uma auditoria externa de suas dependências e do seu sistema de qualidade.

Após receber o Credenciamento, ou a Homologação, o laboratório passará a atuar em nome do órgão credenciador, enquanto durar a validade deste acordo.

4.7 PRINCIPAIS DIFICULDADES EM IMPLANTAR A NBR/ISO/IEC 17.025:2005

Marques (2006) consultou alguns laboratórios acreditados pelo INMETRO a respeito das principais dificuldades enfrentadas pelos laboratórios em relação aos organismos credenciadores durante o processo de acreditação, os principais problemas descritos pelos laboratórios em relação aos organismos credenciadores.

Carvalho (2003) levantou as principais dificuldades e problemas enfrentados pelos laboratórios nas principais etapas ao pedido de acreditação de seu sistema de gestão da qualidade conforme a NBR ISO/IEC 17025, tais dificuldades são descritas na tabela abaixo:

As principais causas das dificuldades e problemas enfrentadas pelos laboratórios são:

- Falta de comprometimento da administração do laboratório;
- Sistema de gestão da qualidade não qualificado;
- Falta de um eficaz processo de melhorias;
- Análise crítica do sistema da qualidade não eficaz;
- Auditoria interna não eficaz;
- Sistema burocrático com falhas em sua gestão.

De acordo com Cassano (2005), as vantagens de se obter a acreditação para um laboratório permite vantagens para todos os envolvidos, desde o laboratório até os consumidores finais do sistema de medição, a saber:

- Para as organizações:

- ✓ Disponibiliza valioso recurso por meio de um grupo de avaliadores de conformidade, independentes e tecnicamente competentes;

- ✓ Fornece um processo de avaliação único, transparente e reproduzível com o qual se evita a utilização de recursos próprios, elimina-se o custo da avaliação e se reforça a coerência;

- ✓ Reforça a confiança do público nos serviços prestados;

- ✓ Fomenta os esquemas confiáveis de auto-regulação do próprio mercado, incrementando-se a competência e a inovação.

- Para os usuários: Possibilita a tomada de decisões acertadas, diminuindo o risco com base em avaliações

- Para os avaliadores ou auditores:

- ✓ Em alguns setores, a acreditação é requisito imprescindível para execução das atividades.

- ✓ Para determinadas atividades, é um requisito de fato para poder vender os serviços de avaliação, como calibração, certificação, ISO 9001.

- ✓ É um marco diferencial no mercado, sendo garantia de integridade e competência, aumentando assim as oportunidades comerciais dos avaliadores.

- ✓ Proporciona ao avaliador a possibilidade de prestar um serviço reconhecido internacionalmente.

- ✓ Oferece garantias de sua competência e é um meio de conscientização sobre a necessidade de melhoria contínua.

- Para os consumidores finais:

- ✓ Inspira confiança no provedor ao garantir que o produto tem sido avaliado por um organismo independente e competente;
- ✓ Aumenta a liberdade de escolha e fomenta um mercado livre, porém confiável.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 CALIBRAÇÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO

Um sistema de medição (SM) de boa qualidade deve ser capaz de operar com pequenos erros. Seus princípios construtivos e operacionais devem ser projetados para minimizar erros sistemáticos e aleatórios ao longo da sua faixa de medição, nas suas condições de operação nominais.

Entretanto, por melhores que sejam as características de um SM, este sempre apresentará erros, seja por fatores internos, seja por ação das grandezas de influência externas. A perfeita caracterização das incertezas associadas a estes erros é de grande importância para que o resultado da medição possa ser estimado de maneira segura. Embora, em alguns casos, os erros de um sistema de medição possam ser analítica ou numericamente estimados, na prática são utilizados procedimentos experimentais quase que exclusivamente.

Através do procedimento experimental denominado calibração é possível correlacionar os valores indicados pelo sistema de medição e sua correspondência com a grandeza sendo medida. Esta operação é extremamente importante e é realizada por um grande número de entidades credenciadas espalhadas pelo país.

5.1.1 Calibração

Calibração é um procedimento experimental através do qual são estabelecidas, sob condições específicas, as relações entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

Como exemplos, através de uma calibração é possível estabelecer:

- a) a relação entre temperatura e tensão termoelétrica de um termopar;
- b) □ uma estimativa dos erros sistemáticos de um manômetro;
- c) o valor efetivo de uma massa padrão;
- d) a dureza efetiva de uma placa "padrão de dureza";
- e) o valor efetivo de um "resistor padrão".

O resultado de uma calibração permite tanto o estabelecimento dos valores do mensurando para as indicações, como a determinação das correções a serem aplicadas. Uma calibração também pode determinar outras propriedades metrológicas como, por exemplo, os efeitos das grandezas de influência sobre a indicação, ou o comportamento metrológico de sistemas de medição em condições adversas de utilização (em temperaturas elevadas ou muito baixas, na ausência de gravidade, sob radiação nuclear).

O resultado da calibração geralmente é registrado em um documento específico denominado certificado de calibração ou, algumas vezes, referido como relatório de calibração. O certificado de calibração apresenta várias informações acerca do desempenho metrológico do sistema de medição analisado e descreve claramente os procedimentos realizados. Frequentemente, como seu principal resultado, apresenta uma tabela, ou gráfico, contendo, para cada ponto medido ao longo da faixa de medição: a) estimativas da correção a ser aplicada e b) estimativa da incerteza associada à correção. Em função dos resultados obtidos, o desempenho do SM pode ser comparado com aquele constante nas especificações de uma norma técnica, ou outras determinações legais, e um parecer de conformidade pode ser emitido.

A calibração pode ser efetuada por qualquer entidade, desde que esta disponha dos padrões rastreados e pessoal competente para realizar o trabalho. Para que uma calibração tenha validade oficial, é necessário que seja executada por entidade legalmente credenciada. No Brasil, existe a Rede Brasileira de Calibração (RBC), coordenada pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

Esta rede é composta por uma série de laboratórios secundários, espalhados pelo país, ligados a Universidades, Empresas, Fundações e outras

entidades, que recebem o credenciamento do INMETRO e estão aptos a expedir certificados de calibração oficiais.

Hoje, com as tendências da globalização da economia, a competitividade internacional das empresas é uma questão crucial. A qualidade dos serviços e dos produtos da empresa têm que ser assegurada a qualquer custo. As normas da série ISO 9000 aparecem para disciplinar a gestão das empresas para melhorar e manter a qualidade de uma organização. A calibração tem o seu papel de grande importância neste processo, uma vez que um dos requisitos necessários para uma empresa que se candidate à certificação pelas normas ISO 9000, é que os sistemas de medição e padrões de referência utilizados nos processo produtivo, tenham certificados de calibração oficiais.

Embora a calibração seja a operação de qualificação de instrumentos e sistemas de medição mais importante, existem outras operações comumente utilizadas: o ajuste, a regulagem e a verificação.

5.1.2 Ajuste

Operação complementar, normalmente efetuada após uma calibração, quando o desempenho metrológico de um sistema de medição não está em conformidade com os padrões de comportamento esperados. Trata-se de uma "regulagem interna" do SM, executada por técnico especializado. Visa fazer coincidir, da melhor forma possível, o valor indicado no SM, com o valor correspondente do mensurado submetido. São exemplos:

- a) alteração do fator de amplificação (sensibilidade) de um SM por meio de um potenciômetro interno;
- b) regulagem do "zero" de um SM por meio de parafuso interno.

No caso de medidas materializadas, o ajuste normalmente envolve uma alteração das suas características físicas ou geométricas. Por exemplo: colocação de uma "tara" em uma massa padrão;

Após o término da operação de ajuste, é necessário efetuar uma recalibração, visando conhecer o novo comportamento do sistema de medição, após os ajustes terem sido efetuados.

5.1.3 Regulagem

É também uma operação complementar, normalmente efetuada após uma calibração, quando o desempenho metrológico de um sistema de medição não está em conformidade com os padrões de comportamento esperados. Envolve apenas ajustes efetuados em controles externos, normalmente colocados à disposição do usuário comum.

É necessária para fazer o SM funcionar adequadamente, fazendo coincidir, da melhor forma possível, o valor indicado com o valor correspondente do mensurado submetido. São exemplos:

- a) alteração do fator de amplificação (sensibilidade) de um SM por meio de um botão externo;
- b) regulagem do "zero" de um SM por meio de um controle externo indicado para tal.

5.1.4 Verificação

A operação de verificação é utilizada no âmbito da metrologia legal, devendo esta ser efetuada por entidades oficiais denominados de Institutos de Pesos e Medidas Estaduais (IPEM), existentes nos diversos estados da Federação.

Trata-se de uma operação mais simples, que tem por finalidade comprovar que:

- a) um sistema de medição está operando corretamente dentro das características metrológicas estabelecidas por lei;
- b) uma medida materializada apresenta características segundo especificações estabelecidas por normas ou outras determinações legais.

São verificados instrumentos como balanças, bombas de gasolina, taxímetros, termômetros clínicos e outros instrumentos, bem como medidas materializadas do tipo massa padrão usados no comércio e área da saúde, com o objetivo de proteger a população em geral.

A verificação é uma operação de cunho legal, da qual resulta a emissão de selo ou plaqueta com a inscrição "VERIFICADO", quando o elemento testado satisfaz às exigências legais. É efetuada pelos órgãos estaduais denominados de Institutos de Pesos e Medidas (IPEM) ou diretamente pelo INMETRO, quando trata-se de âmbito federal.

Os resultados de uma calibração são geralmente destinados a uma das seguintes aplicações:

a) Levantamento da curva de erros visando determinar se, nas condições em que foi calibrado, o sistema de medição está em conformidade com uma norma, especificação legal ou tolerância definida para o produto a ser medido, e consequente emissão de certificado. Efetuado periodicamente, garantirá a confiabilidade dos resultados da medição e assegurará correlação (rastreadibilidade) aos padrões nacionais e internacionais;

b) Levantamento da curva de erros visando determinar dados e parâmetros para a operação de ajuste do sistema de medição;

c) Levantamento detalhado da curva de erros e tabelas com valores da correção e sua incerteza, com o objetivo de corrigir os efeitos sistemáticos, visando reduzir a incerteza do resultado da medição. A aplicação da correção poderá ser efetuada manual ou automaticamente;

d) Análise do comportamento metrológico e operacional dos sistemas de medição nas fases de desenvolvimento e aperfeiçoamento, incluindo a análise das grandezas externas que influem no seu comportamento;

e) Análise do comportamento metrológico e operacional dos sistemas de medição em condições especiais de operação (por exemplo: elevadas temperaturas, na ausência de gravidade, em elevadas pressões);

Adicionalmente, a calibração deve ser efetuada quando, por alguma razão, se deseja o levantamento mais detalhado sobre o comportamento metrológico

de um sistema de medição, sobre o qual existe dúvida ou suspeita de funcionamento irregular.

5.2 MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO

5.2.1 Calibração Direta

No método de calibração direta o mensurado é aplicado sobre o sistema de medição por meio de medidas materializadas, cada qual com seu valor verdadeiro convencional suficientemente conhecido. São exemplos de medidas materializadas: blocos padrão (comprimento), massas padrão, pontos de fusão de substâncias puras, entre outras.

É necessário dispor de uma coleção de medidas materializadas suficientemente completa para cobrir toda a faixa de medição do instrumento. As indicações dos sistemas de medição são confrontadas com cada valor verdadeiro convencional e a correção e suas incertezas são estimadas por meio de medições repetitivas.

5.2.2 Calibração Indireta

Não seria fácil calibrar o velocímetro de um automóvel utilizando a calibração direta. O conceito de medida materializada não se aplica à velocidade. As constantes físicas naturais, como a velocidade de propagação do som no ar ou nos líquidos, ou mesmo a velocidade da luz, são inapropriadas para este fim. A solução para este problema passa pela calibração indireta.

Este método é ilustrado na parte inferior da figura 5.1. O mensurado é gerado por meio de um dispositivo auxiliar, que atua simultaneamente no sistema de medição a calibrar (SMC) e também no sistema de medição padrão (SMP), isto é, um segundo sistema de medição que não apresente erros superiores a 1/10 dos erros do SMC. As indicações do SMC são comparadas com as do SMP, sendo estas adotadas como VVC, e os erros são determinados.

Para calibrar o velocímetro de um automóvel pela calibração indireta, o automóvel é posto em movimento. Sua velocidade em relação ao solo, além de indicada pelo velocímetro, é também medida por meio de um sistema de medição padrão, cujos erros sejam 10 vezes menores que os erros do velocímetro a calibrar.

Este SMP pode ser, por exemplo, constituído por uma quinta roda, afixada na parte traseira do automóvel, ou, hoje é comum a utilização de sensores que usam um raio laser dirigido ao solo e, pela análise do tipo de sinal que retorna, determinar a velocidade real do automóvel com baixas incertezas. Neste exemplo o próprio automóvel é o gerador da grandeza padrão, isto é, da velocidade, que é simultaneamente submetida a ambos os sistemas de calibração. Para levantar a curva de erros, o automóvel deve trafegar em diferentes patamares de velocidades repetidas vezes.

Algumas vezes não se dispõe de um único sistema de medição padrão que englobe toda a faixa de medição do SMC. Neste caso, é possível utilizar diversos SMPs de forma complementar.

5.2.3 Padrões para Calibração

Para que o valor da medida materializada, ou o indicado pelo SMP, possa ser adotado como valor verdadeiro convencional (VVC), é necessário que seus erros sejam sensivelmente menores que os erros esperados no SMC. Tecnicamente, quanto menores os erros do padrão melhor.

Economicamente, quanto menores os erros do padrão, mais caro este é. Procurando buscar o equilíbrio técnico-econômico, adota-se como padrão um elemento que, nas condições de calibração e para cada ponto de calibração, apresente incerteza não superior a um décimo da incerteza esperada para o sistema de medição a calibrar. Assim:

Na equação acima, U representa a incerteza expandida, que corresponde à faixa de dúvidas que resultam das medições efetuadas com os respectivos sistemas de medição.

Desta forma, o SMP apresentará ao menos um dígito confiável a mais que o SMC, o que é suficiente para a determinação dos erros deste último.

Excepcionalmente, em casos onde é muito difícil ou caro de se obter um padrão 10 vezes superior ao SMC, usa-se o limite de $1/5$ ou até mesmo $1/3$ para a razão entre as incertezas do SMP e o SMC. Estes últimos devem ser analisados com cuidado para que a incerteza da calibração não venha a ser muito elevada.

Em função da mudança do comportamento do instrumento com a velocidade de variação do mensurado, distinguem-se a calibração estática e a dinâmica. Apenas nos instrumentos de ordem zero a calibração estática coincide com a dinâmica. Nos demais casos, é necessário determinar a resposta do SM para diversas frequências de variação do mensurado.

Qualquer sistema de medição deve ser calibrado periodicamente. Este período é, algumas vezes, especificado por normas, ou fabricantes de instrumentos, ou outras fontes como laboratórios de calibração, porém são influenciados pelas condições e/ou frequência de uso. Para a calibração de um SM em uso na indústria, são geralmente usados padrões dos laboratórios da própria indústria.

Entretanto, estes padrões precisam ser calibrados periodicamente, o que é executado por laboratórios secundários da RBC. Mas também estes padrões precisam ser calibrados por outros que, por sua vez, também necessitam de calibração e assim por diante. Estabelece-se assim uma hierarquia que irá terminar nos padrões primários internacionais, ou mesmo, na própria definição da grandeza. A calibração periódica dos padrões garante a rastreabilidade internacional, o que elimina o risco do "metro francês" ser diferente do "metro australiano".

Como exemplo, cita-se a figura 5.2, onde se exemplifica a correlação entre os padrões. Isto garante a coerência das medições no âmbito mundial.

Quando um sistema de medição é calibrado, ele é comparado com algum padrão cujo valor é presumivelmente conhecido. Este padrão pode ser outro instrumento, um objeto tendo um atributo físico bem conhecido a ser usado como comparação, uma solução com propriedade química bem conhecida ou uma técnica conhecida e bem aceita para produzir um valor confiável. Um padrão é a base de todas as medições, em um laboratório ou oficina, em uma indústria, em um país e no mundo.

Uma dimensão (em um sentido mais amplo) define uma variável física que é usada para descrever algum aspecto de um sistema físico. O valor

fundamental associado com qualquer dimensão é dada por uma unidade. Uma unidade define uma medida de uma dimensão.

Por exemplo, massa, comprimento e tempo descrevem dimensões básicas, com as quais associamos as unidades de quilograma, metro e segundo, respectivamente. Um padrão primário define o valor de uma unidade, fornecendo os meios para descrever a unidade com um único número que pode ser entendido por todos e em todo lugar. Assim, o padrão primário atribui um único valor a uma unidade por definição. Como tal, ele deve definir a unidade exatamente.

Padrões primários são necessários, por que o valor atribuído a uma é arbitrário. Se um metro é o comprimento do braço do rei ou a distância que a luz percorre em uma fração de segundo depende somente de como alguém quis defini-lo. Para evitar confusão, as unidades são definidas por acordo internacional através do uso de padrões primários. Depois de consensado, o padrão primário forma a definição exata da unidade até que ela seja mudada por algum outro acordo posterior, que tenha vantagens sobre a definição anterior.

As principais características procuradas em um padrão são: a) disponibilidade global; b) confiabilidade continuada; c) estabilidade temporal e espacial com mínima sensibilidade às fontes externas do ambiente.

No Brasil, os padrões primários (referência) e secundários (transferência) são mantidos no INMETRO. Periodicamente, o INMETRO também calibra seus próprios padrões de transferência.

A medição requer a definição de unidades, estabelecimento de padrões de medição, que tentam duplicar os padrões primários. O padrão primário é usado como referência para o padrão secundário, que é usado como transferência. O padrão secundário é uma aproximação razoável do primário e pode ser mais facilmente acessível para calibrações.

Porém, deve haver um valor de incerteza razoável no uso de padrões que são réplicas dos padrões primários. No topo da pirâmide de hierarquia, logo abaixo do padrão primário, estão os padrões primários mantidos pelos laboratórios nacionais através do mundo. No Brasil, o INMETRO mantém os padrões primários e secundários e os procedimentos padrão recomendados para a calibração dos sistemas de medição.

Cada nível de hierarquia é derivado por calibração contra o padrão do nível anterior mais alto. Quando se move para baixo da pirâmide, passa-se do

padrão primário (referência), para o secundário (transferência), para o local e para o padrão de trabalho, sempre com um grau de precisão menor ou com maior incerteza.

Como a calibração determina a relação entre o valor de entrada e o de saída, a exatidão da calibração depende, em parte, da exatidão do padrão usado. No máximo, a exatidão pode somente ser estimada. E a confiança desta estimativa depende da qualidade do padrão e da técnica de calibração usada.

Rastreabilidade é o princípio em que a incerteza de um padrão é medida contra um padrão superior, permitindo que a incerteza do instrumento seja certificada. Isto é conseguido por uma auditoria para cima, de padrões mais baixos para padrões superiores.

Todo sistema válido de padrões deve se conformar com este princípio da rastreabilidade, onde o padrão inferior que é calibrado contra um padrão superior é certificado e sua incerteza é garantida.

Os instrumentos de medição das variáveis do processo requerem calibrações periódicas, referidas a padrões de oficina. Periodicamente, os padrões de oficina também devem ser calibrados e rastreados com outros padrões interlaboratoriais e padrões de referência nacional. Para isso, é fundamental que as quantidades físicas envolvidas tenham os seus padrões definidos e disponíveis.

A exatidão do nível superior deve ser maior que a do nível inferior de um fator variando, por exemplo, de 4 a 10. Quanto menor o fator (4), a exatidão do padrão influi e interfere na exatidão do instrumento calibrado. Quanto maior o fator (10), maior o custo do padrão. Pode-se até fazer a calibração com um instrumento com mesma classe de precisão.

Geralmente é aplicada no recebimento de instrumentos, após transporte para verificação de violações, ou antes da data do vencimento de calibração, apenas para verificar a manutenção da exatidão.

Há vários tipos diferentes de padrões de medição, classificados conforme a função e o tipo de aplicação:

- a) internacional e nacional;
- b) primário e secundário;
- c) referência e transferência;
- d) de trabalho e de oficina.

5.2.4 Padrão Internacional e nacional

Os padrões internacionais são os dispositivos projetados e construídos para as especificações de um fórum internacional. Eles representam as unidades de medição de várias quantidades físicas na maior precisão possível que é obtida pelo uso de técnicas avançadas de produção e medição. Eles estão guardados em Sèvres e não são disponíveis para o usuário comum e suas necessidades diárias de calibração.

Os padrões internacionais são definidos de modo que possam ser reproduzidos em um grau aceitável de exatidão e quando definidos, o problema seja realizar este padrão. Há um padrão primário para cada unidade. No caso da massa, há um bloco cilíndrico de Pt-Ir guardado em Sèvres, França, de modo que massas semelhantes possam ser comparadas com o protótipo com precisão de 10^{-8} . As outras quantidades são definidas por padrões primários reproduzíveis, ou seja, que podem ser estabelecidas localmente, quando necessário.

Na prática, os equipamentos e procedimentos envolvidos requerem laboratórios altamente especializados. Os padrões internacionais são primários.

Padrão nacional é o de mais alto nível dentro de um país. O INMETRO, no Rio de Janeiro, RJ, é responsável legal pela manutenção dos padrões primários no Brasil. Estes padrões primários não saem do INMETRO. A principal função de um padrão primário é a calibração e verificação dos padrões secundários. No Brasil, o INMETRO credencia os laboratórios que forma a Rede Brasileira de Calibração. Os laboratórios da Rede servem de referência para calibrações secundárias.

5.2.5 Padrão primário ou de referência

Os padrões primários são dispositivos mantidos pelas organizações e laboratórios nacionais, em diferentes partes do mundo. Eles representam as quantidades fundamentais e derivadas e são calibrados de modo independente, através de medições absolutas.

A principal função dos padrões primários é a de calibrar e certificar periodicamente os padrões secundários. Como os padrões internacionais, os primários não são disponíveis para o usuário final.

O padrão primário é também chamado de padrão de referência. Ele é fixo e reproduzível, não sendo acessível como objeto de calibração industrial e é necessário padrões práticos para as quantidades derivadas.

Os padrões primários são os mais precisos existentes. Eles servem para calibrar os secundários. Todos os padrões primários precisam ter certificados. Os certificados mostram a data de calibração, precisão, condições ambientes onde a precisão é válida e um atestado explicando a rastreabilidade com o Laboratório nacional. O padrão primário é certificado por padrões com maior hierarquia.

Quando o sistema é calibrado contra um padrão primário, tem-se uma calibração primária. Após a calibração primária, o equipamento é empregado como um padrão secundário. O resistor e a célula padrão, comercialmente disponíveis são exemplos de calibração primária.

Há ainda um outro significado para padrão primário, com relacionado com o seu grau de precisão ou posição na pirâmide de rastreabilidade, mas com a sua fabricação. Existem instrumentos e dispositivos que, por construção, possuem uma propriedade conhecida e constante dentro de determinado limite de incerteza. Esta propriedade pode ser usada para calibrar outros instrumentos ou padrões de menor precisão. Sob este enfoque, são considerados padrões primários a placa de orifício, bocal sônico, célula Weston, diodo Zener e resistência de precisão.

A placa de orifício é considerada um padrão primário de vazão, pois ela é dimensionada e construída segundo leis físicas aceitas e confirmadas experimentalmente, de modo que ela mede a vazão teórica dentro de determinado limite de incerteza e desde que sejam satisfeitas todas as condições do projeto. A calibração de um sistema de medição com placa de orifício não requer um padrão de vazão, mas somente um padrão de pressão diferencial, que é o sinal gerado pela placa e relacionado com a vazão medida.

Um bocal sônico é também um padrão primário de vazão. Ele é dimensionado e construído segundo uma geometria definida e valores de pressão a montante e jusante teóricos, de modo que, numa determinada situação passa por ele uma vazão conhecida e constante, que pode ser usada para calibrar outros

medidores de vazão. Por construção e teoria, ele grampeia um determinado valor de vazão que passa por ele.

Analogamente ao bocal sônico, o diodo Zener é um padrão primário de tensão elétrica. Por construção e por causa do efeito Zener e em determinada condição de polarização e temperatura, o diodo Zener mantém constante uma tensão nominal através de seus terminais e esta tensão conhecida e constante pode ser usada para calibrar outros medidores de tensão.

Uma célula Weston é um padrão primário de tensão elétrica, pois, por construção e sob determinada corrente, ela fornece uma tensão constante e igual a 1,018 636 V @ 20°C. Mesmo que estes padrões não tenham a menor incerteza da pirâmide metrológica de sua quantidade física, eles são chamados também de padrões primários.

5.2.6 Padrão secundário ou de transferência

Os padrões secundários são também instrumentos de alta precisão mas de menor precisão que a dos padrões primários e podem tolerar uma manipulação normal, diferente do extremo cuidado necessário para os padrões primários. Os padrões secundários são usados como um meio para transferir o valor básico dos padrões primários para níveis hierárquicos mais baixos e são calibrados por padrões primários.

O padrão secundário é o padrão de transferência. Ele é o padrão disponível e usado pelos laboratórios de medição e calibração na indústria. Cada laboratório industrial é responsável exclusivo de seus padrões secundários. Cada laboratório industrial deve periodicamente enviar seus padrões secundários para os laboratórios nacionais para serem calibrados contra os primários. Após a calibração, os padrões secundários retornam ao laboratório industrial com um certificado de precisão em termos do padrão primário.

5.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

Norma é algo estabelecido pela autoridade, usuário ou consenso geral como um modelo ou exemplo a ser seguido. Existem normas de conduta para uma sociedade política e normas técnicas para uma sociedade tecnológica.

Uma norma técnica é uma regra para uma atividade específica, formulada e aplicada para o benefício e com a cooperação de todos os envolvidos. Geralmente, uma norma é um documento que estabelece as limitações técnicas e aplicações para itens, materiais, processos, métodos, projetos e práticas de engenharia.

A norma é um documento que indica materiais, métodos ou procedimentos de fabricação, operação, manutenção ou testes de uma certa classe de equipamentos ou instrumentos. Por exemplo, há normas para manômetros, termômetros, medidores de vazão, vasos e tabulações de alta pressão. A norma fornece limites na faixa de materiais e propõe métodos aceitáveis, de modo que um produto ou procedimento possa satisfazer o objetivo para o qual ele foi projetado.

No Brasil, o órgão credenciado para gerar normas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é uma empresa, não governamental, sem fins lucrativos, credenciado pelo INMETRO.

A função de uma especificação é a descrição de um produto em termos da aplicação que o usuário pretende fazer dele. A especificação pode ter a mesma função da norma e algumas especificações são, de fato, normas ou elas podem ser derivadas e resultados de uma norma.

As especificações usualmente são mais detalhadas e menos genéricas para uma aplicação particular do que as normas. As especificações e normas formam a base do sistema industrial. As especificações são essenciais a toda operação de compra-venda, tornando possível a padronização básica para o sistema de fabricação em massa industrial. Há cerca de 85 000 normas governamentais, públicas e privadas em uso nos Estados Unidos.

5.3.1 Organizações de Normas

Qualquer medição é feita com relação a outra medição. Quando se fala de exatidão, implica em uma medição comparada com algum padrão aceitável para esta medição. Os padrões nacionais para todas as medições no Brasil estão guardados no INMETRO.

O Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) foi criado pela lei 5966 de 11 de dezembro de 1973, com a finalidade de formular e executar a política de Metrologia, Normalização e Certificação de Qualidade dos produtos brasileiros. O SINMETRO estabelece o Sistema Nacional de Medição (SNM) e é composto do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e do CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

O INMETRO estabelece a base técnica, legal e ética para todas as medições. O processo de medição envolve amostras, padrões físicos, materiais de referência certificada, garantia da qualidade metrológica, normas e procedimentos. O INMETRO é também o depositário destes parâmetros. Para realizar esta tarefa extensa, o INMETRO criou a Rede Brasileira de Calibração, credenciando laboratórios para emitir certificados de calibração de grandezas físicas específicas. Nesta rede, o INMETRO tem o nível mais alto com os padrões nacionais.

5.4 ESCOPO DE CALIBRAÇÃO

5.4.1 Calibração de Comprimento

O comprimento é uma grandeza de base cujo símbolo é L. Na prática, o comprimento vem em outros parâmetros, como variação relativa (m/m), área (m²), volume (m³), ângulo (m/m), velocidade (ms⁻¹) e aceleração (ms⁻²).

A medição de comprimento pode ser de valor absoluto e relativo. A medição do comprimento absoluto requer um padrão definido; para medir comprimento relativo o padrão não é fundamental. É diferente medir o comprimento

de uma estrutura em termos absolutos e medir a variação da estrutura provocada por uma tensão mecânica.

Experimentalmente se percebe que o espaço pode ser descrito em termos de três parâmetros de comprimento (x, y, z). Três coordenadas são suficientes para descrever a posição de um ponto no espaço. Restringindo-se o grau de liberdade mecânica, define-se a posição. Para medir a posição ao longo de uma reta definida, basta um comprimento. Para plotar a posição em um plano definido são necessários dois sensores. Estes conceitos são muito importantes em robótica, pois um robô é um controlador de posição.

A unidade SI de comprimento é o metro, com símbolo m. A etimologia da palavra metro é *metron*, grego, que significa medir e este termo foi usado pela primeira vez em 1670, pelo padre matemático Gabriel Mouton (1618-1694), que definiu 1 metro como 1/10.000.000 da distância entre o Equador e o Polo Norte da Terra.

Em 1790, Laplace definiu o metro pelo mesmo procedimento, porem usou múltiplos de 10, dividindo o ângulo reto em 100 graus (em vez de 90) e o grau em 100 minutos (em vez de 60) e 1000 metros eram a distância de 1 minuto deste grau na superfície da Terra.

Usando o mesmo procedimento, porem, com o ângulo reto de 90 graus e o grau com 60 minutos, 1000 metros seriam equivalentes a uma milha náutica, ou seja, o metro valeria 1,853 184 metros atuais. Posteriormente, o metro foi definido de modo a ser igual a 1/10 000 000 da distância do Polo Norte ao Equador, ao longo do meridiano da terra passando por Dunquerque, França e Barcelona, Espanha, duas cidades ao nível do mar e no paralelo 45°.

Desse modo, a circunferência da terra tem aproximadamente 40.000.000 m. O metro atual é aproximadamente igual ao *wand*, unidade padrão de comprimento criada no Egito em 3500 A.C., para medir a variação do nível do Rio Nilo, para fins de coleta de água e irrigação. Na 1ª CGPM (1889) o metro foi definido

como o padrão físico constituído de uma barra de platina (90%) e irídio (10%), que era considerado o Metro Protótipo Internacional (Figura 1).



Figura 1 - A barra utilizada como protótipo internacional do metro de 1889 a 1960

Fonte: Wikimedia Commons (2005)

A 7ª CGPM (1927) definiu o metro como a distância entre dois traços gravados sobre a barra de platina iridiada, apoiada sobre dois rolos de, no mínimo, 10 mm de diâmetro, situados simetricamente num mesmo plano horizontal à distância de 571 mm um do outro, a 0o C e à pressão atmosférica normal . Pela comparação física das linhas desta barra com um protótipo secundário se consegue uma exatidão dentro de 2 partes em 107 A 11ª CGPM (1960) substituiu o padrão físico do metro por padrão de receita.

O metro foi definido como o comprimento igual a 1.650.763,73 vezes o comprimento de onda da radiação de transição entre as linhas laranja vermelha, níveis 2p10 e 5d5 do espectro do átomo de Kr-86, no vácuo. Esta definição tem problemas, o principal é que este número somente é conseguido por extrapolação,

pois não é possível estender uma quantidade exata de ondas além de alguns 20 centímetros. Para se obter o número requerido de comprimentos de onda para um metro, várias medições individuais eram feitas por sucessão e adicionadas. Este procedimento de medição, por sua natureza, aumenta a probabilidade de erro. Mas, a despeito destas limitações, a exatidão está dentro de 2 partes em 10⁸.

A 17^a CGPM (1983) redefiniu o metro como a distância percorrida pela luz, durante a fração de 1/299 792 458 de um segundo, no vácuo. Esta nova definição dá uma exatidão 10 vezes melhor que a da técnica com Kr-86, cerca de 2 partes em 10⁻⁹. Na prática industrial, raramente se exige este grau de exatidão, porem deve-se ter uma margem adequada para compensar a perda de incerteza toda vez que os padrões são transferidos para um aparato mais conveniente.

O valor da velocidade da luz, c , igual a 299 792 458 ms⁻¹ é o resultado de padrões numéricos escolhidos para o tempo e comprimento. Assim, o valor da velocidade da luz não é uma constante fundamental. Os padrões de tempo (com incerteza de 10⁻¹⁴) são mais reprodutíveis em termos de incerteza que os de comprimento (incerteza de 10⁻⁸), de modo que, se a velocidade da luz é definida como um número fixo, então, em princípio, o padrão tempo servirá como um padrão de comprimento, desde que exista um aparato conveniente para converter tempo para comprimento através da velocidade da luz.

A realização mais prática do metro é pela medição do comprimento da radiação 630 nm do laser hélio neon estabilizado por iodo, que dá uma precisão de 3 partes em 10¹¹. Os padrões secundários são calibrados por interferometria, com precisão de 10⁻⁹.

As outras unidades de comprimento usadas incluem o milímetro, centímetro, quilômetro e micrômetro. Estes múltiplos e submúltiplos servem para selecionar prefixos que sejam múltiplos de 1000. O uso do milímetro (mm) é comum em desenhos mecânicos. Os valores expressos em milímetros devem ser números inteiros, a não ser que a precisão requeira dígitos depois da vírgula. O centímetro é usado apenas em medidas não técnicas e em produtos de consumo. Também é usado em unidades derivadas, como pressão (kgf/cm²), condutividade (S/cm).

Em grandes distâncias, usa-se o quilômetro, onde não se usam mais que três dígitos depois da vírgula. Em pequenas distâncias, como em acabamento mecânico e física, pode-se usar o micrômetro (μm) e o nanometro (nm) para números mais exatos.

5.4.1.1 Padrões e calibração

O padrão de comprimento era uma barra de platina irídio preservada em Sèvres, França. Atualmente o metro é redefinido em termos de receita. Na prática laboratorial, o interferômetro a laser é usado, com incerteza de 10^{-8} . O interferômetro óptico é fácil de usar e é preciso, mas muito caro.

Na prática industrial, a medição de peças é feita através de paquímetros e micrômetros, que são calibrados com blocos padrão (*gage block*). Os blocos são de aço dimensionalmente estável e duro e formam um conjunto que fornece dimensões precisas em uma grande faixa em pequenos degraus. Os blocos são os padrões de comprimento da indústria. As oficinas mecânicas devem ter conjuntos de blocos, que devem ser periodicamente enviados a um laboratório externo para fins de calibração e certificação.

Para comprimentos da ordem de metros, fitas flexíveis são usadas, por causa do baixo custo e grande facilidade de manuseio. Elas devem ser calibradas contra interferômetros a laser, com incertezas de 10^{-6} . Para aplicações industriais, é fácil calibrar os medidores de comprimento. O problema mais sério da calibração é o grande tempo envolvido, pois o padrão deve ser observado por um período longo para garantir que ele seja estável durante a calibração.

a propriedade de apresentar a menor razão entre a superfície e o volume. 63 duplicações deste cilindro estão distribuídas nos vários laboratórios nacionais de normas e servem como padrão de massa para estes países. A precisão é 1 parte em 10⁹, ou seja, 1 µg em 1 kg. No Brasil, o kilograma padrão está preservado no INMETRO, em Xerém, RJ.

A unidade SI de massa já foi o grama (na prática, o mais usada é a *grama*) definido como a massa de um centímetro cúbico (cubo com lado igual a 1/100 de metro) de água em sua temperatura de máxima densidade (4 °C).

5.4.2.1 Padrões e calibração

O padrão primário da unidade de massa é o protótipo internacional do kilograma do BIPM. A massa de padrões secundários de 1 kg em liga de platina irídio ou em aço inoxidável é comparada à massa do protótipo por meio de balanças cuja precisão pode ser da ordem de 10⁻⁸, fazendo-se a correção do empuxo do ar.

Como visto, o peso é uma força. Os objetos são pesados, pela comparação do peso desconhecido com um peso conhecido. O equipamento usado para pesar coisas é a balança. A etimologia de balança é latina: *bilancis* ou dois pratos. A palavra balança ainda é usada, mesmo quando se tem dois pratos para a pesagem. No lugar do segundo prato, onde se colocaria o peso conhecido, são usados mola, pesos calibrados embutidos ou um servomotor.

Há quatro classes de balanças, cada uma baseada no número de intervalos usados dentro da capacidade da escala. Por exemplo, se uma balança de laboratório tem uma capacidade de 200,00 gramas e ela lê dois decimais, ela deve ter 20 000 intervalos na escala. A OIML (Organization International de Metrologie Legal) classifica as balanças em 4 classes.

A balança é um instrumento para a comparação de massas e pesos. A balança analítica é um instrumento de pesagem com uma capacidade máxima que varia de uma grama a alguns kilogramas com uma precisão mínima de 10⁻⁵, na

capacidade máxima. A balança mecânica se baseia no princípio da alavanca de primeira classe (o ponto de apoio está entre as duas forças). As balanças mecânicas analíticas podem ser do tipo de braços iguais e do tipo de substituição.

Atualmente, são disponíveis balanças eletrônicas, com detetor de nulo, malha de realimentação para controlar a força de balanço e indicação digital com precisão típica de 10^{-6} . O sensor da balança é o *strain-gage*.

No uso de balanças de precisão são requeridos alguns cuidados para minimizar as incertezas, como:

- 1) qualquer balança deve ser colocada em um suporte sólido, de mármore ou concreto e distante de fontes de calor, vibração e corrente de vento,
- 2) nivelar a balança,
- 3) não colocar objetos além da capacidade nominal da balança,
- 4) a balança deve ser limpa após o uso,
- 5) o braço de suporte da balança deve estar sempre engajado. Quando não em uso, todos os pesos devem ser voltados para a posição zero e os pratos colocados na posição suporte,
- 6) estudar o manual da balança fornecido pelo fabricante,
- 7) calibrar periodicamente a balança e os pesos associados.

O peso padrão é um objeto com massa conhecida, feito de material resistente à corrosão (bronze, ouro, prata, platina, aço inoxidável, ligas nobres). Os laboratórios nacionais estabelecem classes de pesos, com limites de tolerância aceitáveis e especificações para materiais e construção.

5.4.3 Calibração de temperatura

A temperatura é uma quantidade fundamental, conceitualmente diferente na natureza do comprimento, tempo e massa. Quando dois corpos de mesmo comprimento são combinados, tem-se o comprimento total igual ao dobro do original. O mesmo vale para dois intervalos de tempo ou para duas massas.

Assim, os padrões de massa, comprimento e tempo podem ser indefinidamente divididos e multiplicados para gerar tamanhos arbitrários. O comprimento, massa e tempo são grandezas extensivas. A temperatura é uma grandeza intensiva. A combinação de dois corpos à mesma temperatura resulta exatamente na mesma temperatura.

A maioria das grandezas mecânicas, como massa, comprimento, volume e peso, pode ser medida diretamente. A temperatura é uma propriedade da energia e a energia não pode ser medida diretamente. A temperatura pode ser medida através dos efeitos da energia calorífica em um corpo. Infelizmente estes efeitos são diferentes nos diferentes materiais.

Por exemplo, a expansão termal dos materiais depende do tipo do material. Porém, é possível obter a mesma temperatura de dois materiais diferentes, se eles forem calibrados. Esta calibração consiste em se tomar dois materiais diferentes e aquecê-los a uma determinada temperatura, que possa ser repetida. Coloca-se uma marca em algum material de referência que não tenha se expandido ou contraído.

Depois, aqueça os materiais em outra temperatura determinada e repetível e coloque uma nova marca, como antes. Agora, se iguais divisões são feitas entre estes dois pontos, a leitura da temperatura determinada ao longo da região calibrada deve ser igual, mesmo se as divisões reais nos comprimentos dos materiais sejam diferentes.

Um aspecto interessante da medição de temperatura é que a calibração é consistente através de diferentes tipos de fenômenos físicos. Assim, uma vez se tenha calibrado dois ou mais pontos determinados para temperaturas específicas, os vários fenômenos físicos de expansão, resistência elétrica, força eletromotriz e outras propriedades físicas termais, irá dar a mesma leitura da temperatura.

A lei zero da termodinâmica estabelece que dois corpos tendo a mesma temperatura devem estar em equilíbrio termal. Quando há comunicação termal entre

eles, não há troca de coordenadas termodinâmicas entre eles. A mesma lei ainda estabelece que dois corpos em equilíbrio termal com um terceiro corpo, estão em equilíbrio termal entre si. Por definição, os três corpos estão à mesma temperatura.

Assim, pode-se construir um meio reproduzível de estabelecer uma faixa de temperaturas, onde temperaturas desconhecidas de outros corpos podem ser comparadas com o padrão, colocando-se qualquer tipo de termômetro sucessivamente no padrão e nas temperaturas desconhecidas e permitindo a ocorrência do equilíbrio em cada caso.

Isto é, o termômetro é calibrado contra um padrão e depois pode ser usado para ler temperaturas desconhecidas. Não se quer dizer que todas estas técnicas de medição de temperatura sejam lineares mas que conhecidas as variações, elas podem ser consideradas e calibradas.

Escolhendo-se os meios de definir a escala padrão de temperatura, pode-se empregar qualquer uma das muitas propriedades físicas dos materiais que variam de modo reproduzível com a temperatura. Por exemplo, o comprimento de uma barra metálica, a resistência elétrica de um fio fino, a milivoltagem gerada por uma junção com dois materiais distintos, a temperatura de fusão do sólido e de vaporização do líquido.

5.4.3.1 Padrões e calibração

Quando um sistema de medição é calibrado, ele é comparado com algum padrão cujo valor é presumivelmente conhecido. Este padrão pode ser outro instrumento, um objeto tendo um atributo físico bem conhecido a ser usado como comparação, uma solução com propriedade química bem conhecida ou uma técnica conhecida e bem aceita para produzir um valor confiável. Um padrão é a base de todas as medições, em um laboratório ou oficina, em uma indústria, em um país e no mundo.

Uma dimensão (em um sentido mais amplo) define uma variável física que é usada para descrever algum aspecto de um sistema físico. O valor fundamental associado com qualquer dimensão é dada por uma unidade. Uma unidade define uma medida de uma dimensão.

Por exemplo, massa, comprimento e tempo descrevem dimensões básicas, com as quais associamos as unidades de quilograma, metro e segundo, respectivamente. Um padrão primário define o valor de uma unidade, fornecendo os meios para descrever a unidade com um único número que pode ser entendido por todos e em todo lugar. Assim, o padrão primário atribui um único valor a uma unidade por definição. Como tal, ele deve definir a unidade exatamente.

Padrões primários são necessários, por que o valor atribuído a uma é arbitrário. Se um metro é o comprimento do braço do rei ou a distância que a luz percorre em uma fração de segundo depende somente de como alguém quis defini-lo. Para evitar confusão, as unidades são definidas por acordo internacional através do uso de padrões primários. Depois de consensado, o padrão primário forma a definição exata da unidade até que ela seja mudada por algum outro acordo posterior, que tenha vantagens sobre a definição anterior.

As principais características procuradas em um padrão são:

- 1) disponibilidade global;
- 2) confiabilidade continuada;
- 3) estabilidade temporal e espacial com mínima sensibilidade às fontes externas do ambiente.

No Brasil, os padrões primários (referência) e secundários (transferência) são mantidos no INMETRO. Periodicamente, o INMETRO também calibra seus próprios padrões de transferência.

A medição requer a definição de unidades, estabelecimento de padrões de medição, formação de escalas e comparação de quantidades medidas com as

escalas. O padrão fornece a ordem de comparação e a base de toda calibração. Foram estabelecidos os conceitos de padrão material e de receita.

Padrão físico ou material é baseado em uma entidade física, como uma quantidade de metal ou um comprimento de uma barra de metal. O padrão material é físico e deve ser armazenado em condições de temperatura, pressão e umidade específicas e ser rastreado periodicamente. Exemplo de padrão físico é quilograma físico, padrão de massa no SI, que consiste em um cilindro de platina-irídio, com 39 mm de altura e de diâmetro e que recentemente engordou, passando para 1,000 030 kg. Este padrão está preservado e guardado em Sèvres, França e uma réplica dele está guardada no INMETRO, em Xerém, RJ, Brasil.

Padrão de receita pode ser reproduzido em qualquer laboratório do mundo, baseando-se em fenômenos físicos, procedimentos e métodos específicos. O padrão de receita substitui o padrão físico por causa da maior facilidade de reprodução e de disponibilidade.

Antes de 1960 a unidade de comprimento era um padrão físico, consistindo de uma barra de Pt-Ir guardada em Sèvres. Em 1960, a unidade de comprimento foi redefinida em termos de padrão de receita óptico, como sendo equivalente a 1 650 763,73 vezes o comprimento de onda da luz laranja vermelha de uma lâmpada de Kr86.

Em 1983, o metro foi redefinido em função do trajeto percorrido por uma onda eletromagnética plana, no vácuo, durante $1/299\,792\,458$ de segundo.

Atualmente, a única unidade definida como padrão material é o quilograma; todas as outras unidades são fixadas por meio de definições de receitas. O tempo foi a última unidade a ser substituída, tendo sido domínio dos astrônomos por milhares de anos.

5.4.3.2 Escala Internacional de Temperatura

Para definir numericamente uma escala de temperatura, deve-se escolher uma temperatura de referência e estabelecer uma regra para definir a diferença entre a referência e outras temperaturas.

As medições de massa, comprimento e tempo não requerem concordância universal de um ponto de referência em que cada quantidade é assumida ter um valor numérico particular. Cada milímetro em um metro, por exemplo, é o mesmo que qualquer outro milímetro. Escalas de temperatura baseadas em pontos notáveis de propriedades de substâncias dependem da substância escolhida. Ou seja, a dilatação termal do cobre é diferente da dilatação da prata. A dependência da resistência elétrica com a temperatura do cobre é diferente da prata.

Assim, é desejável que a escala de temperatura seja independente de qualquer substância. A escala termodinâmica proposta pelo barão Kelvin, em 1848, fornece uma base teórica para a escala de temperatura independente de qualquer propriedade de material e se baseia no ciclo de Carnot.

O estabelecimento ou fixação de pontos para as escalas de temperatura é feito para que qualquer pessoa, em qualquer lugar ou tempo possa replicar uma temperatura específica para criar ou verificar um termômetro. Os pontos específicos de temperatura se tornam efetivamente nos protótipos internacionais de calor. A Conferência Geral de Pesos e Medidas aceitou esta EPIT, em 1948, emendou-a em 1960, e estabeleceu uma nova em 1968 (com 13 pontos) e em 1990 (com 17 pontos).

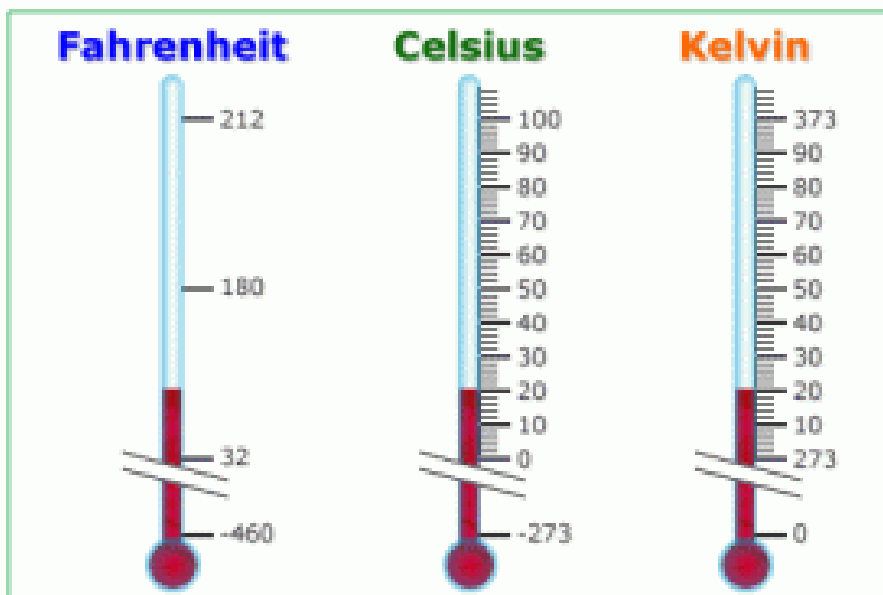


Figura 3 - A unidade da temperatura termodinâmica no SI - Kelvin (K)

Fonte: Suárez (2013)

A Escala Prática Internacional de Temperatura (EPIT) foi estabelecida para ficar de conformidade, de modo aproximado e prático, com a escala termodinâmica. No ponto tríplice da água, as duas escalas coincidem exatamente, por definição. A EPIT é baseada em pontos fixos, que cobrem a faixa de temperatura de $-270,15$ a $1084,62$ °C. Muitos destes pontos correspondem ao estado de equilíbrio durante a transformação de fase de determinado material.

Os pontos fixos associados com o ponto de solidificação ou fusão dos materiais são determinados à pressão de uma atmosfera padrão ($101,325$ Pa) Além destes pontos de referência primários, foram estabelecidos outros pontos secundários de referência, que são mais facilmente obtidos e usados, pois requerem menos equipamentos.

Porém, alguns pontos secundários da EPIT 1968 se tornaram primários na EPIT 1990. Há dois motivos para se ter tantos pontos para fixar uma escala de temperatura:

1) poucos materiais afetados pelo calor mudam o comprimento linearmente ou uniformemente. Tendo-se vários pontos, a escala pode ser calibrada em faixas estreitas, onde os efeitos não linearidade podem ser desprezados.

2) nenhum termômetro pode ler todas as temperaturas. Muitos pontos fixos permitem um sistema robusto de calibração.

Entre os pontos fixos selecionados, a temperatura é definida pela resposta de sensores específicos com equações experimentais para fornecer a interpolação da temperatura. Várias definições diferentes são fornecidas, na EPIT de 1990 para temperaturas muito baixas, próximas do zero absoluto.

Nestas temperaturas, usa-se um termômetro de gás He para medir a pressão e a temperatura é inferida desta pressão. Na faixa de 13,8033 K (961,78 °C) a temperatura é definida por um termômetro de resistência de platina, que é calibrado em conjuntos específicos de pontos fixos com equações de interpolação cuidadosamente definidas.

Acima de 1064,18 °C, a temperatura é definida por pirômetro óptico de radiação, onde a lei de Planck relaciona esta radiação com a temperatura.

A EPIT é continuamente revista e uma nova versão pode estender a faixa para o extremo inferior de 0,5 K, substituindo o instrumento de interpolação a termopar com uma resistência de platina especial e atribuir valores com proximidade termodinâmica para os pontos fixos. Atualmente o mínimo valor definido na EPIT é 13,81 K.

A calibração de um dado instrumento medidor de temperatura é geralmente feita submetendo-o a algum ponto fixo estabelecido ou comparando suas leituras com outros padrões secundários mais precisos, que tenham sido rastreados com padrões primários.

A calibração com outro instrumento padrão é feita através do seguinte procedimento:

- 1) colocam-se os sensores dos dois instrumentos em contato íntimo, ambos em um banho de temperatura;
- 2) varia a temperatura do banho na faixa desejada;
- 3) permite que haja equilíbrio em cada ponto;
- 4) determinam-se as correções necessárias.

Termômetros com sensores de resistência de platina e termopares geralmente são usados como padrões secundários.

A 9ª CGPM (1948) escolheu o ponto tríplice da água como ponto fixo de referência, em lugar do ponto de gelo usado anteriormente, atribuindo-lhe a temperatura termodinâmica de 273,16 K. Foi escolhido o grau Kelvin (posteriormente passaria para Kelvin) como unidade base SI de temperatura e se permitiu o uso do grau Celsius (°C), escolhido entre as opções de grau centígrado, grau centesimal e grau Celsius para expressar intervalos e diferenças de temperatura e também para indicar temperaturas em uso prático.

Em 1960, houve pequenas alterações na escala Celsius, quando foram estabelecidos dois novos pontos de referência: zero absoluto e ponto tríplice da água substituindo os pontos de congelamento e ebulição da água.

A 13ª CGPM (1967) adotou o Kelvin no lugar do grau kelvin e decidiu que o Kelvin fosse usado para expressar intervalo e diferença de temperaturas. Atualmente, Kelvin é a unidade SI base da temperatura termodinâmica e o seu símbolo é K. O correto é falar simplesmente Kelvin e não, grau Kelvin. O Kelvin é a fração de 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.

Na prática, usa-se o grau Celsius e o Kelvin é limitado ao uso científico ou a cálculos que envolvam a temperatura absoluta. Um grau Celsius é igual a um Kelvin, porém as escalas estão defasadas de 273,15. A temperatura Celsius (T_c) está relacionada com a temperatura Kelvin (T_k) pela equação: $T_c = T_k - 273,15$

A constante numérica na equação (273,15) representa o ponto tríplice da água 273,16 menos 0,01. O ponto de 0 °C tem um desvio de 0,01 da escala Kelvin, ou seja, o ponto tríplice da água ocorre a 0,01 °C ou a 0,00 K.

Os intervalos de temperatura das duas escalas são iguais, isto é, 1 °C é exatamente igual a 1 K. O símbolo do grau Celsius é °C. A letra maiúscula do grau Celsius é, às vezes, questionada como uma violação da lei de estilo para unidades com nomes de pessoas.

5.4.3.3 Medição da temperatura

A medição pode ser medida por sensores mecânicos e elétricos. Os principais sensores mecânicos são o bimetálico e o sistema de enchimento termal. Os principais sensores elétricos são o termopar e o detector de temperatura e resistência (RTD).

O sensor bimetálico funciona baseando-se na dilatação diferente para metais diferentes. A variação da temperatura medida causa variação no comprimento e no formato da barra bimetálica, que pode ser usada para posicionar o ponteiro na escala de indicação de temperatura.

O sistema de enchimento termal é formado por um bulbo sensível, um sensor de pressão, um tubo capilar de interligação e um fluido de enchimento. O fluido pode ser gás (tipicamente nitrogênio), fluido não volátil (glicerina ou óleo de silicone) ou um fluido volátil (éter etílico). A temperatura é medida através da variação da pressão do gás ou da pressão de dilatação do fluido não volátil ou da pressão de vapor do fluido volátil.

A medição de temperatura por termopar se baseia na milivolt gerado pela diferença de temperatura entre as duas junções de dois metais diferentes. A medição de temperatura por resistência elétrica se baseia na variação da resistência elétrica de metais ou termistores depender da variação da temperatura medida.

6 ANÁLISE DE MERCADO E COMPETITIVIDADE

Passada a crise mundial que atingiu as indústrias de todo o país, o empresário paranaense tem forte interesse em fortalecer sua empresa, e para tanto, 41,53% dos empresários entrevistados na XIV Sondagem Industrial realizado pelo Sistema FIEP, tem sinalizado interesse em investimentos em Qualidade nos próximos anos. E 34,75 % dos empresários acreditam que somente a implantação de sistemas de gestão de qualidade é o caminho para alcançar esse objetivo. No entanto, 41,82% dos entrevistados não possuem nenhum certificado de qualidade.

Um grande entrave para se conseguir a certificação e posteriormente, o reconhecimento nacional e internacional, está na dificuldade de se assegurar a confiabilidade e a rastreabilidade dos sistemas de medição das indústrias.

Isto se dá não pela nossa falta de competência mas, pela falta de laboratórios para atender essa demanda crescente no país.

Em função do crescimento da necessidade desse tipo de serviço na região sul do país, especialmente no estado do Paraná, faz-se essencial criar um laboratório que atenda essa demanda.

A região norte e nordeste do Paraná vem passando por expressivo crescimento industrial nos últimos anos o que vem gerando uma crescente demanda por serviços laboratoriais em calibração de instrumentos. Essa demanda foi identificada justamente pela expressiva solicitação dos clientes do Laboratório de Metrologia de Londrina e região desse tipo de serviço e o grau de dificuldade que possuem ao contratá-lo.

A maioria das empresas utiliza tanto laboratórios próprios e como contratam serviços de terceiros, embora um percentual significativo (32%) informe que só utilizam laboratórios de terceiros, demonstrando, dessa forma a importância de existirem laboratórios bem estruturados e capacitados para atender a essas necessidades.

Como na cidade de Londrina não há laboratórios que prestem estes serviços, as empresas têm buscado laboratórios de outras regiões o que causa demora, aumento de custos por transporte e distanciamento da possibilidade de inovação tecnológica fomentada por estes laboratórios.

Há também na região, crescente carência de profissionais contextualizados com o atual estado da arte referente à metrologia industrial, e a presença do laboratório potencializará esta contextualização uma vez que todo o corpo técnico e docente estará integrado às demandas da indústria na área de metrologia, podendo assim multiplicar isso para os alunos.

Dados obtidos de somente de um sindicato empresarial, o SINDIMETAL, indicam cerca de 40% dos associados (aproximadamente 360 empresas) necessitam de algum tipo de calibração elétrica. Essa demanda hoje não é atendida na localidade, obrigando o empresário a enviar estes instrumentos, a custos de uma redução de sua produtividade, a laboratórios distantes 380 km (Curitiba).

Outra perspectiva interessante que justifica esse investimento está no fato que para se adequarem a normas regulamentadoras (Como exemplos as NR 10 e NR 33) e a normas brasileiras de fabricação de produtos e serviços (Ex.: NBR 5410), as empresas necessitam comprovação de confiabilidade nos seus sistemas de proteção, medição e monitoramento.

Para os próximos dois anos, das empresas que contratam serviços de ensaios e calibração, 48% pretendem manter os valores gastos com estes serviços, enquanto que 41% delas pretendem aumentá-los. A maior parte das que pretendem aumentar seus gastos deve limitar o crescimento a 20%.

Apenas 6% estão dispostas a reduzir seus gastos com serviços de ensaios e calibração. Este resultado indica que os laboratórios de calibração devem estar preparados para o aumento da demanda, ao mesmo tempo em que demonstra que há, por parte das empresas um reconhecimento da importância desses serviços.

Se considerarmos esse laboratório como sendo o único na região de Londrina os horizontes ampliam-se podendo atingir um mercado que abrangeria toda a região sul do país.

Visto ser um mercado promissor, com calibrações de alto valor agregado, pode surgir o interesse de laboratórios se estabelecerem na área de calibração de instrumentos. Esses riscos poderão ser neutralizados por uma resposta rápida a essas ameaças através de um sistema eficiente de tempos curtos para envio de propostas, realização de serviços, parcerias estratégicas com sindicatos e grandes indústrias.

Temos dentro do mercado alvo, somente na região de Londrina, 902 empresas do setor associadas ao SINDIMETAL. As indústrias contribuem com 4,19 % do PIB do estado (Dados IBGE).

O objetivo também atingir o setor de serviços como empresas prestadoras de serviços para concessionárias de energia, empresas de manutenção, serviços médicos e hospitalares e instituições de ensino privada e particular que hoje somente em Londrina representam 7,7 % do PIB estadual.

Considerando somente na região de Londrina (Londrina, Cambé, Ibiporã, Rolândia), somando-se os setores industrial e de serviços, estamos falando de um PIB de R\$ 9.033.609,00.

Visto não haver outro laboratório na região o Laboratório de Metrologia pretende atender a 100% das empresas que necessitam desse serviços e um alvo de 20 % do mercado paranaense.

O setor de atuação inicial será as regiões Norte e Nordeste do estado e depois expandir os serviços para todo o estado por meio de parcerias com outros laboratórios e outras unidades espalhados no estado.

Os aspectos positivos e negativos da concorrência fazem-nos procurar uma excelência em serviços obtida somente por meio de equipamentos modernos e

treinamento específico na área, nos ajuda a ter uma visão realista de preços e custos de cada calibração.

Podemos avaliar seus métodos de divulgação, seu tempo de resposta para envio de proposta e assim melhorar em todos esses aspectos para garantir uma entrada rápida no mercado.

Qualidade é hoje o diferencial nos serviços prestados pelas empresas, havendo a necessidade de vincular essa imagem positiva também aos novos serviços.

A estratégia de mercado será a segmentação das empresas e a busca de mercados já atendidos por laboratórios externos em áreas como a de alimentos, metal mecânica, farmacoquímicos, agrícola e elétrico.

O foco também se dará em empresas que tem implantado o Sistema de Qualidade ISO 9001 o que dá abertura para oferecer serviços de calibração. Um segundo enfoque será a busca de novos clientes através de segmentos que potencialmente possam ser atendidos.

Estabelece-se no projeto uma etapa específica que se inicia com a contratação de serviços especializados em publicidade, a fim de fortalecer a imagem do Laboratório de Metrologia. Isto se dará por meio de elaboração de material gráfico de divulgação, email marketing e vinculação a meios de comunicação em massa (Ex.: propaganda em rádios e jornal).

7 CONCLUSÃO

O INMETRO, como representante do governo no setor metrológico tem a importante missão de fiscalizar os laboratórios já credenciados e fornecer o credenciamento para aqueles que se demonstrarem possuir competência técnica, que possuem um sistema da qualidade efetivo e que são capazes de produzir resultados tecnicamente válidos.

O laboratório deve utilizar métodos que satisfaçam as necessidades do cliente e que são apropriados para a calibração/ensaio. Isto implica que laboratório deve fazer mais do que puramente executar o ensaio/calibração conforme o método proposto pelo cliente. O laboratório precisa usar de sua experiência para assegurar que entende as necessidades do cliente e que o método a ser utilizado é apropriado.

Após a identificação de uma não conformidade é extremamente importante a realização de uma ação corretiva e trabalhar com planos sempre atuais de ações preventivas para evitar que as não conformidades ocorram novamente.

As mudanças que serão feitas exigem muito mais que a simples adequação de equipamentos ou a aquisição de novos bens, é de extrema importância que haja mudança de comportamento de todo o quadro de funcionários do laboratório, estes devem ter a consciência que a qualidade final do processo de medição será alcançada se em todas as etapas possuírem responsabilidades e objetivos bem definidos que conseqüentemente levarão à qualidade.

REFERÊNCIAS

ALBERTAZZI, Armando; SOUZA, André Roberto. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. Barueri: Manole, 2008.

CARVALHO, A; NEVES, J. **Causas fundamentais das dificuldades na implantação da NBR ISO/IEC 17025:2001 em laboratórios calibração**. Encontro da Sociedade Brasileira de Metrologia, 2003.

CASSANO, D. **Credenciamento**: solução para quem usa ou oferece serviços de ensaio e calibração. Revista Metrologia & Instrumentação, Ano 3, numero 25, pp. 18-22, 2003. São Paulo: Editora Banas, out 2003.

CERQUEIRA NETO, Edgard Pedreira. **Gerenciando a qualidade metrológica**. Rio de Janeiro: Grifo, 1993.

DIAS, José Luciano de Mattos. **Medida da normalização e qualidade**: aspectos da história da metrologia no Brasil. INMETRO: Rio de Janeiro, 1998.

FÉLIX, Júlio Cesar. **A Metrologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

FERREIRA, S V C de S; GOMIDE, T M M; QUILICI, V. **Curso NBR ISO/IEC 17025:2001** – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2003.

FROTA, M N; ALENCAR FILHO J T A; OHAYON, P. **Demanda de recursos humanos em laboratórios de calibração e de ensaios**. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.

GONTIJO, F.E.K **Problemática e Metodologia do Credenciamento de Laboratórios de Ensaio**. 2003. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Sistema Internacional de Unidades** - Sl. 8ª ed. Rio de Janeiro, 2003.

LINK, Walter. **Metrologia mecânica** – expressão da incerteza de medição. INMETRO, IPT, MITUTOYO, SBM, Programa RH-Metrologia, 1997

LINK, Walter. **Tópicos avançados da metrologia mecânica**. INMETRO-Instituto Nacional de Metrologia, normalização e Qualidade Industrial: Rio de Janeiro, 2000.

LIRA, Francisco Adval de. **Metrologia na Indústria**. São Paulo, Érica, 2006.

MACHADO, Mário. **Blocos padrões**. (2013). Disponível em: <http://auna.com.br/auna/bloco-padrao/>. Acesso em: 09 dez. 2013.

MARQUES, L. **Acreditação de laboratórios**: um desafio na Brasil. Revista Metrologia & Instrumentação. Ano 5, número 40, p.34-39, 2006.

RIBEIRO, Marco Antonio. **Metrologia industrial**. In: I SAINST, 1993, Salvador. 1993. Apostila.

SUÁREZ, José E A. **Ciências de La natureza**. Actividad: Tema 3.- Las escalas termométricas. Disponível em: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/jarrsua/>. Acesso em: 08 dez. 2013.

VALLE, Benjamin, BICHO, Galdino. **Guia 25**: a ISO dos laboratórios. Revista BQ-Qualidade, p. 88-92, jun., 1999.

WIKIMEDIA COMMONS. **US National Length Meter.JPG**. (2005). Disponível em: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_National_Length_Meter.JPG. Acesso em: 09 dez. 2013.