

METROLOGIA

Conhecendo e aplicando na sua empresa



2ª Edição



Apoio



Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO,
INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR



METROLOGIA

Conhecendo e aplicando na sua empresa

projeto



sensibilização
e capacitação
da indústria em
normalização,
metrologia e
avaliação da
conformidade

2ª Edição
Revisada

Brasília
2002

© 2002 Confederação Nacional da Indústria

É autorizada a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.

Confederação Nacional da Indústria – CNI
Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

SBN Quadra 01 Bloco C – 17º andar

70040-903 – Brasília – DF

Tel.: (61) 317-9000 Fax: (61) 317-9500

<http://www.cni.org.br> e-mail: sac@cni.org.br

Grupo Gestor

CNI

Confederação Nacional da Indústria

SENAI

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SEBRAE

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

INMETRO

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

MCT

Ministério da Ciência e Tecnologia

MDIC

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas

APEX

Agência de Promoção de Exportações

CNI. COMPI

Metrologia. 2. ed. rev. Brasília, 2002.

87p. : il.

ISBN 85-88566-04-4

“Projeto Sensibilização e Capacitação da Indústria em Normalização, Metrologia e Avaliação da Conformidade”, CNI/COMPI

I. Confederação Nacional da Indústria (Brasil). Unidade de Competitividade Industrial. 1. Metrologia.

CDD 389.1

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO 6

1 – A CIÊNCIA DA MEDIÇÃO 7

- Conceitos Fundamentais 8
- Um Breve Histórico 12
- A Presença da Metrologia no Dia-a-Dia 14
- A Importância da Metrologia para as Empresas 16
- Áreas da Metrologia 17

2 – O PROCESSO DE MEDIÇÃO 19

- Fatores Metrológicos 20
- Resultado da Medição 23

3 – Calibração 29

- Por que Calibrar 30
- O Processo de Calibração 30
- Padrões e Rastreabilidade 33
- Materiais de Referência 35

4 – METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E CONFORMIDADE 39

- Metrologia e as Normas Série ISO 9000 40
- ISO/IEC 17025: Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração 41
 - Rede Brasileira de Calibração – RBC
 - e Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios – RBLE
 - Programas de Comparação Interlaboratorial
- Metrologia e Avaliação da Conformidade 44
 - Organismos de Certificação Credenciados – OCCs
 - Organismos de Inspeção – OI
- Acordos de Reconhecimento Mútuo 47

5 – COMPROVAÇÃO METROLÓGICA: ROTEIRO 49

- Introdução 50
- O Ciclo PDCA para a Comprovação Metrológica 50

6 – ESTRUTURA METROLÓGICA INTERNACIONAL E NACIONAL	53
▪ Estrutura Metrológica Internacional	54
1 – Metrologia Científica e Industrial	54
2 – Organização Internacional de Metrologia Legal – OIML	54
▪ Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – SINMETRO	55
▪ Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO	56
▪ Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO	56
Metrologia Científica e Industrial	57
Estrutura Laboratorial Brasileira	58
Metrologia Legal	59
Credenciamento e Qualidade	61
▪ Algumas Organizações Ligadas à Metrologia no Brasil	61
Redes Regionais de Metrologia	61
Sociedade Brasileira de Metrologia – SBM	62
Organizações Corporativas	62
7 – FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM METROLOGIA	63
8 – METROLOGIA NA ATUALIDADE	67
▪ Aspectos Diversos	68
▪ Sistema Interamericano de Metrologia – SIM	70
▪ Comparações-chave (<i>Key Comparisons</i>)	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	76
▪ Sistema Internacional de Unidades (SI)	76
Importância do Sistema Internacional de Unidades	76
Unidades de Base e Unidades Derivadas	76
Algumas Regras para Utilização dos Símbolos das Unidades do SI	78
▪ Metrologia Química	79
Considerações Gerais	79
Rastreabilidade	79
Ações do INMETRO	80
Alguns Exemplos da Importância da Análise do Tamanho da Partícula para o Produto	82
Área da Saúde	83
▪ Siglas Utilizadas	85
▪ Sites da Internet	87

APRESENTAÇÃO

A Confederação Nacional da Indústria – CNI, em parceria com o MCT, MDIC, ABNT, INMETRO, SENAI, SEBRAE e APEX, desenvolveu uma coletânea de três cartilhas – *Normalização; Metrologia; e Avaliação da Conformidade* e a publicação *Estudos de Casos* – em linguagem simples e direta, orientadas a servirem de informação básica e como ferramenta de trabalho no âmbito das empresas brasileiras.

Todas as entidades parceiras deste projeto reiteram o seu caráter estratégico e, neste sentido, esperam estar, com esta coletânea, efetivamente contribuindo para a construção de um Brasil industrial mais competitivo.

A progressiva globalização da economia, conjugada a um ambiente tecnológico crescentemente dinâmico e competitivo demonstra, por si só, que a agenda para a competitividade da indústria brasileira é árdua e merecedora de intenso esforços dos diferentes agentes: Governo, Iniciativa Privada e Organismos de Apoio.

Nesse sentido, o emprego de ferramentas como a Normalização, a Metrologia e a Avaliação da Conformidade, como forma de agregar valor a produtos e processos industriais, vem, cada vez mais, crescendo em importância, em especial no acesso e manutenção de mercado. Conseqüentemente, o emprego de tais ferramentas precisa ser intensificado em um ritmo acelerado.

A cartilha *Metrologia – Conhecendo e Aplicando na sua Empresa* tem como objetivo principal auxiliar as empresas na utilização e interpretação dos conceitos da Metrologia – seja nas medições empregadas em laboratórios, nas avaliações de conformidade do produto, nas calibrações de equipamentos e instrumentos ou no dia-a-dia do controle de um processo de fabricação.

A Metrologia está intimamente ligada à Normalização e à Avaliação da Conformidade. As três funções interferem diretamente na qualidade de um produto ou serviço. A busca da metrologia como um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas é, na verdade, uma questão de sobrevivência.

O sistema metrológico brasileiro apresenta hoje maturidade suficiente para um salto qualitativo. Como estratégia básica, tem praticado a capacitação e agregação de recursos humanos de alto nível com o objetivo de promover a sua inserção na área científica e a consolidação do seu papel na área tecnológica.

Neste campo, o Brasil tem envidado esforços no sentido de construir uma infra-estrutura, a exemplo das redes de laboratórios nacionais de metrologia, que, sem dúvida, possui um papel fundamental na alavancagem da competitividade da indústria brasileira.

Fernando Bezerra

Presidente da CNI

INTRODUÇÃO

METROLOGIA

Palavra de origem grega (*metron*: medida; *logos*: ciência), é a ciência que estuda as medições, abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos.

A presente publicação tem como objetivo fornecer auxílio às empresas na utilização e interpretação dos conceitos da **Metrologia – a ciência da medição** – seja nas medições empregadas em laboratórios, nas avaliações de conformidade do produto, nas calibrações de equipamentos e instrumentos ou no dia-a-dia do controle de um processo de fabricação. Atualmente, devido à confiabilidade dos sistemas de medição, seguindo-se à risca os requisitos e especificações técnicas e atendendo-se aos regulamentos e normas existentes, é possível produzir peças (e/ou acessórios) em diferentes partes do mundo e estas peças se encaixarem perfeitamente (condições de intercambiabilidade e rastreabilidade).

Uma lâmpada pode ser fabricada nos EUA, enviada para montagem num farol de carro produzido no Brasil e este ser instalado num carro italiano.



Ao longo desta cartilha, procuramos demonstrar como a função Metrologia está intimamente ligada às funções Normalização e Avaliação da Conformidade, e como as três funções interferem na qualidade.

Juntas, estas funções formam o tripé de sustentação do programa denominado TIB – Tecnologia Industrial Básica.

1

A CIÊNCIA DA MEDIÇÃO

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

O conceito de qualidade e satisfação do cliente faz parte do dia-a-dia do consumidor e dos empresários. Não existe mais espaço para empresas que não praticam a qualidade como o seu maior valor.

E para garantir essa qualidade é necessário e imprescindível **medir**.

O que é **qualidade** de um produto ou serviço? Dentre as muitas definições informais, qualidade significa ser **apropriado ao uso**, ou seja, ter a **performance, durabilidade, aparência, utilidade, conformidade e confiabilidade** esperadas pelo cliente.

Medir uma grandeza é compará-la com outra denominada **unidade**. O número que resulta da comparação de uma grandeza com uma unidade recebe o nome de **valor numérico da grandeza**.

O comprimento de um tubo de ferro é, por exemplo, três metros. Ao medir o tubo, portanto, precisamos utilizar uma unidade específica para expressar o resultado. No exemplo citado, a unidade é o metro, e para medir em metros devemos ter alguma régua ou trena marcada em metros.

A trena ou régua será a **materialização física** da unidade. Com base no resultado da medição conseguiremos saber quantas vezes o comprimento do tubo contém a unidade metro.

A maioria das medições não pode ser realizada apenas por uma comparação visual entre uma quantidade desconhecida e uma quantidade conhecida. Deve-se dispor de algum instrumento de medição.

EXEMPLO

Um voltímetro para as medições de tensão elétrica. Uma quantidade desconhecida de tensão elétrica promove um desvio no ponteiro do instrumento, e a medida é obtida observando-se a posição deste ponteiro na escala. O instrumento foi previamente calibrado, marcando-se a escala em unidades de tensão elétrica.



Durante toda a nossa vida realizamos **medições**. Medir é uma necessidade humana, e na modernidade é cada vez mais importante obter medições confiáveis.

MEDIÇÃO

Entende-se por **medição** um conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de uma grandeza, ou seja, sua expressão quantitativa, geralmente na forma de um número multiplicado por uma unidade de medida. **Por exemplo:** medir a altura de uma pessoa (1,75 m), avaliar a velocidade de um carro (80 km/h), conhecer o número de defeitos de uma linha de produção (1 peça por 100 mil), calcular o tempo de espera em uma fila de banco (30 min).

Do ponto de vista técnico, quando uma medição é realizada espera-se que ela seja:

- **exata**, isto é, o mais próximo possível do valor verdadeiro;
- **repetitiva**, com pouca ou nenhuma diferença entre medições efetuadas sob as mesmas condições;
- **reprodutiva**, com pouca ou nenhuma diferença entre medições realizadas sob condições diferentes.

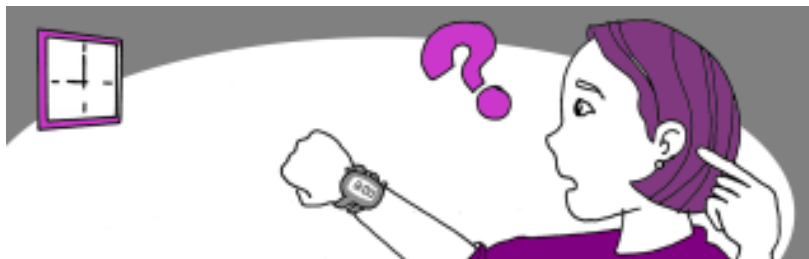
EXEMPLOS

Exata: conhecer a quantidade correta de gasolina colocado em um carro.

Repetitiva: três medidas de comprimento de uma mesa realizadas pela mesma pessoa, utilizando a mesma régua, no mesmo ambiente de trabalho.

Reprodutiva: a medida do peso de uma carga transportada por um navio, efetuada em dois portos diferentes.

Apesar de todos os cuidados, quando realizamos uma medida poderá surgir uma dúvida: qual é o valor correto? Observando a figura a seguir, de que maneira poderemos saber a hora correta se os dois relógios indicarem valores diferentes?



Neste instante, é necessário recorrer a um **padrão** de medição. Para a hora, por exemplo, um padrão poderia ser o relógio do Observatório Nacional. Para tirar a dúvida, ligamos para o Observatório e conheceremos a hora correta.

Um padrão tem a função básica de servir como uma **referência** para as medições realizadas. Pode ser:

- uma **medida materializada** (ex.: massas padrões de uma balança);
- um **instrumento de medição** (ex.: termômetro);
- um **material de referência** (ex.: solução-tampão de pH);
- um **sistema de medição** destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência (ex.: a Escala Internacional de Temperatura de 1990).

Continuando no exemplo dos relógios. Como saberemos se a hora informada pelo Observatório Nacional é a verdadeira? Resposta: não saberemos. Por convenção consideramos a hora do Observatório Nacional como sendo o **valor verdadeiro convencional** da hora no Brasil.

VALOR VERDADEIRO CONVENCIONAL

Valor atribuído a uma grandeza específica e aceito, às vezes por convenção, como tendo uma incerteza apropriada para uma finalidade.

Então quer dizer que para sabermos a hora certa precisamos entrar em contato com o Observatório Nacional a todo momento? Resposta: não. Se ajustarmos os relógios com o valor informado pelo Observatório Nacional poderemos saber que horas são a qualquer momento.

Este processo de comparação é chamado de **calibração**, pois estabelece a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes do padrão.

CNI

CALIBRAÇÃO

Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação 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 estabelecidas por padrões.

Quando calibramos os relógios, eles foram **relacionados** com o Observatório Nacional, isto é, as medidas feitas têm como referência o valor informado pelo Observatório Nacional. Este relacionamento é denominado **rastreabilidade** de uma medição.



RASTREABILIDADE

Propriedade do resultado de uma medida ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, por meio de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.

O resultado de toda medição é expresso por um **número** e por uma **unidade de medida**. Para realizar uma medição, é necessário termos unidades de medidas definidas e aceitas convencionalmente por todos. O Brasil segue a **Convenção do Metro**, que adota as unidades definidas no **SI – Sistema Internacional de Unidades** – como padrão para as medições.

EXEMPLO

Medimos a temperatura ambiente de um escritório e encontramos 23 °C (vinte e três graus Celsius). O símbolo °C representa a unidade **grau Celsius** (definida no **SI**) e, pela leitura, encontramos um valor de 23.



UM BREVE HISTÓRICO

O homem cedo percebeu que "apenas" medir não era suficiente, devido à grande diversidade de unidades e suas denominações entre uma região e outra. Além disso, variavam também seus valores, e para que as medições tivessem sentido, elas teriam que concordar umas com as outras.

Padrões de comprimento baseados no corpo humano, tais como a mão, o palmo e o pé, foram usados no início dos tempos. O primeiro padrão conhecido surgiu no Egito com o faraó Khufu, durante a construção da Grande Pirâmide (ano 2900 antes de Cristo). Era um padrão de granito preto, e foi chamado de "**Cúbito Real Egípcio**".

CÚBITO REAL EGÍPCIO

Tinha o comprimento equivalente do antebraço até a mão do faraó. Este padrão de trabalho foi muito eficien-

te, pois garantiu uma base para a pirâmide quase que perfeitamente quadrada (o comprimento de cada lado da base não desviou mais que 0,05% do seu valor médio de 228,6 metros).

Em 1305, na Inglaterra, o rei Eduardo I decretou que fosse considerada como **uma polegada** a medida de três grãos secos de cevada, colocados lado a lado para uniformizar as medidas em certos negócios.

Os sapateiros ingleses gostaram tanto da **idéia** que passaram a fabricar, pela primeira vez na Europa, sapatos com tamanho padrão baseados nessa unidade. Desse modo, um calçado medindo quarenta grãos de cevada passou a ser conhecido como tamanho 40, e assim por diante.

CNI

No comércio de tecidos, a unidade de comprimento escolhida foi o comprimento do antebraço humano até a ponta do dedo indicador. Essa escolha rapidamente apresentou problemas, pois os comerciantes passaram a selecionar como vendedores pessoas com braços curtos, inviabilizando dessa forma a adoção deste sistema de unidade.

No fim do século XVIII, após a Revolução Francesa de 1789, a Academia de Ciência de Paris recebeu instruções da Assembléia Nacional Constituinte do novo Governo Republicano para propor um sistema de pesos e medidas baseado numa constante natural e que pudesse ser também adotado por todas as outras nações – seguindo os princípios da Revolução Francesa de "Liberdade, Igualdade e Fraternidade", criar um sistema que fosse, de fato, **internacional**.

O novo sistema criou o "**metro**" como unidade de comprimento (o metro valia $0,1 \times 10^6$ da distância entre o Pólo Norte e a linha do Equador, medido ao longo do meridiano que passava pelo Observatório de Paris). Criou-se, também, uma unidade de massa igual ao peso de um decímetro cúbico (dm^3) de água ($1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro}$). O dm^3 tornou-se a unidade de volume.

Em 1799, o metro foi materializado por uma barra de platina de seção retangular com 25,3 mm de largura e 4 mm de espessura para 1 metro de comprimento de ponta a ponta. Ao mesmo tempo foi confeccionado um padrão de quilograma para representar o peso de 1 dm³ de água pura na temperatura de 4,44 °C. O quilograma foi um cilindro de platina com diâmetro igual à altura de 39 mm. Esses padrões vigoraram por mais de 90 anos.

O sistema métrico não entrou em vigor sem encontrar resistências, principalmente na massa da população que suscitou a maior oposição. O Governo francês não se deixou abater pelas revoltas e caçadas e manteve-se firme, firmeza essa coroada de êxitos e à qual devemos os benefícios que hoje desfrutamos.

Em 1875 surgiu a **Convenção Internacional do Metro**, e em 1960 o sistema foi revisado, simplificado e passou a ser chamado de "**SI – Sistema Internacional de Unidades**".

No Brasil diversas tentativas de uniformização das unidades de medir foram realizadas durante o Primeiro Império, mas somente em 1862, com a Lei Imperial nº 1.157 promulgada por D. Pedro II, foi adotado oficialmente no país o sistema métrico francês.

No regime republicano, o Decreto-Lei nº 592, de 1938, obrigou a utilização no país do Sistema Métrico Decimal. A execução desse decreto-lei foi atribuída ao Instituto Nacional de Tecnologia – **INT** (do então Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio) – por meio da Divisão de Metrologia, ao Observatório Nacional e a uma Comissão de Metrologia com funções normativas e consultivas.

O crescimento industrial tornou necessária a criação de mecanismos eficazes de controle que impulsionassem e protegessem os produtores e consumidores brasileiros. Em 1961 foi criado o **INPM** – Instituto Nacional de Pesos e Medidas – que implantou a Rede Nacional de Metrologia Legal (atuais **IPEMs** – Institutos Estaduais de Pesos e Medidas) e instituiu o **SI** no Brasil.

Em 1973, em substituição ao INPM, foi criado o **INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial –, cuja missão é "contribuir decisivamente para o desenvolvimento sócio-econômico e melhoria da qualidade de vida da sociedade brasileira, utilizando instrumentos da Metrologia e da Qualidade de forma a promover a inserção competitiva e o avanço tecnológico do país, assim como assegurar a proteção do cidadão especialmente nos aspectos ligados à saúde, à segurança e ao meio ambiente".

A PRESENÇA DA METROLOGIA NO DIA-A-DIA

O homem utiliza as técnicas de medição para complementar seu sistema sensorial e "alimentar" seu cérebro com dados e informações. Este conjunto – medição + cérebro – é a base de todo trabalho científico em prol do progresso da humanidade.



Medir faz parte do dia-a-dia do ser humano, mas nem sempre nos damos conta de quanto a metrologia está presente. Ao acordarmos utilizamos normalmente um despertador.

Mesmo aqueles que se utilizam de um serviço telefônico não podem esquecer que "em algum lugar" a hora está sendo medida.



MEDICÃO DA HORA

Ao realizarmos nossa higiene diária utilizamos produtos industrializados (sabonete, pasta de dente, creme de barbear, shampoo, perfume, etc.) que foram medidos anteriormente (peso, volume, composição química, etc.) e liberados para comercialização.

Nos restaurantes que servem "comida a quilo", nos deparamos com mais um exemplo de como a metrologia nos afeta.



Para o automóvel não ficar sem combustível e nos deixar parados no meio da rua, existe um indicador da quantidade de combustível do tanque que nos orienta para a hora do reabastecimento. Para não sermos multados por excesso de velocidade, os veículos possuem um velocímetro que também nos orienta.



Ao utilizarmos um táxi, o taxímetro mede o valor da tarifa em função da distância percorrida.



No posto de gasolina, nos deparamos com um sistema de medição da quantidade de combustível colocada no tanque de combustível de nosso carro.

Em casa, no escritório, lojas, escolas, hospitais e indústrias existe a medição do consumo de energia elétrica, água, gás e das ligações telefônicas (esta última realizada nas concessionárias).



Para a nossa garantia durante o *check-up* médico são utilizados instrumentos tais como eletrocardiógrafos, termômetros, esfigmomanômetros, entre outros.



Os exemplos anteriores e diversos outros que poderíamos assinalar demonstram como é impossível para o homem viver sem os instrumentos e/ou sistemas de medidas.

A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA PARA AS EMPRESAS

Para nossas medições terem sentido, elas têm que concordar com as medições de outros homens, senão poderemos chegar uma hora atrasados à reunião e dizer que estamos no horário.

Este acordo universal das unidades de medida é um dos pontos mais importantes da metrologia. Para que isso aconteça, existe toda uma estrutura metrológica nacional e internacional que garante que os padrões são mantidos e aplicados no nosso dia-a-dia.

A padronização de unidades de medida é um dos fatores comerciais mais importantes para as empresas. Imagine se cada fabricante de sapatos resolvesse fabricá-los com unidades diferentes ou se cada um deles não tivessem suas medidas relacionadas a um mesmo padrão? Se não houvesse padronização, como poderíamos comprar um 1 kg (um quilograma) de carne em dois açougues diferentes?

Numa empresa pode acontecer que um determinado produto seja produzido na fábrica com base em medições efetuadas por um Instrumento-1 e o mesmo produto seja verificado no departamento de controle da qualidade, ou pelo cliente, por meio de medições com um Instrumento-2. Imaginemos que os resultados sejam divergentes: qual dos dois é o correto? É natural que cada parte defenda o seu resultado, mas também é possível que nenhuma delas possa assegurar que o seu resultado é o correto.

Esta situação, além do aspecto econômico que poderá levar à rejeição do produto, poderá ainda conduzir ao confronto **cliente x fornecedor**, refletindo-se em um desgaste neste relacionamento e podendo repercutir na sua participação no mercado.

O problema da padronização das medidas é bastante visível em nossas medições domésticas, o que nos leva, conseqüentemente, a obter resultados bastante diferentes. Basta lembrar de casos rotineiros, como, por exemplo, durante:

- a lavagem de roupas: qual a quantidade correta de sabão, água e roupa suja?
- o preparo da comida: quanto é sal, açúcar e pimenta a gosto? Colocar uma colher de sopa de manteiga, se nem todas as colheres de sopa têm o mesmo tamanho?



Problemas idênticos possuem as empresas domésticas e as empresas chamadas de "fundo de quintal". Dificilmente conseguirão uma produção de qualidade uniforme, se não possuírem um sistema padronizado de medições confiáveis.



A busca da **metrologia** como um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas é, na verdade, uma questão de sobrevivência. No mundo competitivo em que estamos não há mais espaço para medições sem qualidade, e as empresas deverão investir recursos (humanos, materiais e financeiros) para incorporar e harmonizar as funções básicas da competitividade: **normalização, metrologia e avaliação de conformidade**.

ÁREAS DA METROLOGIA

Basicamente, podemos dividir a Metrologia em três grandes áreas de atuação: científica, industrial e legal.

A **Metrologia Científica** trata, fundamentalmente, dos padrões de medição internacionais e nacionais, dos instrumentos laboratoriais e das pesquisas e metodologias científicas relacionadas ao mais alto nível de qualidade metrológica.

EXEMPLOS

Calibração de termômetros-padrão de mercúrio em vidro e de pirômetros ópticos.

Medidas de comprimento utilizando equipamentos a "laser".

Calibração de pesos-padrão e balanças analíticas para laboratórios.

A **Metrologia Industrial** abrange aos sistemas de medição responsáveis pelo controle dos processos produtivos e pela garantia da qualidade e segurança dos produtos finais.

EXEMPLOS

Medição e controle de uma linha de produção de automóveis.

Ensaio em produtos certificados, tais como brinquedos, extintores de incêndio, fios e cabos elétricos, entre outros.



A **Metrologia Legal** é responsável pelos sistemas de medição utilizados nas transações comerciais e pelos sistemas relacionados às áreas de saúde, segurança e meio ambiente.

EXEMPLOS

Verificação de bombas de abastecimento de combustíveis.

Verificação de taxímetros e o controle de emissão dos gases da combustão.

Verificação de seringas hipodérmicas (volume e marcações adequadas).

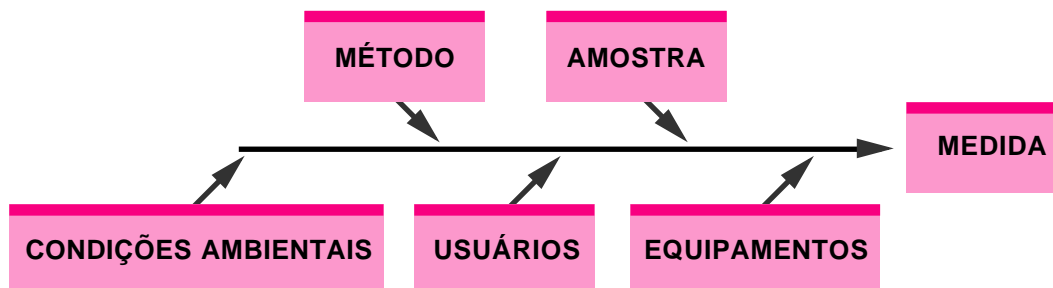


2

O PROCESSO DE MEDIÇÃO

FATORES METROLÓGICOS

Os **fatores metrológicos** que interferem diretamente no resultado de uma medição podem ser agrupados nas seguintes categorias: **método, amostra, condições ambientais, usuários e equipamentos**. Desta forma, as medições transformam os fatores metrológicos de um processo qualquer em uma medida. Pode-se entender a medida como o **resultado do processo de medição**, e, nesse sentido, sua qualidade depende de como tal processo é gerenciado.



Método

- O **método de medição** é uma seqüência lógica de operações, descritas genericamente, usadas na execução das medições para se obter uma medida adequada, ou seja, de qualidade.

Basicamente podemos agrupar os métodos de medição em duas categorias:

- **Método de medição direto:** é o método mais simples de realização no qual empregamos diretamente o equipamento de medição para obtenção do resultado da medida.



EXEMPLOS

Medição de um comprimento com uma régua.

Medição de tensão elétrica de uma tomada com um voltímetro.

Medição de temperatura com um termômetro de vidro.



▪ **Método de medição indireto:** consiste na comparação de um valor desconhecido com um valor conhecido.

EXEMPLOS

Pesagem de uma peça com uma balança de pratos, comparando o valor da peça com o valor de uma massa padrão conhecida.



Medição de um volume utilizando um recipiente de volume conhecido.



Amostra

Amostra significa uma determinada quantidade retirada de um conjunto total (por exemplo de um conjunto de peças, de um grupo de pessoas, etc.) e que pode ser considerada como representativa deste conjunto.

Quando selecionamos, condicionamos e tratamos adequadamente uma amostra e esta é avaliada e medida, os resultados encontrados podem ser atribuídos ao conjunto original.

EXEMPLO

De um lote de 1.000 esferas, cujo diâmetro desejamos conhecer, tomamos **como amostra 100 peças**. A média das medidas do diâmetro das 100 peças pode ser considerada como o valor esperado do diâmetro de todo o lote de esferas produzido.

Sendo assim, devemos tomar cuidado na seleção e utilização da amostra de modo que ela realmente **represente** o conjunto; caso contrário estaremos atribuindo valores errados em função de uma escolha ou manuseio indevidos daquela amostra.

Estes cuidados devem levar em conta, entre outros aspectos:

- que a amostra seja representativa do lote;
- que a amostra seja retirada do mesmo lote de fabricação que está sendo analisado;
- que as medições da amostra sejam realizadas, se possível, nas mesmas condições de fabricação;
- que contaminações que adulterem as características da amostra sejam evitadas;
- que o prazo de validade da amostra não esteja vencido.

Condições Ambientais

Entende-se como **condições ambientais** certas características do ambiente onde os instrumentos são utilizados, tais como: a temperatura, umidade, poeira, vibração, tensão de alimentação, etc., e de como elas podem afetar os resultados das medições.

EXEMPLO

Para avaliarmos a composição química de um remédio necessitamos que a temperatura do local seja mantida em 22 °C. Deveremos, então, instalar um ar-condicionado que permita o controle e manutenção desta temperatura. Quando a temperatura sair do valor correto, devemos interromper as medições.



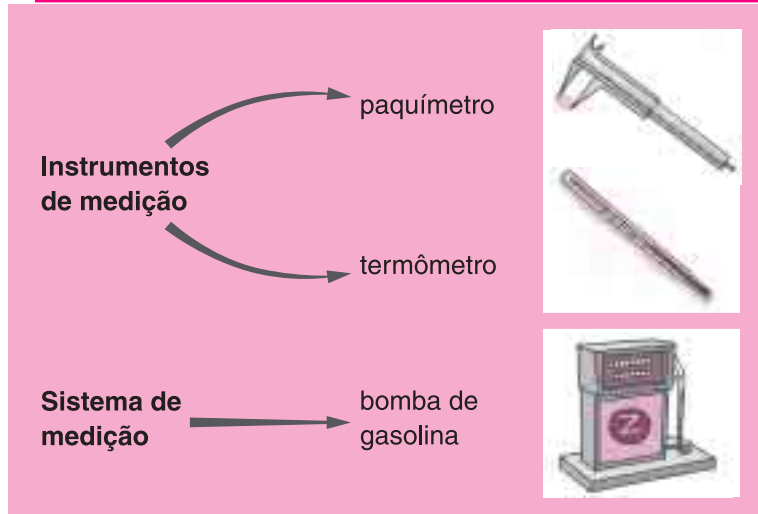
Usuário

O usuário deve ser treinado e capacitado para a utilização correta do equipamento de medição. Deve também conhecer o método de medição, saber avaliar as condições ambientais, decidir sobre a realização ou não das medições, selecionar adequadamente a amostra a ser avaliada, registrar e interpretar o resultado das medições.

Equipamentos

Qualquer equipamento, utilizado isoladamente ou em conjunto, para a realização de uma medição é chamado de instrumento de medição. O conjunto de instrumentos de medição e de outros equipamentos acoplados para execução de uma medida é denominado sistema de medição.

EXEMPLOS



RESULTADO DA MEDIÇÃO

Não existe medição 100% exata, isto é, isenta de dúvidas no seu resultado final. Na realidade o que buscamos é conhecer a grande incerteza, identificando os erros existentes, corrigindo-os ou mantendo-os dentro de limites aceitáveis.

Erro de medição

O erro de medição é a diferença entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro convencional do objeto a ser medido.

Podemos dividir os erros da medição em três grupos: grosseiros, sistemáticos e aleatórios.

Erro Grosseiro

O erro grosseiro é aquele cujo valor encontrado em conjuntos de medições difere dos outros. Os erros grosseiros, normalmente, correspondem a um valor que deve ser desprezado quando identificado e não deve ser tratado estatisticamente.

EXEMPLO

12,5

12,3

123 erro grosseiro

12,4

Um erro grosseiro pode ser causado, por exemplo, por um defeito no sistema de medição ou uma leitura equivocada.

■ Erro Sistemático

Erro sistemático é a diferença entre a **média** de um determinado número de medições e o valor verdadeiro convencional. Este erro pode ser eliminado na calibração, pois normalmente ocorre em função de uma causa constante. Os erros sistemáticos fazem a média de um conjunto de medições se afastar do valor verdadeiro aceitável e afetam a exatidão dos resultados.

EXEMPLO

Valor verdadeiro convencional: **12,3**

Medidas: **12,2 12,1 12,3**

Média das medidas: **$(12,1+12,2+12,3)/3=12,2$**

Erro sistemático: $12,2 - 12,3 = - 0,1$

■ Erro Aleatório

Erro aleatório é a diferença entre o resultado de **uma** medição e a **média** de um determinado número de medições. Os erros aleatórios acontecem em função de causas irregulares e imprevisíveis e dificilmente podem ser eliminados. Os erros aleatórios ocasionam medições espalhadas de forma relativamente simétrica em torno do valor médio.



EXEMPLO

Medidas: 1ª – 12,2

2ª – 12,1

3ª – 12,3

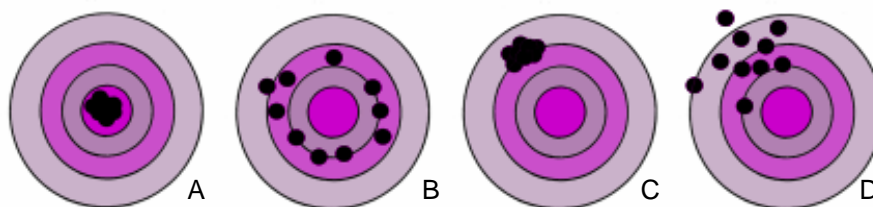
Média das medidas:

$(12,2+12,1+12,3)/3 = 12,2$

	média	
Erro aleatório 1ª medida: 12,2 –	12,2	= 0
Erro aleatório 2ª medida: 12,1 –	12,2	= – 0,1
Erro aleatório 3ª medida: 12,3 –	12,2	= 0,1

• Caracterização de Erros Sistemáticos e Aleatórios (Exatidão e Repetitividade)

Quatro atiradores (A, B, C e D), a uma mesma distância do alvo, atiram 10 vezes. Os resultados dos tiros estão mostrados na figura a seguir.



O atirador A conseguiu acertar todos os tiros no centro do alvo (**boa exatidão**), o que demonstra uma excelente repetitividade (**boa repetitividade**). Neste caso, o atirador apresenta um erro sistemático e aleatório muito baixo.

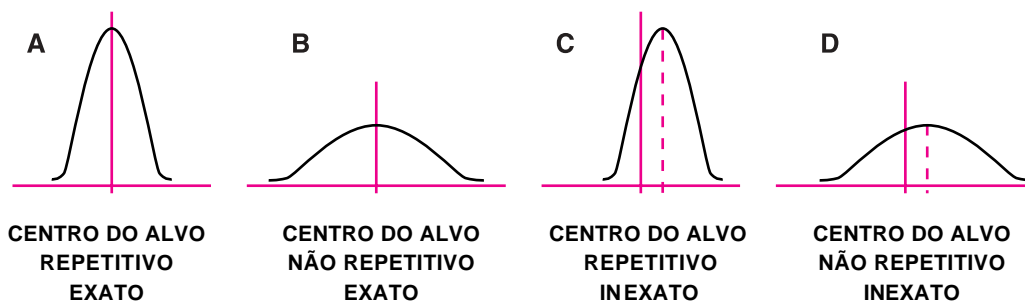
O atirador B apresentou um espalhamento muito grande em torno do centro do alvo (**baixa repetitividade**), porém os tiros estão aproximadamente equidistantes do centro (**boa exatidão**). O espalhamento dos tiros decorre do erro aleatório e a posição média das marcas dos tiros, que coincide aproximadamente com a posição do centro do alvo, refletindo a influência do erro sistemático. Este atirador apresenta erro aleatório elevado e erro sistemático baixo.

O atirador C apresenta os tiros concentrados (**boa repetitividade**), com baixa dispersão, porém afastados do centro do alvo (**baixa exatidão**). Isto indica um pequeno erro aleatório e um grande erro sistemático.

O atirador D, além de apresentar um espalhamento muito grande (**baixa repetitividade**), teve o "centro" dos tiros distante do centro do alvo (**baixa exatidão**). Este atirador apresenta elevado erro aleatório e sistemático.

Comparando-se as figuras dos atiradores B, C e D, afirmamos que o C é o melhor dentre eles, pois, apesar de nenhum dos seus tiros ter acertado o centro do alvo, o seu espalhamento é muito menor. Se ajustarmos a mira do atirador C, conseguiremos uma condição próxima à do A, o que jamais poderemos obter com os atiradores B e D.

Se colocarmos a distribuição de tiros dos 4 atiradores sob a forma de "curva normal" teremos, para cada atirador:



Incerteza de Medição

Um processo de medição pode não apresentar erros (ou uma vez existentes e identificados, os erros podem ser corrigidos e/ou eliminados), porém sempre haverá uma incerteza no resultado final da medição. A incerteza nunca será eliminada, e, na melhor das hipóteses, poderá ser reduzida.

INCERTEZA DE MEDIÇÃO

A incerteza de medição é um parâmetro associado ao resultado de uma medição que caracteriza a dispersão dos valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos a um mensurando.

Quanto mais apurado o processo de medição, ou seja, quanto melhor identificadas, controladas e reduzidas as influências dos fatores metrológicos (método, amostra, condições ambientais, usuários e equipamentos), maior será a confiança no resultado final.

Assim, o resultado da medição deverá ser expresso da seguinte forma:

$$RM = (R \pm U) \text{ [unidade de medição]}$$

RM – resultado da medição

R – resultado encontrado

U – incerteza

Obs.: em geral R representa o valor médio da grandeza a ser medida, descontado ou acrescido das correções devidas aos erros encontrados (erros positivos ou negativos).

As incertezas são classificadas em dois tipos: Tipo A e Tipo B.

Incerteza Tipo A

São as incertezas avaliadas pela análise estatística de uma série de observações. Podem, portanto, ser caracterizadas por desvios padrão experimentais, ou seja, originadas pelo processo de medição propriamente dito e caracterizadas pela dispersão dos resultados das medições.

Incerteza Tipo B

Incetezas avaliadas por outros meios que não a análise estatística de uma série de observações. Podem, também, ser caracterizadas por desvios padrão, estimados

por distribuições de probabilidades assumidas, baseadas na experiência ou em outras observações.

Exemplos de incertezas Tipo B:

- gradiente de temperatura durante a medição
- afastamento da temperatura ambiente em relação à temperatura de referência
- tipo do indicador (analógico ou digital)
- instabilidade da rede elétrica
- paralaxe
- incerteza do padrão
- instabilidade temporal
- erros geométricos
- deformações mecânicas
- histerese

A incerteza final (U) é uma combinação de todas as incertezas Tipo A e Tipo B encontradas no processo de medição.



3

CALIBRAÇÃO

POR QUE CALIBRAR

As empresas devem entender que a **calibração** dos equipamentos de medição é um componente importante na **função qualidade** do processo produtivo, e dessa forma devem incorporá-la às suas atividades normais de produção. A calibração é uma oportunidade de aprimoramento constante e proporciona vantagens, tais como:

- Redução na variação das especificações técnicas dos produtos. Produtos mais uniformes representam uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.
- Prevenção dos defeitos. A redução de perdas pela pronta detecção de desvios no processo produtivo evita o desperdício e a produção de rejeitos.
- Compatibilidade das medições. Quando as calibrações são referenciadas aos padrões nacionais, ou internacionais, asseguram atendimento aos requisitos de desempenho.

O PROCESSO DE CALIBRAÇÃO

A calibração permite avaliar as incertezas do processo de medição, além de identificar os desvios entre os valores indicados por um instrumento e os valores convencionalmente verdadeiros. As operações de calibração, fundamentadas na comparação com um padrão, possuem algumas características que serão apresentadas a seguir.

Determinação do sistema de medição padrão

A escolha adequada do sistema de medição padrão a ser utilizado repercutirá na qualidade e no resultado final das medições. Portanto, quanto melhor (menor incerteza e maior repetitividade) o padrão melhores serão as condições de realização da calibração.

Escolha dos instrumentos críticos da empresa

Durante a implementação de um sistema de avaliação dos instrumentos de medição, a primeira pergunta que vem à nossa mente é: quais são os instrumentos de medição que devemos controlar?

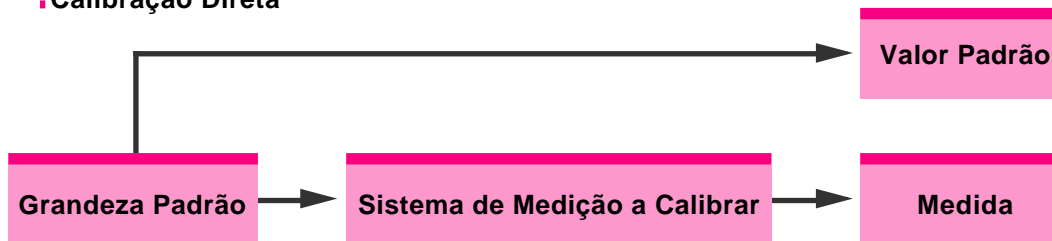
Para respondermos a tal questão, devemos considerar a seguinte seqüência de raciocínio:

- Identificar, com os responsáveis pela engenharia, produção e manutenção, quais são as variáveis do processo que afetam a qualidade do produto em questão;
- Identificar os instrumentos que são utilizados para medir estas variáveis;
- Estabelecer quais são os limites especificados para cada uma destas variáveis, em todos os níveis e etapas do processo produtivo.

Tipos de calibração

Existem basicamente dois tipos de calibração: a calibração direta e a indireta.

Calibração Direta



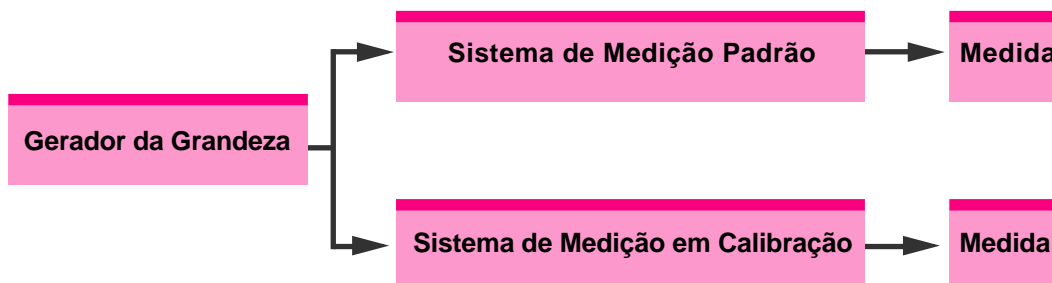
Na calibração direta, a grandeza padrão de entrada é aplicada diretamente ao Sistema de Medição a Calibrar e as medidas são comparadas com os valores padrão.

EXEMPLO

Para calibrar uma balança necessitamos de um conjunto de massas padrão, de modo a cobrir toda a faixa do aparelho. Aplicando-se diretamente a massa (com valor conhecido de 5 kg, por exemplo) sobre a balança, podemos verificar se esta está calibrada.



Calibração Indireta



A grandeza que se deseja medir é fornecida por um meio externo (Gerador da Grandeza), que atua simultaneamente no Sistema de Medição em Calibração e no Sistema de Medição Padrão. Os resultados do Sistema de Medição em Calibração são comparados com os do Sistema de Medição Padrão (considerados como verdadeiros). Dessa forma, os erros podem ser determinados e as correções efetuadas.

EXEMPLO

Não é possível calibrar o velocímetro de um automóvel utilizando a calibração direta, pois não existe um padrão "materializado" de velocidade. Para calibrar o velocímetro podemos simular o automóvel em movimento e comparar sua indicação com a de um padrão conhecido, como, por exemplo, um tacômetro padrão.



Registro (anotação) das leituras

Deve ser realizado um registro individual de leituras para cada escala do instrumento que será calibrada. O preenchimento completo da planilha de leituras, com os valores efetivamente encontrados durante a calibração, é muito importante para uma verificação do processo de validação do instrumento.

Resultado da Calibração

O resultado de uma calibração permite afirmar se o instrumento satisfaz ou não as condições previamente fixadas, o que autoriza ou não sua utilização em serviço. Ele se traduz por um documento chamado Certificado de Calibração.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Apresenta alguns aspectos importantes:

- Indica a data de realização e o responsável pela calibração;
- Permite comparar os erros encontrados com os erros máximos tolerados previamente definidos;
- Orienta um parecer aprovando ou não a utilização do instrumento nas condições atuais. A rejeição do instrumento implica encaminhá-lo para a manutenção ou substituí-lo por um novo. A empresa não deve utilizar um instrumento que não apresenta condições mínimas de trabalho, pois isto acarretará custos adicionais, retrabalho e, possivelmente, descrédito perante o consumidor.

Intervalos de Calibração

Ao longo do tempo ocorrem desgastes e degeneração de componentes, fazendo com que o comportamento e o desempenho dos instrumentos apresente problemas. Nasce daí a necessidade de verificações periódicas, a intervalos regulares, para que instrumentos e padrões sejam recalibrados.

Destacamos alguns fatores que influenciam no intervalo de calibração:

- Frequência de utilização;
- Tipo de instrumento;
- Recomendações do fabricante;
- Dados de tendência de calibrações anteriores;
- Históricos de manutenção;
- Condições ambientais agressivas (temperatura, umidade, vibração, etc.).



PADRÕES E RASTREABILIDADE

Os padrões de medição podem ser distribuídos e classificados conforme apresentação gráfica na "pirâmide hierárquica" abaixo.



Padrão internacional: padrão reconhecido por um **acordo internacional** para servir como base para o estabelecimento de valores a outros padrões a que se refere.

Padrão nacional: padrão reconhecido por uma **decisão nacional** para servir como base para o estabelecimento de valores a outros padrões a que se refere.

Padrão de referência: padrão com a mais alta qualidade metrológica disponível em um local, a partir do qual as medições executadas são derivadas.

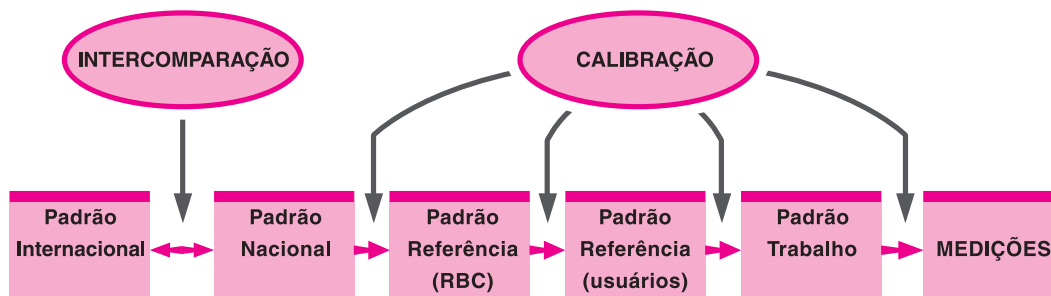
- **Padrão de referência da RBC – Rede Brasileira de Calibração** (conjunto de laboratórios credenciados pelo INMETRO para realizar serviços de calibração): padrões que devem ser calibrados pelos padrões nacionais.

- **Padrão de referência de usuários:** encontrado nas indústrias, centros de pesquisas, universidades e outros usuários. Esses padrões devem ser calibrados pelos padrões de referência da RBC.

Padrão de trabalho: padrão utilizado rotineiramente na indústria e em laboratórios para calibrar instrumentos de medição.



Podemos observar na figura da pirâmide uma "seta" representando a rastreabilidade dos padrões de medição. Isto significa que cada classe de padrão deve ser calibrada e/ou relacionada a uma classe imediatamente superior. Dessa forma, a rastreabilidade metrológica ficará garantida quando:



RASTREABILIDADE

É a propriedade de um resultado de uma medição poder referenciar-se a padrões apropriados, nacionais ou internacionais, por meio de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.

MATERIAIS DE REFERÊNCIA

Os problemas atuais (saúde, meio ambiente, controle de produtos industriais, controle de novos materiais, etc.) demandam um número cada vez maior de amostras a serem analisadas e em níveis de concentração cada vez menores. O número e a complexidade das análises químicas realizadas a cada ano continuam a crescer exponencialmente. Há centenas de milhares de diferentes compostos químicos sendo analisados em matrizes tão diversas quanto tecido humano e rocha granítica.

A necessidade de garantia e controle da qualidade das medições químicas, a importância de se diminuir custos e evitar duplicação de análises, conferem uma importância crescente à utilização de **Materiais de Referência Certificados – MRCs**. Os MRCs, rastreados a referências nacionais e internacionais, são utilizados na validação e controle da qualidade de métodos e na calibração de instrumentos analíticos.

Os MRCs são de vital importância para os diagnósticos médicos, que exigem exatidão e medições confiáveis para assegurar a qualidade e longevidade de vida. Segundo o NIST, cerca de 13% do PIB americano (aproximadamente US\$ 1 trilhão) são gastos por ano em tratamentos de saúde. Destes 13%, mais de 20% são destinados aos processos de medição.

Nos anos 50, quando não havia nenhum material de referência disponível, a incerteza na medição do nível de colesterol no sangue era de 20%. Com o aparecimento do primeiro material de referência de colesterol cristalino, em 1967, a incerteza vem sendo reduzida ao longo dos anos, e atualmente se encontra na ordem de 5,5%. Esta diminuição reduziu a incerteza associada ao tratamento por diagnóstico indevido e medicação inadequada, gerando uma economia estimada em US\$ 100 milhões por ano.

Os MRCs são materiais específicos produzidos em uma certa quantidade e depois certificados. Possuem as mais altas qualidades metrológicas e são preparados e utilizados visando a três funções principais:

- Ajudar no desenvolvimento de métodos de análise mais exatos (métodos de referência);
- Calibrar sistemas de medições usados para a melhoria nas trocas de bens, estabelecimento de controle da qualidade, determinação das características de desempenho ou medição de propriedades do estado-da-arte ou de excelência;
- Assegurar a adequação e integridade dos programas de controle da qualidade em medições de longo prazo.

Têm-se observado que a maioria dos MRCs podem ser classificados em dois grandes grupos:

- MRCs requeridos nas análises para demonstrar o cumprimento a normas obrigatórias: utilizados em ações dirigidas principalmente por agências governamentais com o objetivo de estabelecer um ponto de referência, de harmonizar as transações comerciais ou para cumprir as políticas de proteção ambiental.
- MRCs requeridos nas análises para sustentar a competitividade e a qualidade dos produtos, processos e métodos em laboratórios industriais: neste grupo se encontram a maioria dos materiais de engenharia.

Apresentaremos a seguir alguns exemplos nacionais e internacionais sobre a utilização e desenvolvimento de MRCs.

O INMETRO está implantando a Divisão de Metrologia Química que está desenvolvendo um projeto usando a padronização da medição de pH. Entre as atividades deste projeto estão previstas:

- a confecção e operação de uma Célula de Referência para medição de pH, além de soluções padrão de referência para esta grandeza, essenciais para o estabelecimento da rastreabilidade na América do Sul;
- a coordenação de um programa interlaboratorial com as seguintes propostas: avaliar a demanda dos laboratórios químicos em vista do desenvolvimento na determinação do pH; realizar tratamento estatístico dos resultados para verificação das técnicas que estão sendo implementadas nos laboratórios brasileiros; desenvolver a qualificação necessária para a determinação do pH tanto quanto na condução dos estudos de intercomparação.

O IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – possui grande atuação na produção e certificação de materiais de referência desde a década de 30. Em 1973, com o apoio dos Estados Unidos, foi formado o Núcleo de Materiais de Referência que produz materiais segundo normas e procedimentos adotados internacionalmente. Esses materiais estão sendo comercializados em países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Espanha, França, África do Sul, Suécia, Austrália e Índia.

O IPT já produziu e colocou à disposição dos usuários mais de 100 lotes diferentes de materiais de referência, conforme tabela a seguir:

MATERIAL	TIPOS
Refratários	3
Minérios	17
Óleos minerais e sintéticos	29
Ácido benzóico	1
Aço-carbono	12
Aço-liga (limalhas)	15
Aço-inoxidável (discos)	2
Aço-ferramenta	2
Ferro fundido	6
Ferroliga	4
Ligas de cobre	3
Metais puros	3

Vários países se destacam na produção de materiais de referência, como os Estados Unidos, Canadá, China, Reino Unido e França.

O IRMM – Institute for Reference Materials and Measurements – da União Européia está desenvolvendo um material de referência certificado primário de ferro elementar para a conversão rastreável de massa em quantidade de matéria, cujo peso atômico será conhecido com um grau de incerteza muito pequeno.

A análise precisa e exata (ou seja, repetitiva e muito próxima do valor real) da composição de um gás tem uma importância fundamental, principalmente quando envolve transações comerciais.

A medição errada do poder calorífico de um gás pode gerar diferença de milhares de dólares em exportação/importação, ou na definição de parâmetros para o controle ambiental.

Especificações nacionais ou internacionais para a qualidade do ar requerem métodos analíticos exatos, na medição das emissões das chaminés (CO₂, SO₂ e NO_x), gases da combustão automotiva (CO, CO₂ e C₃H₈) e outros (BTX, hidrocarbonetos clorados). Também na legislação de trânsito encontramos uma medição baseada numa análise da concentração de etanol no ar expirado pelos motoristas (utilização dos bafômetros).

Todas essas medidas requerem calibração do equipamento analítico por meio de um gás com composição padrão. A rastreabilidade da cadeia começa com a preparação da composição do gás primário (material de referência rastreado diretamente ao Sistema Internacional de Unidades) por institutos metrológicos nacionais. Este gás primário é utilizado pelos produtores de gases na geração dos gases secundários segundo os procedimentos da norma ISO 6143.

4

METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E CONFORMIDADE

A harmonização das atividades de normalização, metrologia e avaliação da conformidade, com o credenciamento de laboratórios, organismos de inspeção e organismos de certificação, é um passo concreto na direção do conceito **uma norma, um ensaio e um certificado de conformidade aceitos universalmente**. Essa expressão vem sendo utilizada no mundo como um estágio que poderá frear os crescentes custos decorrentes de demonstração da conformidade de sistemas, produtos e serviços, hoje dependentes de estruturas dispersas e muitas vezes não-harmônicas e, portanto, não-reconhecidas entre os países.

Nesse universo bem amplo podemos citar algumas normas, como a ISO 9001 e ISO 14001 para a conformidade de Sistemas de Gestão da Qualidade e Sistemas de Gestão Ambiental, respectivamente, a QS 9000 aplicada na indústria automobilista, a ISO/IEC 17025 para o credenciamento de laboratórios de calibração e de ensaios, o credenciamento de laboratórios de ensaios segundo os princípios de boas práticas laboratoriais (BPL) e algumas considerações sobre a certificação de produtos.

METROLOGIA E AS NORMAS SÉRIE ISO 9000

As empresas interessadas em comercializar internacionalmente seus produtos adotaram as normas da série ISO 9000 para seus Sistemas da Qualidade. Atualmente mais de 200.000 organizações espalhadas pelo mundo utilizam as normas da série ISO 9000.



Os requisitos dessas normas, com relação aos instrumentos de medição, existem com o objetivo de aprimorar a qualidade da medição. Para a garantia de que o equipamento de medição opere efetivamente e forneça resultados confiáveis, é preciso:

- Assegurar-se de que ele é cuidado, calibrado e ajustado regularmente conforme necessário;
- Descrever como isso será feito, de modo que os registros estejam disponíveis e mostrem que a calibração é rastreável em relação a padrões nacionais ou internacionais;
- Assegurar-se de que é possível identificar quais equipamentos estão calibrados e que são adequados ao uso (por exemplo, etiquetar o equipamento).

Se um equipamento defeituoso for encontrado é preciso decidir se é necessário fazer alguma coisa com relação ao produto que foi aprovado utilizando aquele equipamento. O resultado de qualquer análise crítica pode indicar se uma ação é necessária ou não.

Além da calibração dos equipamentos, é necessário que se mantenham registros para mostrar:

- Quando e quem executou a última calibração e qual a data da próxima;
- Qual foi o procedimento de calibração utilizado, o critério de aceitação, o resultado e se o equipamento foi aceito.

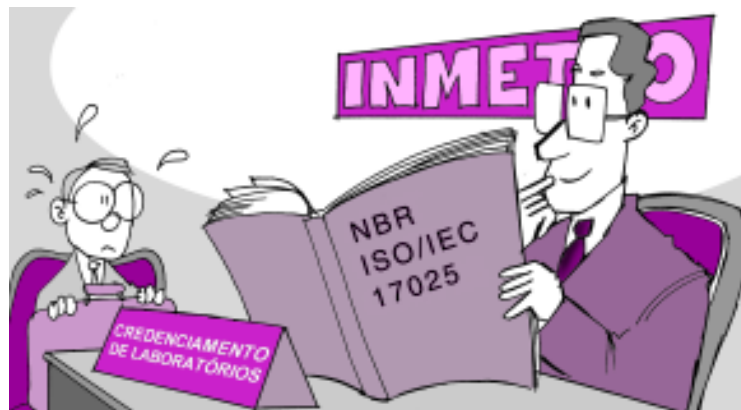


ISO/IEC 17025: REQUISITOS GERAIS PARA A COMPETÊNCIA DE LABORATÓRIOS DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO

Esta norma, publicada em 2001 em substituição ao ISO/IEC Guia 25 de 1993, estabelece um mecanismo para evidenciar a competência **técnica** dos laboratórios na realização de calibrações e de ensaios. Tem como objetivo principal evidenciar que os laboratórios se utilizam de um Sistema da Qualidade e que possuem competência para realizar seus serviços. Dessa forma, a norma assegura aos laboratórios a capacidade de obter resultados de acordo com métodos e técnicas reconhecidos nacional e internacionalmente.

A norma **ISO/IEC 17025** é adotada por diversos países para o reconhecimento da competência dos laboratórios perante o organismo de credenciamento.

No Brasil, denominada NBR ISO/IEC 17025, é utilizada pelo **INMETRO** no credenciamento de laboratórios a serem integrados à **RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios** e à **RBC – Rede Brasileira de Calibração**.



O credenciamento pela NBR ISO/IEC 17025 é um processo voluntário, mas traz uma série de vantagens ao laboratório e aos usuários dos serviços laboratoriais, tais como:

Para os laboratórios:

- diferencial competitivo;
- *marketing*;
- confiabilidade dos clientes nos seus resultados;
- critérios e padrões aceitos internacionalmente;
- eliminação de múltiplas auditorias;
- acesso a programas interlaboratoriais.

Para os usuários:

- confiança nos resultados;
- ensaios e calibrações segundo critérios reconhecidos internacionalmente;
- superação de barreiras técnicas à exportação;
- seleção de fornecedores;
- atendimentos a requisitos legais e/ou comerciais.

Os laboratórios credenciados mantêm seus padrões e instrumentos de medições utilizados nos ensaios e nas calibrações rastreados aos padrões nacionais, segundo a cadeia hierárquica já apresentada anteriormente.

Rede Brasileira de Calibração – RBC e Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios – RBLE

Tanto a **Rede Brasileira de Calibração** quanto a **Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios** são constituídas por um conjunto de laboratórios aos quais foi concedido o credenciamento pelo **INMETRO**, segundo os critérios e requisitos da NBR ISO/IEC 17025.

Os laboratórios da **RBC** prestam serviços de calibração, em geral, para empresas produtoras e prestadoras de serviços e para laboratórios de universidades e centros de pesquisas.

Os laboratórios credenciados abrangem as seguintes áreas: dimensional, força e dureza, massa, acústica, vazão, viscosidade, pressão, eletricidade, tempo e frequência, temperatura e umidade, volume e massa específica, óptica e radiofrequência. Atualmente a **RBC** possui 153 laboratórios credenciados. (Dados de set/01)

Os laboratórios da **RBLE** são utilizados, basicamente, para a realização de ensaios e testes de funcionamento e/ou *performance* em produtos que possuam certificação compulsória ou voluntária. Atualmente a RBLE possui 118 laboratórios credenciados. (Dados de set/01)

Programas de Comparação Interlaboratorial

Entende-se por "Comparação Interlaboratorial" uma série de medições, de uma ou mais propriedades, realizadas independentemente por um grupo de laboratórios em amostras de um determinado material.

São programas indispensáveis e extremamente importantes, permitindo aos participantes:

- acompanhar o desempenho de seus laboratórios;
- verificar a necessidade de calibração de equipamentos;
- treinar técnicos;
- alterar/corrigir os procedimentos e métodos;
- calcular a incerteza dos resultados emitidos.



Os laboratórios credenciados pelo INMETRO participam obrigatoriamente das intercomparações realizadas pelo instituto, além de participarem de outras organizadas por entidades nacionais e estrangeiras (algumas destas obrigatórias para o reconhecimento internacional). Entre 2000 e 2001, os laboratórios credenciados junto à RBC participaram de 16 comparações internacionais. O INMETRO realizou cerca de 300 auditorias de medição nos laboratórios de calibração credenciados, e 60 laboratórios de ensaios, do total de 118, já participaram de ensaios de proficiência.

Algumas entidades, como o INT, CNEN e IPT, coordenam outros programas de comparação.

EXEMPLO

O INT coordena programas envolvendo mais de 120 tipos de ensaios realizados em produtos, tais como alumina, combustíveis, lubrificantes, elastômeros, ligas metálicas, aços, ferro fundido, óleos essenciais, papel e celulose.

METROLOGIA E AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE

A avaliação da conformidade é um mecanismo de grande importância para o desenvolvimento industrial, para o comércio exterior e para a proteção do consumidor.

Por meio desta avaliação é possível demonstrar que um produto ou processo de fabricação ou um serviço está de acordo (em conformidade) com determinadas normas ou especificações técnicas.

Alguns exemplos de perdas pela não-certificação de produtos:

- dados fornecidos pela ABILUX – Associação Brasileira de Iluminação – permitem estimar uma perda para a indústria brasileira de iluminação de cerca de USD\$ 280 milhões por ano por não conseguir certificar seus sistemas e componentes;
- no mercado de fibras ópticas o Brasil perde uma parcela superior a USD\$ 350 milhões anuais do mercado internacional por não dispor de um sistema de certificação internacionalmente homologado para qualificar as propriedades do produto (apesar de o Brasil ser detentor de mais de 60% das reservas mundiais de quartzo e de possuir tecnologia própria desenvolvida pela UNICAMP – Universidade de Campinas).

Fonte: Plano Nacional de Metrologia

A avaliação da conformidade induz à busca contínua da melhoria da qualidade, e as empresas que se engajam nesse processo se beneficiam pelo aumento da competitividade, por meio da redução de custos e desperdícios. Para os consumidores,



a certificação (uma das formas de garantia da conformidade mais usadas) assegura que o produto ou serviço atende a padrões mínimos de qualidade.

No Brasil a certificação pode ser voluntária ou compulsória. A certificação voluntária é de livre decisão da empresa que fabrica ou presta o serviço e tem, portanto, objetivo mercadológico. A certificação compulsória é uma exigência governamental e restringe-se a produtos e serviços com impacto nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente.

O aumento do nível de exigência dos consumidores está levando os órgãos governamentais a promoverem um expressivo crescimento do número de produtos sujeitos a certificação compulsória, com base em Regulamentos Técnicos. Dessa forma, cria um conseqüente aumento da demanda sobre ensaios e sobre a própria metrologia.

A certificação compulsória de produtos é executada por Organismos de Certificação Credenciados (OCCs) com o apoio dos Organismos de Inspeção (OI), todos supervisionados pelo INMETRO e demais órgãos públicos.

ALGUNS PRODUTOS COM CERTIFICAÇÃO COMPULSÓRIA

brinquedos

extintores de incêndio

preservativo masculino

capacete para motociclistas

botijão doméstico de gás

mangueira de plástico para gás

regulador de pressão para botijão de gás

embalagem para álcool

fios e cabos elétricos

pneus para automóveis



Como a metrologia se encaixa no processo? A avaliação da conformidade exige a realização de ensaios e testes necessários à verificação dos produtos de acordo com as respectivas normas e especificações técnicas. Como regra geral, esses ensaios são executados por laboratórios credenciados à **RBLE**, o que garante a confiabilidade metrológica com a rastreabilidade das medições aos padrões nacionais.

No caso de serviços, a metrologia está presente nos instrumentos utilizados na execução desses serviços, uma vez que estes instrumentos devem ser calibrados por laboratórios pertencentes à RBC.

Organismos de Certificação Credenciados – OCCs

Os **Organismos de Certificação Credenciados** são organismos credenciados pelo INMETRO para proceder à certificação de terceira parte.

CERTIFICAÇÃO DE TERCEIRA PARTE

É aquela realizada por uma organização independente das partes envolvidas, ou seja, fornecedor-cliente.

Toda e qualquer organização que desejar certificar um **produto, sistema de gestão** e/ou **pessoal técnico** deve procurar um OCC, que fornecerá as informações e a documentação necessárias ao processo de certificação. No *site* do INMETRO (www.inmetro.gov.br) é possível verificar a relação nominal dos OCCs para cada categoria acima (produto, sistema e pessoal).

No processo de credenciamento de um OCC o INMETRO segue os requisitos estabelecidos pelos seguintes guias ABNT ISO/IEC:

- Guia 60: Código de boas práticas para avaliação da conformidade;
- Guia 61: Requisitos gerais para avaliação e credenciamento de organismos de certificação/registo;
- Guia 62: Requisitos gerais para organismos que operam avaliação e certificação/registo de sistemas da qualidade;
- Guia 65: Requisitos gerais para organismos que operam sistemas de certificação de produtos.



Algumas atribuições dos OCCs:

- Emissão de certificados de conformidade;
- Concessão de licença para uso da Marca de Conformidade do Sistema Brasileiro de Certificação – SBC;
- Coordenação da atuação dos laboratórios de ensaio, inspetores e auditores em termos de certificação de conformidade;
- Participação, apoio técnico e financeiro à elaboração de normas brasileiras de forma a retroalimentar o SBC.

Organismos de Inspeção – OI

Os **Organismos de Inspeção** são organizações credenciadas pelo INMETRO segundo o ABNT ISO/IEC Guia 39: Requisitos gerais para aceitação de organismos de inspeção.

O ABNT ISO/IEC Guia 39 define OI como: "Organismo imparcial de terceira parte que possui organização, equipe, competência e integridade para realizar serviços de inspeção com critérios especificados. Os serviços de inspeção incluem funções, tais como avaliação, recomendação de aceitação e subsequente auditoria da produção de fornecedores, suas instalações de ensaio, pessoal e operações de controle da qualidade, bem como seleção e avaliação de produtos no mercado ou em fábricas, em laboratórios ou em outro lugar, conforme determinado."

OBS.: este guia será substituído pela norma ISO/IEC 17010.



Os OIs – Organismos de Inspeção, realizam serviços de auditoria e de inspeção, normalmente como subcontratados de um Organismo de Certificação Credenciado. Fornecem serviços técnicos especializados que subsidiam os OCCs nas auditorias das empresas e nas avaliações dos produtos certificados.

ACORDOS DE RECONHECIMENTO MÚTUO

Os acordos internacionais de comércio estão cada vez mais necessitando de um reconhecimento mútuo para o conjunto de medições e ensaios realizados entre as nações. A ausência de tal reconhecimento mútuo é considerada uma barreira técnica ao comércio. Nos últimos anos, acordos de reconhecimento mútuos foram estabelecidos e relacionados aos serviços de ensaios e calibrações e em relação às atividades dos organismos de credenciamento. Estes acordos baseiam-se na suposição da equivalência dos padrões de medição nacionais e na confiabilidade da relação entre os padrões de medição nacionais e os serviços pertinentes às atividades de calibração e ensaios de cada país.

O Brasil, por meio do INMETRO, é signatário dos seguintes acordos de reconhecimento mútuo:

- IAF – Fórum Internacional de Acreditação (credenciamento): assinado em 1999 para o reconhecimento da certificação de sistemas de gestão. Ainda em discussão a certificação de produtos;
- CIPM – Comitê Internacional de Pesos e Medidas: assinado em 1999 para o reconhecimento mútuo dos padrões nacionais de medida e dos certificados de calibração e medição emitidos pelos Institutos Nacionais de Metrologia;
- ILAC – Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios: assinado em 2000 para o reconhecimento da sistemática de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios;
- EA – Cooperação Européia para Acreditação: assinado em 2001 para o reconhecimento dos certificados de calibração e laudos de ensaios.

O INMETRO está em negociação e preparação para assinatura dos seguintes acordos:

- IATCA – Associação Internacional de Treinamento e Acreditação de Auditores: reconhecimento da capacitação dos organismos de treinamento e dos auditores de sistemas de gestão (previsão para 2002);
- OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico: aplicado aos laboratórios de ensaios credenciados segundo os princípios de boas práticas laboratoriais – BPL (previsão para 2005).

5

COMPROVAÇÃO METROLÓGICA: ROTEIRO

INTRODUÇÃO

Esquemáticamente podemos representar um processo produtivo pela figura a seguir.



Um processo produtivo deve estar embasado por normas, procedimentos e especificações, visando à obtenção de produtos que satisfaçam as necessidades do mercado consumidor.

Para que isto ocorra dentro dos limites planejados, são realizadas medições das características das matérias-primas, das variáveis do produto em transformação e das diversas etapas do processo.

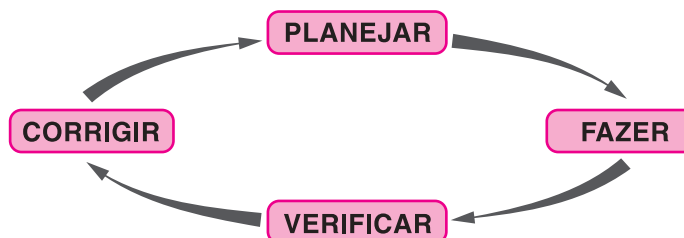
Sem a **comprovação metrológica** não há como garantir a confiabilidade dos dados referentes ao controle das características que determinam a qualidade do produto. Sua ausência, portanto, é por si só razão suficiente para gerar descrédito no sistema de informação da qualidade da organização.

A NBR ISO 10012 define comprovação metrológica como:
"conjunto de operações necessárias para assegurar-se de que um dado equipamento de medição está em condições de conformidade com os requisitos para o uso pretendido. Normalmente inclui, entre outras atividades, calibração, qualquer ajuste e/ou reparo, as recalibrações subsequentes, assim como qualquer lacração ou etiquetagem necessária."

CNI

O CICLO PDCA PARA A COMPROVAÇÃO METROLÓGICA

O ciclo convencional de gerenciamento das atividades que compõem um Sistema da Qualidade é conhecido como "**Ciclo PDCA**", onde as letras significam: **Plan** – planejar/desenvolver; **Do** – fazer/implementar; **Check** – verificar; **Act** – corrigir/prevenir.



Para a implementação de um sistema de comprovação metrológica, seguindo as diretrizes do PDCA, sugerimos o seguinte roteiro:

Planejamento

- Identificar as variáveis e a capacidade requerida de cada medida;
- Determinar a incerteza de cada instrumento;
- Verificar a necessidade de compra de padrões e selecionar fornecedores.

Desenvolvimento

- Identificar e definir os critérios de aceitabilidade de cada instrumento e padrão;
- Definir a frequência de calibração de cada instrumento e padrão;
- Definir as condições ambientais e correções necessárias;
- Definir os métodos de manuseio, identificação, armazenamento e embalagem de instrumentos;
- Avaliar os métodos e registros de calibração e procedimentos.

Implementação

- Realizar a calibração e registrar os resultados;
- Avaliar os resultados contra o critério de aceitação estabelecido;
- Identificar, segregar e proceder ações corretivas aos instrumentos e/ou padrões não-conforme. Após a correção, proceder a nova calibração.
- Arquivar o registro de calibração e identificar o instrumento e/ou padrão aprovado.

Verificação

- Realizar auditorias internas;
- Avaliar os relatórios das auditorias e verificar a existência de não-conformidades;
- Identificar causas, definir soluções, implementar as ações corretivas e avaliar a eficácia das ações;
- Estabelecer controles para impedir novas ocorrências das não-conformidades.

Tratamento de Instrumentos e/ou Padrões Não-Conformes

- Analisar o histórico de registros e verificar a necessidade de reduzir o intervalo de calibração;
- Identificar e segregar instrumento e/ou padrão;
- Proceder a manutenção e recalibração. Se o instrumento e/ou padrão não tiver como ser reparado, providenciar a substituição e efetuar a calibração do substituto;
- Rastrear os produtos e/ou instrumentos medidos desde a última calibração.

6

ESTRUTURA METROLÓGICA INTERNACIONAL E NACIONAL

ESTRUTURA METROLÓGICA INTERNACIONAL

Apresentaremos a Estrutura Metrológica Internacional sob a forma de dois grandes grupos:

1 – Metrologia Científica e Industrial

- **Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM)** – constituída por representantes dos países membros da Convenção do Metro. Reúne-se de 4 em 4 anos e tem como missão básica assegurar a utilização e aperfeiçoamento do Sistema Internacional de Unidades.
- **Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM)** – composto por 18 membros de países diferentes, atua como autoridade científica internacional. Convoca a CGPM e prepara as resoluções a serem submetidas à Conferência Geral.
- **Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM)** – centro internacional mantido com recursos de todos os países membros. Tem como missão:
 - a. conservar os protótipos internacionais;
 - b. efetuar intercomparação de padrões;
 - c. definir os valores das Constantes Fundamentais da Física.
- **Comitês Consultivos** – formados por especialistas internacionais ligados aos laboratórios nacionais. Alguns comitês criados: 1927 – Eletricidade; 1933 – Termometria; 1952 – Definição do metro; 1956 – Definição do segundo; 1958 – Definição dos padrões de energia ionizante; 1964 – Definição das unidades.

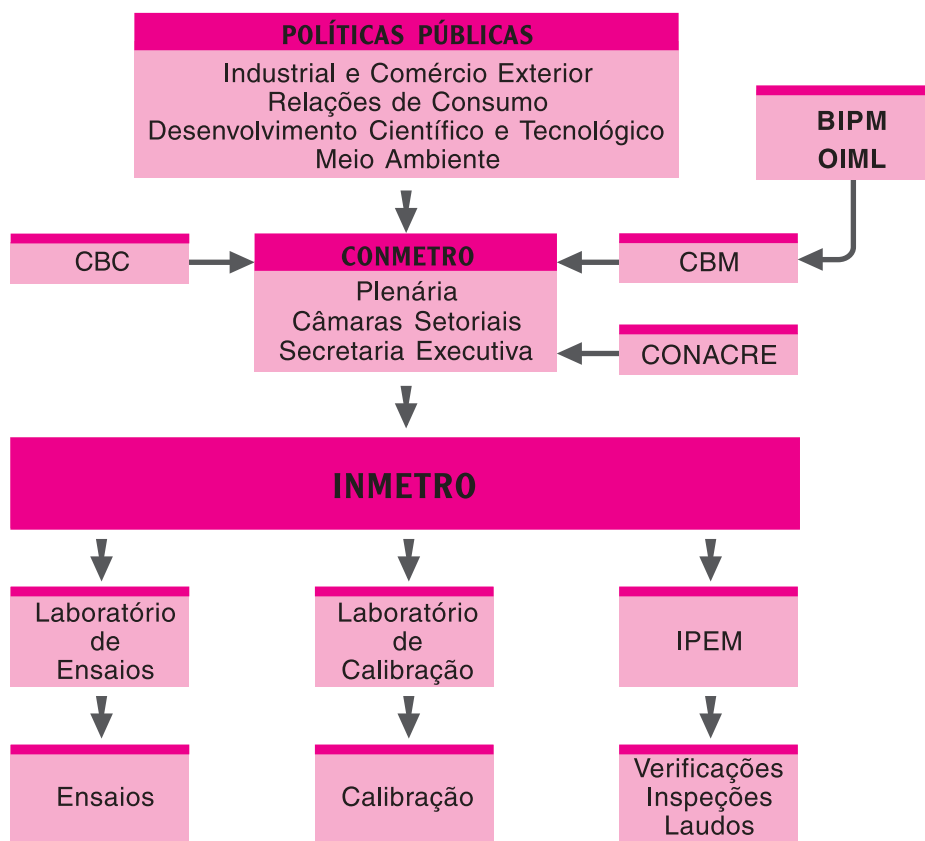
2 – Organização Internacional de Metrologia Legal – OIML

- **Conferência Internacional de Metrologia Legal** – composta por representantes dos países membros, por países que se unem à OIML como observadores e por associações de instituições internacionais. Reúnem-se a cada 4 anos para definir a política geral e promover a implementação das diretrizes metrológicas da OIML.
- **Comitê Internacional de Metrologia Legal (CIML)** – se reúne anualmente para avaliar o progresso técnico e as operações administrativas da OIML.
- **Comitês e Subcomitês Técnicos** – responsáveis pela obtenção de consensos internacionais na comunidade de metrologia legal. Compostos por representantes dos países membros, de organizações internacionais técnicas e de normalização, associações de fabricantes e organismos reguladores regionais. Estabelecem diretrizes técnicas internacionais para o desempenho metrológico e avaliam os procedimentos de testes dos instrumentos de medição sujeitos a controles legais.

- **Bureau Internacional de Metrologia Legal (BIML)** – atua na coordenação das atividades técnicas e na preparação, impressão e distribuição das publicações da OIML.
- **Conselho de Desenvolvimento** – fórum para divulgação dos assuntos de desenvolvimento metrológico. Composto por representantes de diversos países, coordena as atividades para o desenvolvimento de sistemas metrológicos, treinamento, laboratórios e equipamentos.

Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – SINMETRO

O **SINMETRO**, criado em 1973, tem como finalidade o desenvolvimento e a implementação da política nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial. Qualquer entidade pública ou privada que exerça atividade relacionada com metrologia, normalização ou avaliação de produtos pode integrar-se ao SINMETRO. Possui como órgão normativo o **CONMETRO** e como órgão executivo o **INMETRO**.



Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO

O **CONMETRO** é o órgão político central do SINMETRO, do qual participam oito Ministérios, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, o IDEC – Instituto de Defesa do Consumidor e a CNI – Confederação Nacional da Indústria, sendo presidido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e secretariado pelo INMETRO.

O CONMETRO é assessorado pelos seguintes comitês: CNN – Comitê Nacional de Normalização, CBC – Comitê Brasileiro de Certificação, CONACRE – Comitê Nacional de Credenciamento, CBM – Comitê Brasileiro de Metrologia, CBTC – Comitê de Coordenação de Barreiras Técnicas e CCAB – Comitê Codex Alimentarius do Brasil.

O **Comitê Brasileiro de Metrologia** tem por objetivo agir no planejamento, formulação e avaliação das diretrizes básicas relacionadas à política nacional de metrologia. Constituído por instituições governamentais e outros representantes da sociedade civil, possui o INMETRO (sob a responsabilidade da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial) na secretaria executiva.

COMPETE AO CONMETRO, DENTRE OUTRAS ATIVIDADES

- Desenvolver e implementar a metrologia, normalização e certificação da qualidade de produtos industriais;
- Assegurar a uniformidade na utilização das unidades de medidas no Brasil;
- Divulgar as atividades de normalização e certificação voluntárias;
- Estabelecer normas referentes a materiais e produtos industriais, bem como definir critérios para certificação da qualidade;
- Coordenar a participação de organizações nacionais em atividades internacionais de metrologia, normalização e certificação da qualidade.



Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO

O INMETRO, autarquia federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), é o órgão executivo do SINMETRO.

Compete ao INMETRO a padronização e disseminação das unidades do Sistema Internacional (SI) e o desenvolvimento das atividades de Pesquisa & Desenvolvimento, como estratégia para facilitar e promover a competitividade brasileira e atender às demandas da sociedade em metrologia.

As grandes áreas de atuação do INMETRO são:

- a) ***Metrologia Científica e Industrial,***
- b) ***Metrologia Legal e***
- c) ***Credenciamento e Qualidade.***

Metrologia Científica e Industrial

O **INMETRO** tem a responsabilidade de manter as unidades fundamentais de medida no Brasil, rastreá-las a padrões internacionais e disseminá-las, com seus múltiplos e submúltiplos, até às indústrias.

No campo da Metrologia Científica o INMETRO tem como principais objetivos:

- Intercomparar periodicamente os padrões nacionais aos internacionais;
- Estabelecer metodologias para a intercomparação de padrões, instrumentos de medir e medidas materializadas;
- Calibrar padrões de referência dos laboratórios credenciados, rastreando-os aos padrões nacionais;
- Efetuar pesquisas visando à obtenção de medições mais exatas e melhor reprodução das unidades de medida do Sistema Internacional;
- Dar apoio às áreas de metrologia legal, normalização e qualidade industrial;
- Descentralizar serviços metrológicos ao longo do país, credenciando laboratórios que tenham condições adequadas à realização de serviços metrológicos específicos, para faixas de valores e incerteza de medição estabelecidos;

Estrutura Laboratorial Brasileira

- **Passado:** O LNM – Laboratório Nacional de Metrologia e os LARENs – Laboratórios Associados Detentores de Referências Nacionais

O conceito de LNM foi estabelecido no início da década de 70, e, em 1989, o CONMETRO resolveu "definir como LNM o conjunto de laboratórios do INMETRO e de outras entidades por ele conveniadas que tenham por finalidade reproduzir, manter e conservar os padrões nacionais das unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades – SI".

Assim, além dos laboratórios do INMETRO, integraram o LNM o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, pertencente ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), e a Divisão do Serviço da Hora, do Observatório Nacional (DSH/ON), mediante convênios assinados.

Em 1998, o PNM – Plano Nacional de Metrologia estabeleceu que "a denominação de LNM passa a congrega somente os laboratórios sob controle direto do INMETRO instalados no *campus* de Xerém. Os demais passam a integrar o sistema de referências complementares denominado LAREN".

- **Momento Presente:** Instituto Nacional de Metrologia e Laboratórios Designados

O conceito do LNM foi eliminado e cabe ao INMETRO o papel de Instituto Nacional de Metrologia, responsável pelo desenvolvimento, guarda e disseminação dos padrões metrológicos nacionais. Para o cumprimento de suas atribuições, o INMETRO deverá valer-se da competência disponível em outras instituições e, para tal, celebrará convênios na medida em que essas respondam pela melhor referência nacional.

Os laboratórios das entidades conveniadas serão denominados de Laboratórios Designados, de acordo com a terminologia consagrada no CIPM.

- **Estrutura Laboratorial Atual**

Genericamente, os laboratórios podem ser divididos em dois grandes grupos: os que estão no ambiente de influência do SINMETRO e os demais, fora desta abrangência.

Sob o SINMETRO estão os Laboratórios do INMETRO (conjunto de laboratórios localizados na região de Xerém, Duque de Caxias – RJ, nas áreas de Acústica e Vibrações, Térmica, Óptica, Mecânica, Elétrica e Química), os Laboratórios Designados (Observatório Nacional, no campo do Tempo e Frequência, e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria, no campo das Radiações Ionizantes), os laboratórios da RBC e da RBLE, os laboratórios da RNML – Rede Nacional de Metrologia Legal, os laboratórios das Redes Regionais de Metrologia, outros laboratórios que operam segundo os requisitos da NBR ISO/IEC 17025, os laboratórios de ensaios que operam segundo as BPL – boas práticas laboratoriais, norma INMETRO NIT-DICLA 028 e os laboratórios clínicos que operam segundo a norma INMETRO NIT-DICLA 083.

Fora do SINMETRO são considerados todos os demais laboratórios que prestam serviços (dentro das próprias instituições ou para terceiros) ou que executam atividades de ensino e P&D, com pouca interação com os requisitos relacionados com os processos de normalização e com práticas fundamentais de metrologia (unidades do SI, incertezas de medição e rastreabilidade).

Metrologia Legal

Metrologia legal é a área da metrologia referente às exigências legais, técnicas e administrativas relativas às unidades de medidas, aos instrumentos de medir e às medidas materializadas. Objetiva fundamentalmente as transações comerciais, em que as medições são extremamente relevantes no tocante aos aspectos de exatidão e lealdade.

O governo promulga leis e regulamentos técnicos fixando as modalidades da atividade de metrologia legal, notadamente no que tange às características metrológicas dos instrumentos envolvidos em tais operações. A elaboração da regulamentação baseia-se nas Recomendações da **OIML** e conta com a colaboração dos fabricantes dos instrumentos e de entidades dos consumidores.

CNI

METROLOGIA LEGAL

Estende-se à regulamentação e fiscalização de produtos pré-medidos (alimentos, bebidas, artigos de higiene e limpeza, etc.), aos instrumentos empregados na manutenção da saúde pública (termômetros clínicos, medidores de pressão arterial, seringas médicas, eletroencefalógrafos, eletrocardiógrafos, etc.), àqueles utilizados na garantia da segurança pública (manômetros para pneumáticos, velocímetros de automóveis, radares, bafômetros, tacógrafos, etc.) bem como àqueles destinados ao comércio (balanças, bombas de combustível, taxímetros, hidrômetros, etc.).

No aspecto da metrologia legal, a regulamentação técnica brasileira abrange medições no campo das principais grandezas, notadamente no que diz respeito à massa, volume, comprimento, temperatura e energia.

O **INMETRO** coordena e supervisiona a atuação da **Rede Nacional de Metrologia Legal – RNML**, responsável em todo o Brasil pela execução das atividades de

Metrologia Legal. Essa rede é integrada pelos Institutos Estaduais de Pesos e Medidas – IPEMs e por algumas Superintendências Regionais. Para cumprimento do mandato requerido pela Lei nº 5.966/73, o INMETRO mantém convênio com os órgãos estaduais.

O Brasil participa de um programa de reconhecimento internacional em metrologia legal chamado "**Sistema de Certificado OIML**". Este sistema foi criado pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) em 1991 com a finalidade de facilitar a atividade dos serviços de metrologia legal e de aprovar os instrumentos de medição de acordo com as prescrições da OIML.

SISTEMA DE CERTIFICADO OIML

Qualquer fabricante de um instrumento de medição, associado à metrologia legal, pode solicitar um certificado OIML a um estado membro que faça parte do sistema (no caso do Brasil, ao INMETRO). Os ensaios são realizados de acordo com as Recomendações OIML em laboratórios designados pela autoridade emissora do certificado. Esses laboratórios devem satisfazer aos requisitos da ISO/IEC 17025 e outros documentos apropriados. O certificado deve ser registrado no BIML, que é o responsável pelo envio de cópias aos estados membros da OIML e pela publicação no Boletim OIML.



Aperfeiçoamentos significativos no âmbito da Metrologia Legal estão sendo alcançados por meio da implementação de ações conforme citadas a seguir:

- O uso pela Metrologia Legal dos serviços de calibração e ensaios providos por laboratórios credenciados na RBC e RBLE;
- Definição do escopo das atividades delegáveis sem ferir o preceito legal;
- Incorporação de novos serviços, principalmente nos campos ligados à saúde e segurança;
- Acompanhamento das tendências internacionais na busca de harmonização dos procedimentos e estruturas como forma de facilitar o fluxo do comércio;
- Maior articulação entre a metrologia legal e a científica e industrial;
- Implementação de pesquisa e desenvolvimento para antecipar-se às demandas da sociedade.

Credenciamento e Qualidade

A área de Credenciamento e Qualidade está integrada à rede metrológica por meio do conjunto de laboratórios de calibração e laboratórios de ensaios por ela credenciados, que constituem a **Rede Brasileira de Calibração – RBC** e a **Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE**. Esses laboratórios são os responsáveis pela realização das calibrações dos instrumentos utilizados na indústria, de forma geral, e dos ensaios de conformidade nos produtos que possuem certificação compulsória ou voluntária.

Para o credenciamento e sua manutenção na RBLE, os laboratórios devem manter calibrados pela RBC todos os instrumentos utilizados nos ensaios credenciados, garantindo-se dessa forma a confiabilidade metrológica.

ALGUMAS ORGANIZAÇÕES LIGADAS À METROLOGIA NO BRASIL

Redes Regionais de Metrologia

O número de laboratórios integrantes da RBC (153 em set/01) e da RBLE (118 em set/01) ainda não é suficiente para satisfazer todas as necessidades brasileiras.

A formação das Redes Regionais de Metrologia, fruto do esforço integrado de empresas industriais, institutos de pesquisa, universidades e outras organizações interessadas no aprimoramento da metrologia, contribui para o fortalecimento da metrologia em nível estadual e amplia a oferta de serviços de calibração e de ensaios.

Pela sua capilaridade e poder de ação independente, isto é, sem conflito de interesse com as questões de credenciamento, as redes possuem, pelo conhecimento natural das especificidades e demandas regionais, forte poder de sensibilização e de articulação da competência técnica, disponibilizando-a de forma compartilhada para promover e desenvolver a competitividade regional.

Atualmente são 9 as redes regionais: Rede Baiana de Metrologia e Ensaio (www.fieb.org/rbme), Rede de Metrologia e Ensaio de Minas Gerais (www.fiemg.com.br/rmmg), Rede Metrológica de Pernambuco, Sistema Paraná Metrologia, Rede Temática de Metrologia do Estado do Rio de Janeiro, Rede Metrológica do Rio Grande do Sul (www.redemetrológica.com.br), Rede Metrológica do Estado de São Paulo (www.remesp.org.br), Sistema Catarinense de Metrologia e Rede de Metrologia e Ensaio do Ceará.

Sociedade Brasileira de Metrologia – SBM

A SBM é uma sociedade civil sem fins lucrativos que congrega pessoas (físicas e jurídicas) para a promoção do desenvolvimento da metrologia brasileira, em consonância com as diretrizes do SINMETRO e em sintonia com os avanços da metrologia mundial.

A SBM é o representante brasileiro no IMEKO – International Measurement Confederation.

Criada em 1995, além da sede no Rio de Janeiro, possui regionais no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Ceará. Conta atualmente com a participação de mais de 700 profissionais, entre engenheiros, físicos, químicos, técnicos metrologistas e especialistas de diversas outras áreas do conhecimento.

Mais informações sobre a SBM podem ser obtidas no *site* <http://www.sbm metrologia.org.br>.

Organizações Corporativas

São organizações metrológicas oriundas e existentes em corporações, tais como as existentes nas Forças Armadas, no Sistema SENAI, na PETROBRAS, TELEBRÁS, FURNAS, CEPEL e outras.

O CTA (Centro Técnico Aeroespacial) possui o SISMETRA (Sistema de Metrologia Aeroespacial), cujas finalidades são a normalização, coordenação e fiscalização das atividades metrológicas no âmbito do Ministério da Aeronáutica. O CTA assinou um convênio de cooperação com o INMETRO para fomentar o credenciamento de seus laboratórios e para receber rastreabilidade direta do INMETRO, tendo em vista as rígidas exigências da FAA (Federal Aviation Administration – USA).

O SENAI não apenas incorporou a filosofia do credenciamento, como tem assessorado o INMETRO na gestão de programas específicos para formação e capacitação de recursos humanos em metrologia.

Empresas como PETROBRAS, TELEBRÁS, FURNAS, CEPEL organizam e qualificam os seus fornecedores estabelecendo políticas e praxes que privilegiam as atividades da metrologia e da normalização.

O Ministério do Exército dispõe do seu sistema de Metrologia, Normalização e Certificação da Qualidade – SIMETRO.



7

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM METROLOGIA

O PROGRAMA RH-METROLOGIA

O Brasil estabeleceu, em 1996, um programa denominado **Programa Brasileiro de Recursos Humanos em Metrologia (Programa RH-Metrologia)** com o objetivo de estimular o desenvolvimento de recursos humanos necessários ao crescimento das atividades de metrologia.

O Programa RH-Metrologia foi financiado pelo Ministério da Educação, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Ministério da Ciência e Tecnologia, e desenvolveu-se sob a coordenação conjunta do INMETRO, CAPES e CNPq. Foi estruturado com base no Subprograma de Tecnologia Industrial Básica (TIB) do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) a partir de um acordo de empréstimo entre o governo brasileiro e o Banco Mundial (BIRD).

Os principais resultados do Programa RH-Metrologia foram:

- a implementação de cursos de pós-graduação (em nível de especialização e mestrado) em Metrologia. Estes cursos estão disponíveis na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ) e na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- o financiamento de teses de mestrado orientadas aos diversos campos da metrologia;
- o treinamento especializado para técnicos, professores e especialistas com a realização de cursos de curta duração (escolas avançadas) em diversas áreas da metrologia (incerteza da medição, metrologia dimensional, metrologia óptica, metrologia química, etc.);
- o intercâmbio internacional de especialistas com a realização de seminários e *workshops* internacionais;
- a publicação de livros técnicos, literatura especializada e material institucional para o ensino da metrologia em diferentes níveis (alguns exemplos estão citados nas referências bibliográficas).

Curso Técnico em Metrologia

Podemos atribuir como um resultado do programa RH-Metrologia, uma vez que cerca de 60% do corpo docente é oriundo do mestrado de Metrologia da PUC/RJ, a implementação em março de 2000 do curso "Técnico em Metrologia para a Gestão da Qualidade" do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – CEFETEQ de Nilópolis, no Estado do Rio de Janeiro.

O curso hoje encontra-se estruturado em três módulos semestrais, totalizando um ano e meio de duração. O prazo de conclusão pode ser reduzido a um ano, mediante o aproveitamento de estudos, para os alunos que já possuam formação técnica em áreas afins à Metrologia, como Química, Alimentos, Eletrônica, Eletrotécnica, Mecânica, Telecomunicações, etc.

Cabe ressaltar que a profissão Técnico em Metrologia ainda não possui regulamentação. Esta iniciativa já foi tomada pela coordenação do curso, juntamente com a Direção de Ensino do CEFETEQ/RJ, que solicitou ao CREA/RJ a análise e a regulamentação da profissão e agora está aguardando o fim do processo.

Os interessados podem entrar em contato com a coordenação do curso pelo telefone (21) 2691-4499, ou pelo e-mail amendes@cefeteq.br.

=====
CNI
=====

Proposta do INMETRO ao MEC

O INMETRO, em novembro de 2000, apresentou ao MEC – Ministério da Educação – uma proposta para introdução de tópicos de Metrologia, Normalização e Qualidade nas diretrizes curriculares para os cursos de graduação (ensino superior), de acordo com as necessidades e especificidades das diversas áreas do conhecimento.

Ressaltando que os profissionais de nível superior, em sua grande maioria, são formadores de opinião e líderes nas várias áreas de atividade, o projeto destaca a importância da disseminação dos conceitos de Metrologia, Normalização e Qualidade apresentando algumas características para três grandes áreas de conhecimento:

▪ **Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Tecnologia**

Os profissionais destas áreas realizam medições experimentais, utilizam normas e regulamentos técnicos e, cada vez mais, devem estar preparados para atender às exigências quanto à qualidade dos produtos, processos ou serviços. Assim, devem estar aptos a conhecer os processos de medição, expressar corretamente os resultados e identificar as incertezas associadas, bem como compreender os aspectos relacionados à operação, manutenção e calibração dos equipamentos de medição.

■ Ciências Biológicas e Médicas

Os profissionais destas áreas atuam em setores onde a necessidade da regulamentação técnica é intensa, além de utilizarem instrumentos de medição que devem ter uma confiabilidade altíssima. Todos os equipamentos de medição, desde os mais simples (por exemplo: os termômetros e os esfigmomanômetros – medidores de pressão arterial) aos mais sofisticados (ex.: tomógrafo computadorizado), precisam ser calibrados em intervalos periódicos, buscando sempre a rastreabilidade aos padrões nacionais e internacionais. Dessa forma, os profissionais devem conhecer os conceitos básicos da Metrologia (unidade de medição, calibração, rastreabilidade, padrões, incerteza, etc.), de modo a compreender os resultados apresentados pelos equipamentos e instrumentos.

■ Ciências Humanas e Sociais, Ciências Sociais Aplicadas

O desenvolvimento de uma cultura metrológica é uma condição necessária para melhorar a qualidade dos processos, serviços e produtos das empresas e, conseqüentemente, aumentar sua competitividade. Os profissionais das áreas econômicas e administrativas devem levar isto em conta em seus projetos de aprimoramento dos processos empresariais. Aspectos da Metrologia, Normalização e Qualidade também são importantes, do ponto de vista jurídico, na elaboração de contratos de comércio nacionais e internacionais, bem como na defesa do cidadão.

8

METROLOGIA NA ATUALIDADE

ASPECTOS DIVERSOS

Por meio da metrologia, ações articuladas por entidades dos diversos países harmonizam os sistemas de acreditação (*accreditation*) dos laboratórios que realizam os ensaios de conformidade de produtos. É muito importante para um país a sua participação num Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA), que assegura, dessa forma, que os certificados de calibração e laudos de ensaios dos laboratórios credenciados sejam aceitos internacionalmente.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO – OMC

Incluiu no acordo de barreiras técnicas (TBT – Technical Barrier for Trade) mecanismos que privilegiam a metrologia para assegurar o reconhecimento de resultados dos ensaios de conformidade e procedimentos de avaliação de produtos e serviços.

Não somente as atividades no campo comercial são submetidas à avaliação. Os sistemas e instrumentos de medição usados em atividades da área médica, de fabricação de medicamentos, de proteção ocupacional e ambiental e de controle de radiação são submetidos, obrigatoriamente, ao controle metrológico.

Além das implicações econômicas e jurídicas, um erro analítico pode incrementar:

- o risco epidemiológico (particularmente em termos da gravidade da doença, da letalidade e da própria incidência das doenças) devido, por exemplo, a poluentes ambientais e à presença de contaminantes tóxicos em produtos consumidos;
- diagnósticos equivocados (ex.: medição errada de colesterol no sangue);
- fracassos terapêuticos e/ou a criação de bactérias resistentes devido à insuficiência dos princípios ativos nos medicamentos.

A rastreabilidade das medidas é fortemente aprimorada pela cooperação internacional. Deverá ser estabelecida, em particular, a rastreabilidade das medidas envolvidas:

- na determinação de dimensões atômicas (nanometrologia);
- na determinação dos parâmetros de caracterização de novos materiais;
- em análises químicas;
- nos processos de controle de sistemas de segurança de pessoal e equipamentos;
- na determinação dos parâmetros e no controle ambiental.

A metrologia por intermédio do uso intensivo de computadores tem substituído práticas convencionais de calibração. Propicia a automação de processos metrológicos pelo estabelecimento de algoritmos matemáticos para controle de rastreabilidade segundo um processamento integrado e automatizado de calibrações sucessivas.

No campo da Metrologia podemos destacar alguns fatos notáveis que marcaram os últimos anos:

• ***Incerteza da Medição:*** a expressão da incerteza era considerada um grande obstáculo na harmonização entre os sistemas de medição. O CIPM – Comitê Internacional de Pesos e Medidas – articulou um fórum de especialistas de diversas instituições internacionais (ISO, IEC – International Electrotechnical Commission – BIPM, OIML, IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAP – International Union of Pure and Applied Physics – e IFCC – International Federation of Clinical Chemistry) para produzir um guia que apresentasse os preceitos teóricos e definisse uma maneira sistematizada para a expressão da incerteza. Este guia é conhecido como GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, cuja primeira edição em inglês foi lançada em 1993. O Brasil publicou a segunda edição revisada, em português, em agosto de 1998.

- **Padrões Absolutos:** a existência dos novos padrões não materializados e consubstanciados pelas constantes fundamentais, padronização esta facilitada pela metrologia quântica, mexeu na estrutura do BIPM, responsável desde 1875 pela guarda dos padrões materializados. O BIPM atualmente defende novos espaços e novas missões institucionais, uma delas é a coordenação das chamadas "comparações-chave (*key comparisons*)" que haverão de respaldar a declaração de equivalência das estruturas metrológicas dos países.
- **ILAC – International Laboratory Accreditation Cooperation:** após 20 anos de maturação, em 1996, uma conferência internacional transforma-se em um organismo de cooperação e dá origem ao mais importante fórum internacional de organismos acreditadores de laboratórios de calibração e de ensaios.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA – SIM



O **Sistema Interamericano de Metrologia** resultou de um grande acordo entre organizações nacionais de metrologia dos 34 países membros da OEA – Organização dos Estados Americanos. Criado em 1979, foi revitalizado a partir de 1997 por um forte suporte técnico do NIST – National Institute of Standards and Technology – e pela contribuição do governo americano junto com um projeto da OEA-OST (Office of Science and Technology – escritório de ciência e tecnologia).

No contexto da cooperação estabelecida, as medidas tomadas pelos membros do SIM auxiliarão:

- No estabelecimento de sistemas nacionais e regionais de medição;
- No estabelecimento da hierarquia dos padrões nacionais de cada país e na interligação com os padrões regionais e internacionais;
- No estabelecimento da equivalência entre padrões nacionais de medição e entre certificados de calibração emitidos pelos laboratórios metrológicos nacionais;
- Na compatibilidade entre os resultados obtidos dos processos de medição realizados em laboratórios dentro do sistema;
- No treinamento de cientistas e técnicos;

- Na geração e distribuição de documentação técnica e científica;
- Na interligação com os padrões internacionais mantidos pelo BIPM – Bureau Internacional de Pesos e Medidas;
- Na cooperação estreita com entidades internacionais, tais como BIPM, OIML, ILAC, – International Laboratory Accreditation Cooperation – e IMEKO – International Measurement Confederation.

Mais informações sobre o SIM podem ser obtidas no *site* <http://sim-metrologia.org.br>.

COMPARAÇÕES-CHAVE (KEY COMPARISONS)

A equivalência internacional de padrões de medição nacionais

É reconhecido que existe uma grande equivalência entre os padrões de medição nacionais dos países cujos Institutos Nacionais de Metrologia participam das comparações internacionais sob a coordenação do BIPM ou, cada vez mais freqüentemente, sob a coordenação das organizações regionais de metrologia.

Os prestadores de serviços de calibração e ensaios, os organismos de credenciamento e os usuários destes serviços devem acreditar que os padrões nacionais de medição são realmente equivalentes e que existe uma relação segura entre estes padrões e os serviços de calibração nacionais. Por esta razão, os Institutos Nacionais assinaram um acordo de reconhecimento mútuo (MRA) preparado pelo CIPM, relacionado aos padrões de medição nacionais, às calibrações e aos certificados de medição emitidos pelos Institutos Nacionais.

Comparações-chave: a base técnica para a equivalência internacional

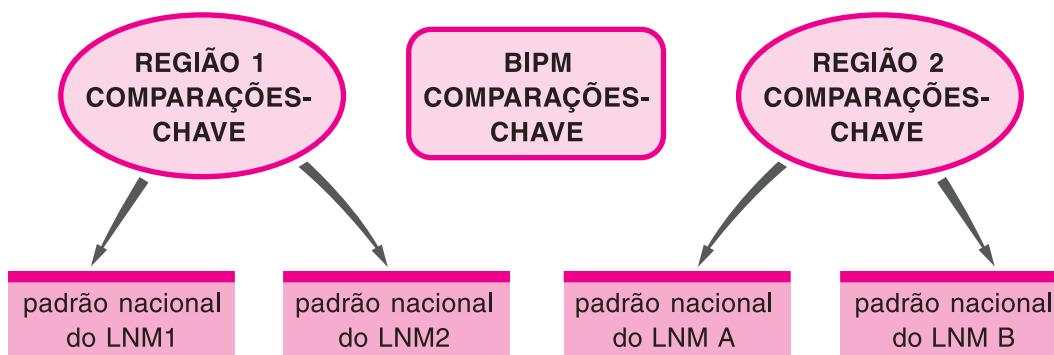
A base técnica do MRA é composta de:

- um conjunto de 370 (dados de set/01) comparações-chave e suplementares internacionais de padrões nacionais de medição, identificado pelos Comitês Consultivos do CIPM, e executado pelo BIPM, pelos Comitês Consultivos e pelas organizações de metrologia regionais,
- sistemas da qualidade e demonstrações da competência dos LNM (Laboratórios Nacionais de Metrologia).

As comparações-chave foram escolhidas para testar as principais técnicas em cada campo da metrologia. Estas 370 comparações estão sendo realizadas nas áreas de: eletricidade e magnetismo (78), fotometria e radiometria (31), termometria (5), comprimento (24), radiações ionizantes (111), massa e força (70), quantidade de matéria (36) e acústica, ultra-som e vibração (15). Na maioria dos casos, os Comitês Consultivos estabeleceram uma periodicidade de 10 anos para estas comparações.

As comparações-chave também cumprem uma outra função essencial: conferir a exatidão estimada das realizações primárias independentes das unidades do SI. Não há nenhum direcionamento de que todo padrão, múltiplo e submúltiplo, deva ser comparado.

As comparações-chave podem ser visualizadas no esquema a seguir:



Comparações-chave regionais: para a Região 1, utiliza-se os padrões nacionais x, y, w, z do LNM 1 e compara-se com os padrões x, y, w, z do LNM 2. Para a Região 2, utiliza-se os padrões nacionais x, y, w, z do LNM A e compara-se com os padrões x, y, w, z do LNM B.

Comparações-chave do BIPM: os resultados das comparações-chave da Região 1 são comparados pelo BIPM aos resultados das comparações-chave da Região 2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC e OIML. Guia para Expressão da Incerteza de Medição. Segunda Edição Brasileira do Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, edição revisada de agosto/1998; ABNT, INMETRO, SBM, Programa RH-Metrologia; SERIFA Editoração e Informática.
- 2 – CERQUEIRA NETO, Edgard Pedreira. **Gerenciando a qualidade metrológica**. Rio de Janeiro: Grifo, 1993.
- 3 – CONFIRMAÇÃO metrológica aplicada à série ISO 9000. BVQI, 1994. Apostila.
- 4 – CURSO básico para formação de multiplicadores: módulo metrologia. [S.l.]: SEBRAEtib ; Rio de Janeiro: INMETRO ; Florianópolis: Fund. CERTI, [199-].
- 5 – DIAS, José Luciano de Mattos. **Medida, normalização e qualidade**: aspectos da história da metrologia no Brasil. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.
- 6 – FROTA, M. N., FILHO J., T. A. A., OHAYON, P. **Pesquisa**: demanda de recursos humanos em laboratórios de calibração e de ensaios. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.
- 7 – FROTA, Maurício, SAFFAR, Jorge. Os rumos do setor e seu impacto no país. **Revista BQ-Qualidade**, p. 89-98, dez. 1997.
- 8 – INFOSIM: Journal of the Interamerican Metrology System. v.1, n.1, jan. 1999.
- 9 – LINK, Walter. Metrologia Mecânica – Expressão da Incerteza de Medição, 1997 – INMETRO, IPT, MITUTOYO, SBM, Programa RH-Metrologia.
- 10 – INMETRO. Termo de Referência – Proposta de Introdução de Tópicos de Metrologia, Normalização e Qualidade nas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação. Rio de Janeiro, novembro 2000.
- 11 – METROLOGY in chemistry: a new challenge for the Americas. In: INTERAMERICAN WORKSHOP ON METROLOGY IN CHEMISTRY, 1, 1997, Rio de Janeiro. **Proceedings**. Rio de Janeiro, 1997.
- 12 – PNM: Plano Nacional de Metrologia, 1998-2002: documento síntese elaborado para o CONMETRO. Rio de Janeiro: INMETRO, 1998.
- 13 – REDE METROLÓGICA RS. Certificação de produtos: guia prático/SEBRAE, FIERGS. – Porto Alegre: MetrÓpole Ind. Gráfica Ltda., 2000
- 14 – REIS, Moacir. **Metrologia e normalização**. Revista Segurança & Desenvolvimento, 1972. p. 101-123.
- 15 – RIBEIRO, Marco Antonio. Metrologia industrial. In: I SAINST, 1993, Salvador. 1993. Apostila.
- 16 – ROSÁRIO, Pedro Paulo. Confiabilidade metrológica. In: SALÃO E SEMINÁRIO DE METROLOGIA E QUALIDADE, São Paulo, 1997.

- 17 – _____. Trabalho técnico: How metrology has been dealt with by the Brazilian corporations in the ISO 9000 certification process. In: WORKSHOP & SYMPOSIUM NCSL. Monterey, California: National Institute of Standards and Technology, 1996.
- 18 – _____. Trabalho técnico: programa de aferição/calibração de instrumentos de medição e controle de processos em conformidade a ISO 9000. In: Encontro Internacional de Instrumentação, Sistemas e Automação Industrial: ISA, 1, 1993. **Anais**. 1993.
- 19 – SANTOS, Paulo Roberto do F., Rastreabilidade. Rio de Janeiro: INMETRO, 2001. Palestra proferida aos alunos da UFSC em setembro/2001.
- 20 – SCHOELER, Nelson. Confiabilidade metrológica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA PARA CONTROLE DA QUALIDADE SI-MPCQ, 1995, Florianópolis, 1995. **Anais ...** Florianópolis: [s.n.], 1995. Apostila.
- 21 – SCHOELER, Nelson, LINK, Walter. **Incerteza da medição**. Florianópolis: Fund. CERTI, 1996.
- 22 – THEISEN, Alvaro Medeiros de Farias. Fundamentos da Metrologia Industrial: aplicação no processo de certificação ISO 9000. Porto Alegre, 1997. Gráfica EPECÊ. Apoios SEBRAE/RS, Programa RH-Metrologia, Rede Metrológica RS, FIERGS e LABELO (PUC/RS).
- 23 – VALLE, Benjamin, BICHO, Galdino. Guia 25: a ISO dos laboratórios. **Revista BQ-Qualidade**, p. 88-92, jun., 1999.
- 24 – VIM: vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia. Rio de Janeiro: INMETRO, 1995.
- 25 – WAENY, José Carlos. **Controle total da qualidade em metrologia**. São Paulo: Makron Books, 1992.
- 26 – Revisão de conceitos e novas diretrizes para a organização das atividades de metrologia no país; documento aprovado em reunião do Comitê Brasileiro de Metrologia de 26/09/2001.

NORMAS

- 1 – NBR ISO 9001/2000: sistema de gestão da qualidade – requisitos
- 2 – NBR ISO 10012-1/1993: requisitos de garantia da qualidade para equipamento de medição. 1993.
- 3 – NBR ISO/IEC 17025/2001: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

Importância do Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades (SI) é o sistema de unidades adotado e recomendado pela CGPM – Conferência Geral de Pesos e Medidas. O SI foi ratificado pela 11ª CGPM/1960 e atualizado até a 20ª CGPM/1995.

A adoção do SI no Brasil, além de ser uma obrigatoriedade legal, apresenta aspectos positivos, entre os quais podemos destacar:

- Facilidade, ao nível internacional, na troca e entendimento das informações nas relações comerciais e científicas;
- Demonstração de maturidade técnica e científica pelo abandono de sistemas superados ou em desuso.

Unidades de Base e Unidades Derivadas

No SI distinguem-se basicamente duas classes de unidades: as unidades de base e as unidades derivadas.

Unidades de Base

O SI baseia-se em apenas sete grandezas físicas independentes, chamadas de unidades de base. Todas as demais unidades são derivadas destas sete. As definições e os símbolos das unidades estão apresentados na tabela a seguir.

GRANDEZA	DEFINIÇÃO	SÍMBOLO
Comprimento	O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante o intervalo de tempo de $1/(299.792.458)$ de segundo.	m
Massa	O quilograma é a unidade de massa igual à massa do protótipo internacional do quilograma.	kg
Tempo	O segundo é a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.	s

GRANDEZA	DEFINIÇÃO	SÍMBOLO
Intensidade Luminosa	A candela é a intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e cuja intensidade energética naquela direção é de 1/683 watt por esterradiano.	cd
Quantidade de Matéria	O mol é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quanto átomos existentes em 0,012 kg de carbono 12.	mol
Intensidade de Corrente Elétrica	O ampère é a intensidade de uma corrente elétrica constante que, mantida entre dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível e situados à distância de 1 metro entre si, no vácuo, produz entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento.	A
Temperatura Termodinâmica	O kelvin é a fração $1/(273,16)$ da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.	K

Unidades Derivadas

São as unidades formadas pela combinação das unidades de base segundo relações matemáticas que correlacionam as correspondentes grandezas. A tabela a seguir apresenta algumas unidades derivadas.

UNIDADES SI		
GRANDEZAS	NOME	SÍMBOLO
Superfície	metro quadrado	m ²
Volume	metro cúbico	m ³
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por seg. ao quadrado	m/s ²
Massa específica	quilogr. por metro cúbico	kg/m ³

UNIDADES SI		
GRANDEZAS	NOME	SÍMBOLO
Volume específico	metro cúbico por quilog.	m ³ /kg
Frequência	hertz	Hz
Força	newton	N
Pressão	pascal	Pa
Energia, trabalho, quant. calor	joule	J
Potência, fluxo energético	watt	W
Tensão elétrica	volt	V
Resistência elétrica	ohm	Ω
Temperatura Celsius	grau Celsius	°C

Algumas Regras para Utilização dos Símbolos das Unidades do SI

- Os símbolos são expressos em caracteres romanos e minúsculos. As exceções são o μ (mícron) e Ω (ohm), que são letras gregas.

Ex.: metro $m \rightarrow m$ grama $\rightarrow g$

- Se o nome da unidade é um nome próprio, a primeira letra do símbolo é maiúscula. Ao escrevermos a unidade por extenso devemos utilizar letra minúscula.

Ex.: pressão $\rightarrow Pa$ ou pascal temperatura $\rightarrow K$ ou kelvin Exceção: grau Celsius

- Os símbolos das unidades não têm plural e não são seguidos por pontos.

Ex.: 10 kg 500 m

- Na divisão de uma unidade por outra deve-se utilizar uma barra inclinada ou um traço horizontal.

Ex.: km/h ou $\frac{km}{h}$

Múltiplos e Submúltiplos

No SI foram definidos múltiplos e submúltiplos para as unidades. Apesar de serem previstos os múltiplos **da** (deca: x10) e **h** (hecto: x100) e os submúltiplos **d** (deci: x0,1) e **c** (centi: x0,01), o seu uso não é comum no SI e recomenda-se expressar em **k** (quilo: x1000) e **m** (mili: x0,001).

Unidades Fora do SI

O BIPM (Bureau Internacional de Pesos e Medidas) reconhece que existe a necessidade de utilizar algumas unidades que não fazem parte do SI, mas estão amplamente difundidas. Algumas destas unidades estão apresentadas na tabela a seguir.

NOME	SÍMBOLO	VALOR EM UNIDADES SI
minuto	min	60 s
hora	h	3.600 s
dia	d	86.400 s
grau	°	$\pi/180$ radianos
litro	l, L	$1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$
tonelada	t	1.000 kg

METROLOGIA QUÍMICA

Considerações Gerais

O setor químico no Brasil representa cerca de 5% do PIB. Esta evidência econômica justifica a implementação de um programa coerente para a metrologia química no Brasil.

A preocupação com a qualidade das medições químicas existe em vários setores, e alguns já estão organizados para realizar comparações interlaboratoriais. Em 1995 iniciou-se um esforço coordenado pelo INMETRO e pelo INT, com a participação de diversas outras entidades (INCQS/FIOCRUZ, CETEM/CNPq, EQ/UFRJ, IRD/CNEN, CETIND/SENAI, CENPES/PETROBRAS, PUC-RIO, IPT-SP) para se organizar uma estrutura de referência nacional em Metrologia Química no país.

Rastreabilidade

A rastreabilidade na medição química é uma tarefa muito difícil de implementar. O ponto principal da rastreabilidade é que se deve conhecer a incerteza da medição e que ela foi avaliada a um padrão de referência aceitável. Um dos aspectos das medições

químicas é que elas geralmente requerem vários passos (amostragem, filtragem, digestão, extração, etc.) e é essencial conhecer plenamente as incertezas que são introduzidas em cada estágio do procedimento analítico.

EXEMPLOS DE RASTREABILIDADE NO BRASIL

1. Grandezas Físicas usadas na Química

- massa, volume e densidade → padrões nacionais no INMETRO com disseminação pelos laboratórios credenciados
- absorção de luz → padrões nacionais no INMETRO
- atividade → padrões nacionais no IRD/CNEN

2. Radioquímica

- preparação e calibração de fonte radioativa padrão
- preparação de materiais de referência radioativos

*Laboratório de Metrologia de Radiação Ionizante
(CNEN, RJ)*

*Instituto de Radioproteção e Dosimetria
(IRD/CNEN, RJ)*

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
(IPEN/CNEN, SP)*



Ações do INMETRO

Padrões de Referência

No domínio da Metrologia Química, o INMETRO é o responsável pela guarda e manutenção dos padrões metrológicos nacionais, sistematicamente rastreados e intercomparados aos padrões internacionais do BIPM e padrões de laboratórios nacionais de metrologia de outros países, entre os quais destacam-se o NIST (EUA) e o PTB (Alemanha).

Convênios Externos

O INMETRO firmou, em 1999, um convênio de cooperação técnico-científica com a Escola de Química da UFRJ, no qual a Escola passou a utilizar os recursos técnicos existentes no Laboratório de Motores, Combustíveis e Lubrificantes com a finalidade de promover estudos e pesquisas ao nível de graduação e pós-graduação para a formação de mão-de-obra específica para o desenvolvimento e suporte das disciplinas experimentais na área de derivados do petróleo. Para o INMETRO, o convênio visa à orientação e formação de cursos específicos a serem ministrados ao pessoal do INMETRO, procurando ainda o estabelecimento de ações conjuntas que venham melhor subsidiar o INMETRO quanto aos aspectos relativos à implementação de projetos relacionados aos estudos voltados à área de Metrologia Química.

Principais Projetos em Desenvolvimento

Em parceria com instituições metrológicas do país e do exterior, o INMETRO coordena os seguintes projetos básicos no campo da Metrologia Química:

- Participação técnica no direcionamento a ser dado às medições nas áreas de pH, condutividade e padronização primária de gases especiais;
- Participação e desenvolvimento técnico para o levantamento da melhor forma de medição com a aplicação de técnicas utilizando o infravermelho para a verificação da qualidade dos combustíveis comercializados no Brasil;
- Participação no projeto de desenvolvimento de instrumentação analítica com sensores baseados em interferometria de ondas térmicas para controle de qualidade de combustíveis e óleos lubrificantes – QUALIGAS, apresentado pela fundação BIORIO/FRB, financiado pelo FINEP, tendo como executor o Laboratório de Ciências Físicas da Universidade do Norte Fluminense – LCFIS/UENF e como co-executores a Escola de Química da UFRJ, com a participação técnica do Laboratório de Motores, Combustíveis e Lubrificantes da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial.

Outras atividades

Desenvolvimento de procedimentos de certificação de soluções-padrão para medições de pH; elaboração de normas técnicas na área de inspeção e manutenção veicular e participação em auditorias para o credenciamento de Organismos de Inspeção na área de segurança veicular.

Alguns Exemplos da Importância da Análise do Tamanho da Partícula para o Produto



A qualidade de muitos produtos industrializados no mundo de hoje está diretamente ligada ao tamanho da partícula de seus componentes. A tabela a seguir apresenta alguns exemplos dessa dependência.

CAMPO	PRODUTO	DEPENDÊNCIA DO TAMANHO DA PARTÍCULA
COSMÉTICOS	lápiz labial	grau de brilho e capacidade de cobertura, densidade, fixação da cor, aderência
	rímel	corpo e longitude proporcionada aos cílios, manutenção sem rachaduras
	delineador	suavidade e facilidade na aplicação
	talco	bloqueio ou não dos poros, sensação de suavidade
	base e maquiagem	tamponamento ou não dos poros da pele, capacidade de dispersão
	sombra de olhos	capacidade de recobrimento, durabilidade, prevenção de rugas nas dobras das pálpebras
	hidratantes máscaras faciais, esmalte	capacidade de absorção pela pele tempo de cura
MEDICAMENTOS	todos	dosagem do medicamento aplicado aos pacientes, absorção pelo organismo, produção de pastilhas e comprimidos, consumo de energia em processos de moagem

CAMPO	PRODUTO	DEPENDÊNCIA DO TAMANHO DA PARTÍCULA
CIMENTO	todos	consumo de energia na moagem, capacidade de cimentação, capacidade de escoamento e força do concreto, encolhimento do concreto após secagem
ALIMENTOS	chocolate, leite e alimentos em pó	aparência, sabor, textura e custo da produção
CERÂMICA	porcelanas, utensílios	resistência à fratura, dureza, acabamento
PINTURA	tintas e pigmentos	propriedades ópticas (incluindo opacidade), força de tingimento, viscosidade e sedimentação, tonalidade, brilho, durabilidade

Área da Saúde

A Metrologia Química é um grande instrumento de garantia da qualidade na área da saúde. Resumidamente apresentaremos alguns aspectos da questão.

- **Produção:** confiabilidade para assegurar a qualidade dos produtos, quer seja em matérias-primas ou produtos acabados (alimentos, medicamentos, imunobiológicos, domissanitários, sangue e hemoderivados, cosméticos, reagentes, equipamentos e instrumentos de saúde, etc.).
- **Controle Ambiental:** preocupação tanto em relação a poluentes químicos quanto biológicos. Prevenção e correção de problemas de contaminação por meio de análises e ensaios em contaminantes industriais, na qualidade da água de abastecimento, nas características dos esgotos, na avaliação dos ambientes de trabalho e poluentes urbanos.
- **Controle Regulatório de Produtos e Serviços:** atividades relacionadas ao controle da qualidade em saúde geralmente executadas pelos laboratórios da RNLOCQS – Rede Nacional de Laboratórios Oficiais de Controle da Qualidade em Saúde. Envolvem análises previstas na legislação sanitária a fim de: avaliar previamente a especificação do produto antes da comercialização; comprovar a conformidade dos produtos após a entrega ao consumo; verificar a formulação para detectar eventuais adulterações; avaliar decomposições ou outras ocorrências que tornem o produto impróprio para consumo.
- **Serviço de Saúde:** os procedimentos diagnósticos incluindo as análises laboratoriais e patológicas devem ter a confiabilidade necessária para que as decisões terapêuticas evitem erros que, em muitos casos, podem ser fatais.

- Desenvolvimento Tecnológico e Pesquisa: são inumeráveis os casos de resultados de pesquisas não confirmáveis ou reprodutíveis, de grandes investimentos no desenvolvimento de novos produtos que não atingem o mercado e de metodologias de controle e diagnóstico que acabam tendo margens de erros inaceitáveis. A eficácia e eficiência dos resultados analíticos depende em grande parte da metrologia e da consciência dos pesquisadores na interpretação destas experiências.

Necessidades Atuais:

- Regulamentação, capacitação, desenvolvimento e implantação de sistemas de gerenciamento da qualidade nos laboratórios de ensaios públicos e privados;
- Desenvolvimento de um programa nacional para o estabelecimento de materiais de referência, principalmente substâncias químicas de referência;
- Implementação de programas intra e interlaboratoriais;
- Capacitação de pesquisadores em instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Tendências Futuras:

- Estabelecimento de uma Rede de Laboratórios de Ensaio no campo da Saúde, coordenada pela Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (REBLAS), incumbida do controle analítico e do controle de orientação para as compras oficiais. Todos os integrantes da REBLAS deverão ser credenciados pelo INMETRO, desta forma passando a integrar-se à RBLE.
- Pioneirismo mundial, no caso do Brasil, em diferenciar a missão institucional de laboratórios públicos no campo regulatório da saúde da qualificação desse mesmo laboratório por meio do credenciamento pela NBR ISO/IEC 17025.
- Consolidação do Programa de Inspeção Sanitária para verificação do cumprimento das boas práticas de fabricação em todas as indústrias vinculadas à fabricação de produtos para a saúde.
- Desenvolvimento analítico e estabelecimento de parâmetros para caracterização físico-química e química de moléculas complexas, em substituição aos ensaios biológicos. Isto ampliará o campo de aplicação na área da saúde, com particular referência aos produtos derivados de procedimentos de bioengenharia.

SIGLAS UTILIZADAS

Associação Brasileira de Iluminação	ABILUX
Associação Brasileira de Normas Técnicas	ABNT
Acordo de Reconhecimento Mútuo	MRA
Área de Livre Comércio das Américas	ALCA
Bureau Internacional de Metrologia Legal	BIML
Bureau Internacional de Pesos e Medidas	BIPM
Comitê Brasileiro de Metrologia	CBM
Comitê Internacional de Metrologia Legal	CIML
Comitê Internacional de Pesos e Medidas	CIPM
Confederação Nacional da Indústria	CNI
Conferência Geral de Pesos e Medidas	CGPM
Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	CONMETRO
Diretoria de Metrologia Científica e Industrial	DIMCI
Diretoria de Metrologia Legal	DIMEL
Diretoria de Credenciamento e Qualidade	DQUAL
Guia para Expressão da Incerteza de Medição	GUM
Instituto de Defesa do Consumidor	IDEC
International Electrotechnical Commission	IEC
International Laboratory Accreditation Cooperation	ILAC
International Measurement Confederation	IMEKO
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	INMETRO
Instituto Nacional de Pesos e Medidas	INPM
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	IPEN
Instituto de Radioproteção e Dosimetria	IRD
Instituto Nacional de Tecnologia	INT



Instituto Estadual de Pesos e Medidas	IPEM
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	IPT
Institute for Reference Materials and Measurements	IRMM
International Organization for Standardization	ISO
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior	MDIC
Multilateral Agreement	MLA
Material de Referência Certificado	MRC
National Institute of Standard and Technology	NIST
Observatório Nacional	ON
Organização dos Estados Americanos	OEA
Organização Mundial do Comércio	OMC
Organismo de Certificação Credenciado	OCC
Organismo de Inspeção	OI
Organização Internacional de Metrologia Legal	OIML
Physikalisch Technische Bundesanstalt	PTB
Programa Brasileiro de Recursos Humanos em Metrologia	RH
Rede Brasileira de Calibração	RBC
Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios	RBLE
Rede Nacional de Metrologia Legal	RNML
Sociedade Brasileira de Metrologia	SBM
Sistema Internacional de Unidades	SI
Sistema Interamericano de Metrologia	SIM
Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	SINMETRO
Tecnologia Industrial Básica	TIB
Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia	VIM



SITES DA INTERNET

ABNT

www.abnt.org.br

BIPM

www.bipm.fr

IEC

www.iec.ch

INMETRO

www.inmetro.gov.br

IPT

www.ipt.br

ISO

www.iso.ch

IRD

www.ird.gov.br

NIST

www.nist.gov

OIML

www.oiml.org

OBSERVATÓRIO NACIONAL

pcdsh01.on.br

PTB

www.ptb.de

PUC/RJ

www.metrologia.ctc.puc-rio.br

SBM

www.sbmetrologia.org.br

SIM

www.sim-metrologia.org.br

UFSC

www.posmci.ufsc.br



GRUPO GESTOR

Coordenação

Susana Kakuta *e-mail:* skakuta@cni.org.br
Vicente Colacino *e-mail:* vcolacino@cni.org.br

CNI

SBN Quadra 01 – Bloco C – 17º andar – 70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 317-9000 Fax: (61) 317-9500

SENAI

SBN – Quadra 01 – Bloco C – 4º andar – Ed. Roberto Simonsen – 70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 317-9771 Fax: (61) 317-9149 *e-mail:* mfonseca@dn.senai.br

SEBRAE

SEPN – Quadra 515 – Lj. 32 – Bloco C – 70770-530 – Brasília – DF
Tel.: (61) 348-7423 Fax: (61) 349-7977 *e-mail:* pauloiris@sebrae.com.br

INMETRO

Rua Santa Alexandrina, 416 – 10º andar – 20261-232 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 2563-2908 Fax: (21) 2502-0415 *e-mail:* jjvinge@inmetro.gov.br

MCT

Esplanada dos Ministérios – Bloco E – 70067-900 – Brasília – DF
Tel.: (61) 317-7806 Fax: (61) 225-6039 *e-mail:* rferraz@mct.gov.br

MDIC

Esplanada dos Ministérios – Bloco J – 5º andar – 70056-900 – Brasília – DF
Tel.: (61) 329-7110 Fax: (61) 329-7094 *e-mail:* mprates@mdic.gov.br

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 – 28º andar – 20003-900 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 3974-2300 Fax: (21) 2220-6436 *e-mail:* abnt@abnt.org.br

APEX

Agência de Promoção de Exportações
SBN Quadra 01- Bloco B – Edifício CNC – 10º andar – 70041-902 – Brasília – DF
Tel.: (61) 426-0202 Fax: (61) 426-0222 *e-mail:* bellini@apexbrasil.com.br

Normalização Bibliográfica

CNI/UPET- Núcleo de Informação

Supervisão Gráfica

CNI/ADM – Produção Gráfica

Consultoria Técnica

Alexandre Eliasquevitch Garrido
José Augusto Pinto de Abreu
Pedro Paulo N. do Rosário

SAC – Serviço de Atendimento ao Cliente

RM/Unidade de Relações com o Mercado
Av. Mariz e Barros, 678 – 2º andar
20270-002 – Rio de Janeiro – RJ
Tels.: (21) 2204-9513 / 9514 Fax: (21) 2204-9522
e-mail: sac@cni.org.br *home page:* <http://www.cni.org.br>

Projeto Gráfico • Grevy • Conti

Revisão Gramatical • Ada Gonçalves

Ilustrações • Tibúrcio

Fotolito • Prospec

Impressão • EGB – Serviços Gráficos e Editoras

ISBN 85-88566-04-4



9 788588 566040 >