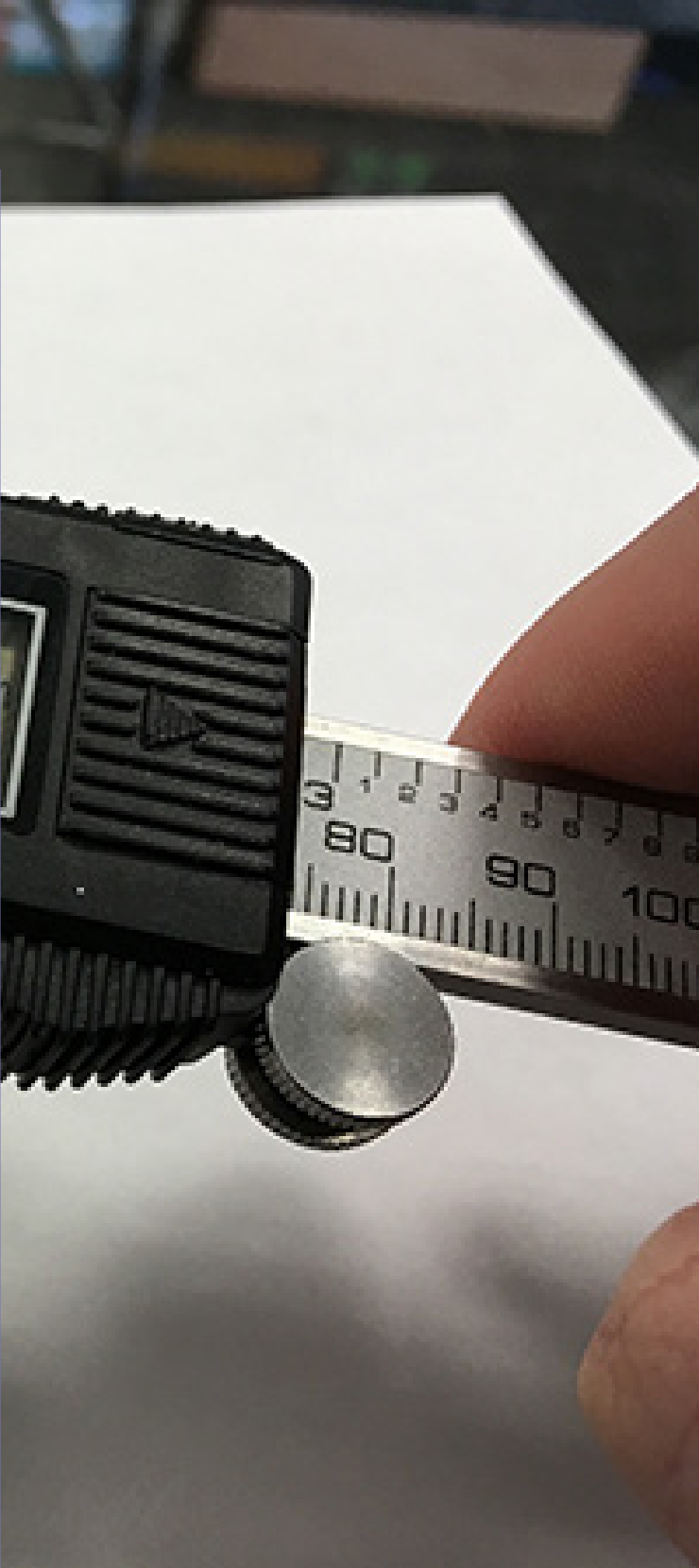
A digital depth gauge is shown in the foreground, with its LCD screen displaying '0.000 mm'. The gauge has a black body and a silver rule. Several yellow calibration blocks are scattered around the base of the gauge. The background is a plain, light-colored surface.

# Como elaborar um plano de calibração para cada processo produtivo



*Conheça como se pode elaborar os critérios para um plano de calibração adequado a cada processo produtivo. Estes critérios compõem a segunda parte de um guia para elaboração de um plano de manutenção da confiabilidade metrológica de instrumentos de medição.*

**Por Helton R. Sereno e Alexandre Sheremetieff**

A fim de assegurar a qualidade em processos produtivos, é fundamental garantir que as medições realizadas para tomadas de decisão sejam confiáveis, para isso é necessário, além de especificar adequadamente tais instrumentos, a garantia da rastreabilidade de tais medições. Embora a rastreabilidade seja assegurada com as calibrações dos instrumentos, a correta interpretação e aplicação dos resultados obtidos (erro e incerteza) bem como a manutenção do status de calibração são fundamentais, pois a desconsideração desses fatores pode comprometer o processo produtivo.

A manutenção da confiabilidade metrológica dos instrumentos de medição/padrões visa assegurar que as medições realizadas com esses instrumentos/padrões sejam confiáveis e rastreáveis. O ponto principal do plano de manutenção da confiabilidade metrológica é o plano de calibração dos instrumentos/ padrões.

A elaboração do plano de calibração tem por objetivo principal, se aplicado corretamente, manter a confiabilidade e rastreabilidade dos instrumentos de medição/padrões. A rastreabilidade (6.10) [3] é garantida quando o instrumento ou padrão é calibrado de forma a ter evidenciada sua rastreabilidade.

Segundo a NBR ISO/IEC 17025 que “estabelece a rastreabilidade ao SI dos seus próprios padrões ►

e instrumentos de medição, por meio de uma cadeia ininterrupta de calibrações ou comparações, ligando-os aos padrões primários das unidades de medida SI correspondentes”, essa norma indica também que “Quando forem utilizados serviços externos de calibração, a rastreabilidade da medição deve ser assegurada pela utilização de serviços de calibração de laboratórios que possam demonstrar competência, capacidade de medição e rastreabilidade”.

No Brasil o órgão responsável por manter os padrões primários e dar a rastreabilidade as medições no país é o Inmetro que, além de signatário da Convenção do Metro, que estabelece a utilização do Sistema Internacional de Unidades – SI no país, também é signatário do MRA (Mutual Recognition Agreement – Acordo de Reconhecimento Mútuo) desta forma, todas as medições realizadas por esse instituo e os laboratórios por ele acreditados têm aceitabilidade e confiabilidade assegurada nos países signatários deste acordo. O fato de o Inmetro participar deste acordo facilita a transação comercial entre vários países sem a necessidade da repetição das medições já realizadas no Brasil (A participação neste é um ponto estratégico, segundo o Governo Federal, na quebra de barreiras técnicas e comerciais).

Sob coordenação da Coordenação Geral de Acreditação, o Inmetro acredita laboratórios de calibração e ensaio públicos e privados que tem sua competência, capacidade de medição e rastreabilidade comprovada atendendo os requisitos da NBR ISO/IEC 17025:2005 formando duas grandes redes de laboratórios em todo país.

A Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) é acreditada a realizar diversos tipos ensaios. A Rede Brasileira de Laboratórios de Calibração (RBC) é acreditada a realizar diversos tipos de calibração. A lista de laboratórios pertencentes a essas redes está disponível no endereço eletrônico do Inmetro ([www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)), neste endereço você pode encontrar além dos laboratórios acreditados, os tipos de ensaios/calibrações por esses realizados bem como as faixas de medição/ensaio seguido de suas melhores capacidades de medição (melhores incertezas) de cada ensaio/calibração. Desta forma a escolha do laboratório que realizará a calibração deve ser feita mediante consulta no sitio do Inmetro para garantir que este laboratório pertença a RBC.

O plano de calibração não deve se limitar somente em definir as datas de calibração dos instrumentos/padrões,

mas também deve contemplar verificações intermediárias entre as calibrações e outros meios de garantir a manutenção da confiabilidade das medições realizadas entre calibrações. Ao se adquirir um instrumento, na maioria dos casos, vem recomendado em seu manual ou na sua especificação o intervalo de calibração. Este intervalo de tempo deve ser seguido até obter-se um histórico do comportamento do instrumento/padrão. Quando a evidência da estabilidade do instrumento permita o aumento do intervalo entre calibrações.

O intervalo de calibração também pode ser determinado pela experiência (conhecimento) da empresa com instrumentos similares, mas para isso é necessário um histórico de informações referentes a calibrações e verificações de instrumentos dessa natureza. Mesmos com esse conhecimento é necessário à calibração em intervalos menores nos primeiros anos de utilização para averiguar se o instrumento em questão segue o padrão de comportamento dos instrumentos similares já utilizados pela empresa.

É importante ressaltar que além de garantir a confiabilidade metrológica dos instrumentos, o cumprimento do plano de calibração auxilia na manutenção da confiança do processo no qual a

medição está envolvida. Todo instrumento, quando enviado a calibração, fica inoperante pelo período de traslado e que está no laboratório sendo calibrado, devendo desta forma, ser verificado junto a seu usuário a possibilidade de substituição ou retirada de operação durante período de calibração.

Para instrumentos utilizados nas tomadas de decisão em processos contínuos, deve-se ter ao menos um instrumento "reserva" com o status de calibração em dia para que, caso haja uma quebra do instrumento ou retirada para calibração, exista outro instrumento para substituir o inoperante prontamente. O responsável pelo plano de calibração deve, ao elaborar o mesmo, considerar a necessidade da existência de instrumentos replicados e garantir que em momento algum exista conflito de datas de calibração de modo que a empresa não fique desamparada. Como dito anteriormente, a escolha do laboratório responsável pela execução da calibração deverá levar em conta a incerteza requerida pelo processo produtivo. A capacidade de medição de cada laboratório pertencentes à RBC e RBLE encontram-se disponíveis na página do Inmetro.

Em relação ao intervalo de calibração, que na maioria dos casos é indicado pelo fabricante, pode ser alterado para melhoria

da confiabilidade e redução de custos. A determinação do intervalo depende, entre outros fatores, da frequência de utilização do instrumento/padrão. A definição de um pequeno intervalo nos primeiros anos para melhor conhecimento do equipamento é viável uma vez que se faça um estudo e acompanhamento do comportamento deste.

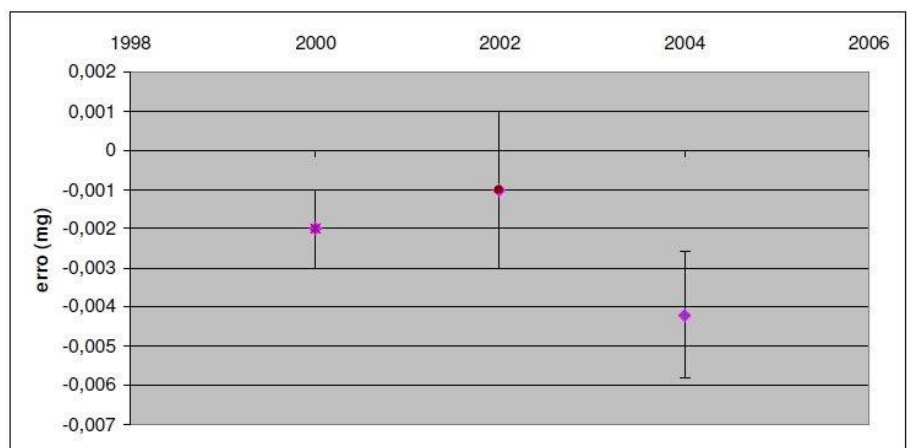
Os instrumentos com grande frequência de utilização e de vital importância na tomada de decisão devem ter uma frequência de verificação compatível com sua importância. Quando já se tem estabelecido um histórico de calibrações de um instrumento/padrão pode-se, considerando alguns fatores, aumentar o intervalo entre as calibrações. Um desses fatores é análise da tendência do comportamento do instrumento.

Esta análise nos permite inferir o comportamento futuro do padrão e o comportamento em operação entre as

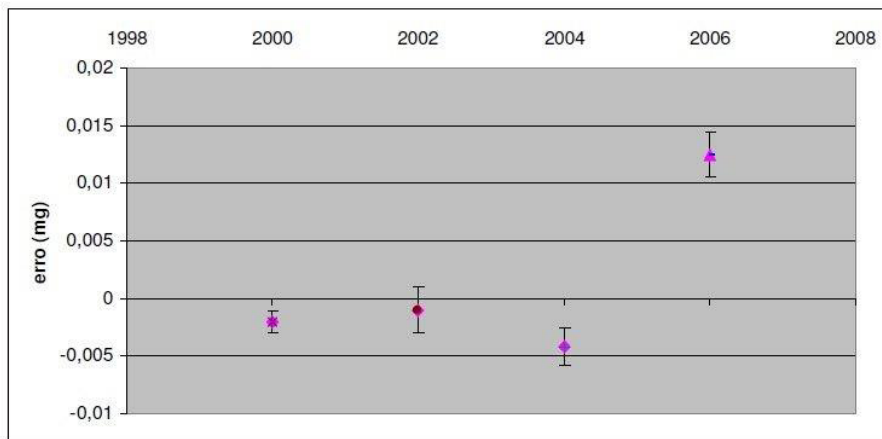
calibrações. Esta análise permite também determinar um fator temporal de correção que pode ser acrescido ao erro para maior confiabilidade na medição. Esse fator pode ser também somado a incerteza.

O gráfico 1, abaixo, demonstra o comportamento do erro de um peso-padrão de 1 mg ao longo dos anos. Com base na análise histórica desses valores é possível a alteração do intervalo de calibração.

Da análise do gráfico 1, levanta-se três hipóteses contrárias para o valor do erro do padrão quando da calibração no ano de 2006: estar entre os encontrados nos anos de 2000 e 2004 indicando uma tendência de estabilidade do padrão; estar abaixo do valor encontrado em 2004, indicando um desgaste do padrão; estar acima do valor encontrado em 2004, indicando uma tendência de variação causal de comportamento do padrão. O gráfico 2 apresenta os resultados encontrados no ano de 2006.



**Gráfico 1 - Erros e incertezas do peso-padrão de 1g de 2000 a 2004**



**Gráfico 2 - Erros e incertezas do peso-padrão de 1g de 2000 a 2006**

Após observar o valor encontrado na calibração de 2006, que é muito superior ao histórico do padrão, pode-se inferir que durante os anos de 2004 e 2006 houve problemas relacionados à conservação/manuseio do padrão. Com esse valor, o intervalo de calibração não pode ser estendido e deverá ser feito um estudo sobre comportamento do padrão entre as calibrações de modo a tentar determinar o momento em que o padrão sofreu problemas de modo a levar seu erro a valores tão discrepantes de seu histórico.

No caso da confirmação de uma tendência de estabilidade do erro do padrão, o que de fato não ocorreu, poder-se-ia ampliar o intervalo de calibração. Recomenda-se, quando possível, uma ampliação gradual do intervalo de calibração, por exemplo, do intervalo inicial de dois anos para três anos, isso nas próximas três calibrações, e persistindo a estabilidade do erro

do padrão permite um aumento posterior para quatro anos. Um ponto importante que devemos destacar é que esta análise só é válida para instrumentos que não foram ajustados entre as calibrações. Considerações a respeito do manuseio de instrumentos/padrões são tratadas nos itens a seguir.

A calibração periódica simplesmente não é suficiente para garantir a confiabilidade metrológica dos instrumentos de medição e padrões, por isso o plano de calibração deve contemplar também, verificações intermediárias do erro dos instrumentos/padrões de modo a garantir que as condições operacionais se mantenham entre as calibrações e que qualquer outro problema não venha a alterar o status do instrumento. Nas verificações deve-se realizar, pelo menos, cinco medições com o instrumento para que se possa obter uma

média das leituras e uma medida de dispersão (em geral utiliza-se o desvio padrão) para se poder avaliar o comportamento do instrumento.

A análise dos resultados destas verificações intermediárias deve ser feita comparando-se com os dados do histórico de calibração. Em casos da inexistência do histórico de calibrações, pode-se tomar como base a incerteza do certificado vigente ou as tolerâncias do processo.

A periodicidade dessas verificações intermediárias deve ser determinada de modo a manter a confiabilidade e deve ser feita no mínimo uma vez entre as calibrações. A frequência de utilização do equipamento/padrão é o fator de primordial importância na definição do intervalo de verificação. Instrumentos com uso excessivo devem ser verificados em intervalos menores. Sempre que um instrumento/padrão apresenta algum resultado suspeito, esse deve ser segregado e submetido a uma verificação.

Tendo-se como exemplo os valores apresentados no gráfico 2, constata-se que se a verificação intermediária tivesse sido realizada, a detecção da tendência de comportamento errôneo do peso-padrão de 1 mg teria permitido uma intervenção preventiva de modo a evitar-se a suspeita sobre as inspeções

realizadas antes da calibração. Esta situação demandaria: segregar o padrão; verificar os resultados onde o padrão foi utilizado; recalibrar o padrão; e verificar o status de calibração de outros instrumentos/padrões semelhantes em uso. As verificações intermediárias podem ser realizadas de duas formas: por comparação com outros instrumentos ou por medição de padrões calibrados.

Para se realizar a verificação de um instrumento comparando-o com outro instrumento tomado como referência, devemos tomar alguns cuidados que veremos abaixo. Os instrumentos escolhidos como referência para as comparações devem apresentar: estabilidade em relação ao seu erro conhecido; certificado de calibração recente; resolução ou classe de exatidão melhor ou igual ao padrão/instrumento que se pretende verificar; e condições de utilização e armazenamento que garantam que seu status não seja alterado.

No caso de um instrumento de referência com a mesma classe de exatidão ou com mesma data de calibração, deve-se escolher, no momento do recebimento dos instrumentos vindo da calibração, um instrumento entre aqueles que serão utilizados no processo produtivo de modo que este fique segregado e possa servir de referência nas

verificações intermediárias. A comparação entre o instrumento de referência e o que se pretende calibrar ocorre da seguinte forma: mede-se um mesmo objeto, que pode ser um produto ou um padrão, comparando-se os resultados encontrados e determinando-se a diferença.

A escolha do objeto deve ser feita de forma tal que a grandeza medida no objeto permaneçam constante durante a verificação não alterando o resultado da verificação. Por exemplo, para se verificar uma balança deve-se utilizar um objeto sólido e não um recipiente contendo álcool que é volátil. É importante como visto no item anterior a realização de pelo menos cinco leituras com cada instrumento para que se possa analisar a média entre elas, bem como o comportamento da dispersão entre os resultados.

A verificação de um instrumento com padrões de referência ocorre de forma similar à verificação com outros instrumentos. Diferenciando-se somente no fato de realizarmos medições diretamente no padrão de referência com o instrumento que queremos verificar. A escolha do padrão de referência deve obedecer aos mesmos critérios e comparamos o resultado obtido pelo instrumento com o erro apresentado no certificado de calibração do padrão. Igualmente na verificação por comparação, deve-se realizar ao menos cinco

leituras com o instrumento.

Os resultados podem ser analisados pontualmente ou por meio de uma série temporal discreta de resultados, fazendo gráficos em cartas de controle. Pontualmente, o instrumento apresenta confiabilidade comparando-se os resultados da verificação intermediária em relação a seu último certificado. Verificando-se desta forma se o valor determinado é compatível com o valor do certificado, considerando-se os limites dados pelos valores de incerteza e dispersão das medidas da verificação.

Pode-se também, para determinar-se uma deriva temporal, utilizar-se cartas de controle. As cartas de controle podem conter os valores dos certificados de calibração, das verificações intermediárias ou ambos. Para as verificações pontuais, pode-se montar uma carta de controle somente com os valores das verificações juntamente com o valor do certificado vigente. Neste caso o ponto central das cartas de controle deve ser o valor expresso no último certificado no instrumento/padrão e pode-se utilizar dois limites.

O primeiro deles pode ser o limite aceitável pelo processo. E o segundo a incerteza de calibração do instrumento/padrão. Para as cartas de controle com uma série temporal (utilizando os resultados dos certificados

de calibração e verificação), devemos colocar todos os resultados conhecidos. Neste caso o ponto central é dado pela média dos valores encontrados nos certificados de calibração.

A utilização da carta de controle permite analisar, ao longo do tempo o comportamento do padrão podendo-se inferir sobre a necessidade de uma recalibração antes da data prevista ou até mesmo uma extensão do intervalo de calibração. A importância da realização das verificações intermediárias, bem como a análise dos dados desta, evidencia-se como ponto chave na manutenção da confiabilidade entre as calibrações.

O ajuste modifica a característica do instrumento alterando seu comportamento [3]. Esse ajuste pode fazer com que o comportamento do instrumento mude de uma forma tão significativa que invalida o histórico de calibração. Porém

quando os valores apresentados pelos instrumentos/padrões estão muito superiores aos tolerados pelo processo, pode-se optar por fazer um ajuste do instrumento para que o mesmo retorne ao comportamento requerido.

Por exemplo, um torquímetro utilizado na instalação de kits de conversão GNV apresenta um erro de indicação muito superior ao tolerado pelo processo, esse pode ser ajustado para que sua indicação não apresente erros. Porém todo seu histórico de calibração é perdido, pois as condições sob as quais as calibrações foram realizadas foram modificadas, cabe, então, ao responsável pela utilização avaliar a importância e do ajuste. Toda e qualquer intervenção no instrumento/padrão deve ser feita por pessoas qualificadas. No caso de alguns instrumentos sujeitos a regulamentação, as

intervenções só podem ser feitas por empresas autorizadas pelo Inmetro, isso acontece para instrumentos utilizados em transações comerciais como, por exemplo, balanças.

Cada instrumento/padrão requer um cuidado específico na sua utilização e/ou armazenamento esses cuidados devem ser tomados para a manutenção do seu status de calibração. Esses cuidados variam de acordo com a grandeza com esse instrumento/padrão relacionada. A utilização dos instrumentos fora das condições “normais” de utilização (no manual de instruções do equipamento estão especificadas as condições operacionais limite para o correto funcionamento do equipamento/padrão), acarreta numa possível perda do seu status de calibração.

Por exemplo: se uma célula



de carga de 50 kN sofreu uma sobrecarga onde foi aplicado 60 kN, deve-se fazer uma verificação para confirmar que sua resposta permanece coerente com a do seu último certificado de calibração. Outro ponto relevante com relação às condições de utilização está relacionado como as condições ambientais de uso dos mesmos, em alguns casos as alterações nas condições de uso podem implicar na necessidade de correções e que devem ser avaliadas.

A utilização do equipamento para o fim que ele foi projetado também é de vital importância, pois quando o equipamento é submetido a operações diferentes da qual foi projetado seu comportamento também pode ficar alterado. Por exemplo: um paquímetro, instrumento utilizado para medição, é utilizado como chave de boca, isso irá, mesmo que aparentemente de forma imperceptível, danificar sua estrutura alterando significativamente seus resultados.

O armazenamento, principalmente dos padrões, requer cuidados específicos e monitoramento das condições de armazenamento, igualmente quando se identifica problemas de manipulação, quando se apresenta problemas de armazenamento deve-se também fazer uma verificação do status da calibração. Por

exemplo: considere padrões de massa que devem permanecer em ambiente com umidade relativa entre 40 % – 60 %, se o sistema de monitoramento de condições identificar um aumento da umidade acima de 60 % e os padrões submetidos a essas condições devem passar por uma verificação para garantir que o excesso de umidade relativa no ambiente não tenha causado nenhum efeito de absorção de água causando assim um aumento da massa do padrão.

Enfim, a correta elaboração e execução do plano de calibração garantem a confiabilidade do instrumento/padrão e consequentemente do produto fabricado. Por isto, a definição correta, no plano de calibração, dos intervalos de calibração e das verificações intermediárias permite a otimização da utilização dos recursos de inspeção e diminui a incerteza dos resultados da inspeção de produtos, diminuindo assim a quantidade de produtos reinspecionados quando da detecção de instrumentos não conformes.

A manutenção status de calibração não se limita à realização das calibrações e verificações, mas abrange também o correto manuseio e armazenamento dos instrumentos/padrões. Este guia formula indicativos para que, se corretamente aplicados, possa elaborar um

plano de calibração de modo que as medições realizadas no processo produtivo apresentem confiabilidade metrológica. ❶

### Referências

[1] COUTO, P. Estimativa da Incerteza da Massa Específica da Gasolina pelo Iso Gum 95 E Método de Monte Carlo e seu impacto na Transferência de Custódia., Coppe. dez. 2006.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 31p.(ABNT ISO/IEC17025:2005)[3] Inmetro. Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM. Quarta Edição. Brasília. 2007. 75 p.

[4] COUTO, P.; JUNQUEIRA, P. Importância da criação de um Laboratório de Metrologia na Indústria. 1994. Revista Inmetro. Vol.3 abr./jun. 1994.

[5] SERENO, H. R. S.; SHEREMETIEFF Jr, A. Guia para elaboração de um plano de manutenção da confiabilidade metrológica de instrumentos de medição – Escolha dos instrumentos. V Metrosul 2007.

---

Helton R. Sereno é servidor do Inmetro e Alexandre Sheremetieff é da Universidade Católica de Petrópolis - [hrsereno@Inmetro.gov.br](mailto:hrsereno@Inmetro.gov.br) - [alexandre.sheremetieff@ucp.br](mailto:alexandre.sheremetieff@ucp.br)