

*Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
Diretoria de Metrologia Científica e Industrial - Dimci  
Divisão de Metrologia Mecânica - Dimec*

# **CONFIABILIDADE E EXATIDÃO DE PROCESSOS DE CALIBRAÇÃO: uma proposta de metodologia**

**DIMEC/nt-01/v.00**

## **Nota Técnica**

**Julho 2008**



# **CONFIABILIDADE E EXATIDÃO DE PROCESSOS DE CALIBRAÇÃO: uma proposta de metodologia**

**Autores:** MSc. Eng. José Carlos Valente de Oliveira, INMETRO (Diretoria de Metrologia Científica e Industrial), Av. N. Sra. das Graças – 50 – Vila Operária – Xerém – CEP: 25250-020 – Duque de Caxias – RJ – Brasil, email: [jcoliveira@inmetro.gov.br](mailto:jcoliveira@inmetro.gov.br)

DSc. Eng. João Alberto Neves dos Santos, Instituto Militar de Engenharia (IME) – Praia Vermelha – Urca – R.J. – Brasil, email: [joaoneves@fat.uerj.br](mailto:joaoneves@fat.uerj.br)

**Julho 2008**

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia genérica que possa permitir a análise de processos de medição e verificar se estes apresentam a confiabilidade e a exatidão necessárias para a execução das atividades de calibração. A motivação para o desenvolvimento da metodologia proposta surgiu devido à dificuldade que se nota no atendimento a alguns requisitos técnicos da norma NBR ISO/IEC 17025 [1], em especial o 5.9, que fala sobre a “Garantia da Qualidade de Resultados de Ensaio e Calibração”.

É aqui apresentada a rotina a ser seguida quando se avalia um processo de medição. A metodologia proposta foi testada em um processo do Laboratório de Metrologia Dimensional (LAMIN) do INMETRO na área de Ângulo Plano, mostrando-se válida. A qualidade contínua das medições realizadas em um laboratório metrológico é assegurada, quando a metodologia é aplicada periodicamente e de acordo com alguns critérios estabelecidos.

**Palavras-chave:** confiabilidade, exatidão, qualidade de resultados

## 1. INTRODUÇÃO

Os Institutos Nacionais de Metrologia, cuja a sigla é NMI do termo em inglês “National Metrology Institutes”, têm o compromisso de disseminar, para seus usuários, as unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades (SI) com a requerida confiabilidade metrológica, assim como evidenciar competência técnica através da compatibilidade de resultados com seus congêneres, objetivando o Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA), coordenado pelo “Bureau International des Poids et Mesures” (BIPM). Como laboratório de referência na área de metrologia dimensional no País, o LAMIN tem este compromisso. Por esta razão, o principal objetivo deste trabalho foi o de desenvolver uma metodologia formal que pudesse ser aplicada a todos os processos de medição do LAMIN, para se obter um melhor desempenho, uma reavaliação das incertezas de medição e a qualidade contínua de seus serviços de calibração.

A aplicação da metodologia permite desenvolver o senso de análise crítica no pessoal técnico envolvido, assim como possibilitou a geração de documento técnico orientativo para outros laboratórios metrológicos. A metodologia foi, principalmente, baseada nos requisitos técnicos da norma NBR ISO/IEC 17025 [1] e em conceitos relevantes contidos na norma ISO/TS 14253-2 [2].

## 2. METODOLOGIA PROPOSTA

Os passos da metodologia proposta são os seguintes:

Passo 1: Determinação da exatidão requerida

Antes de se avaliar qualquer processo de medição é necessário saber sua exatidão requerida ou, em outras palavras, sua incerteza de medição desejada.

Pode se ver na figura 1, a seguir, que as áreas de conformidade e de não conformidade ficam menores, ao passo em que a incerteza aumenta.

LTI- Limite de Tolerância Inferior

LTS- Limite de Tolerância Superior

C- Áreas de Especificação

D- Áreas de Verificação

1- Dentro da Especificação

- 2- Fora da Especificação
- 3- Área de Conformidade
- 4- Área de Não Conformidade
- 5- Área de Impossibilidade de Julgamento
- 6- Área de Aumento da Incerteza de Medição (U)

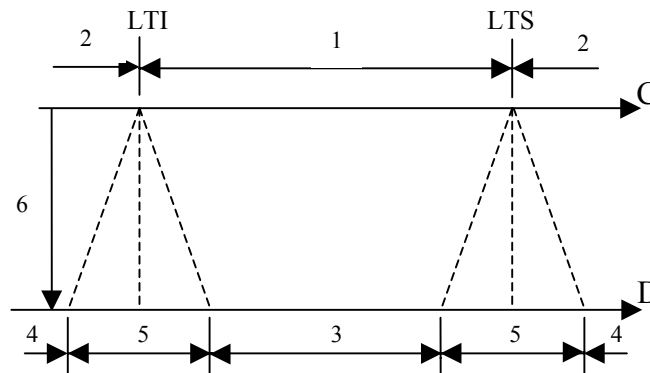


Fig.1. Correlação entre tolerância e incerteza de medição (ISO 14253-1, 1998) [3]

### Passo 2: Análise das condições de medição

As condições de medição podem ser divididas em: instalações, condições ambientais e recursos humanos.

É razoável que, antes de se avaliar o método ou o procedimento de medição, sejam verificadas as condições de medição. Se estas tiverem de ser modificadas, pode haver uma melhoria da confiabilidade do processo de medição, sem que seja necessário modificar o método ou o procedimento de medição. Neste caso, deve-se reavaliar o cálculo dos resultados de medição, assim como as considerações a respeito da incerteza de medição, seu modelo matemático, suas componentes e seu cálculo.

### Passo 3: Análise do princípio, do método e do procedimento de medição

Após a avaliação da exatidão requerida e das condições de medição, é necessário, em consequência da análise crítica do método e do procedimento de medição, modificar este último ou então propor um novo procedimento com o objetivo de melhorar o processo de medição em questão. Em ambos os casos, é necessário definir as condições de medição para realizar a calibração e, a seguir, reavaliar os cálculos dos resultados de medição, assim como as considerações a respeito da incerteza de medição, seu modelo matemático, suas componentes e seu cálculo.

### Passo 4: Análise da incerteza de medição

Todas as grandezas de influência que possam afetar o resultado de medição devem ser consideradas no modelo matemático. Após a definição do modelo, a influência de cada componente de incerteza deve ser analisada. Em função desta análise, pode ser razoável reduzir-se a influência de determinada(s) componente(s) para se chegar à incerteza desejada pelo cliente ou pelo próprio laboratório.

### Passo 5: Avaliação da qualidade dos processos de medição

Esta avaliação pode ser feita por meio da participação em programas de comparação inter e intra laboratoriais, calibrações replicadas ou recalibrações de itens de clientes, análise de desempenho de serviços, avaliação da satisfação de clientes, análise da estabilidade a longo prazo de padrões de referência e análise do histórico de resultados de medição de itens de clientes.

### 3. SÍNTESE DA METODOLOGIA E SUA APLICAÇÃO

Em particular, no caso do LAMIN estabeleceu-se que a metodologia deve ser aplicada periodicamente aos processos de calibração sempre que:

Houver suspeita relacionada às técnicas metrológicas, aos recursos matemáticos ou estatísticos utilizados no cálculo de resultados de medição e à confiabilidade nestes; as incertezas de medição do laboratório não atenderem às necessidades dos clientes ou às suas próprias, por serem elevadas; as incertezas de medição obtidas não estiverem no mesmo nível das incertezas declaradas por outros NMI do Sistema Interamericano de Metrologia (SIM), por serem elevadas; houver não conformidade em comparações intra laboratoriais; houver não consistência em um processo de medição, como por exemplo, resultados não repetitivos e/ou não reprodutivos, ou com baixa exatidão, gerando incerteza de medição elevada; as incertezas de medição obtidas pelo LAMIN forem muito inferiores às incertezas desejadas, ocasionando processos de medição muito custosos e; as normas técnicas utilizadas como referência para a elaboração de procedimentos de medição forem revisadas, tornando necessária a revisão dos mesmos.

A figura 2 mostra a sequência proposta pelos autores para a análise de processos de medição [4].

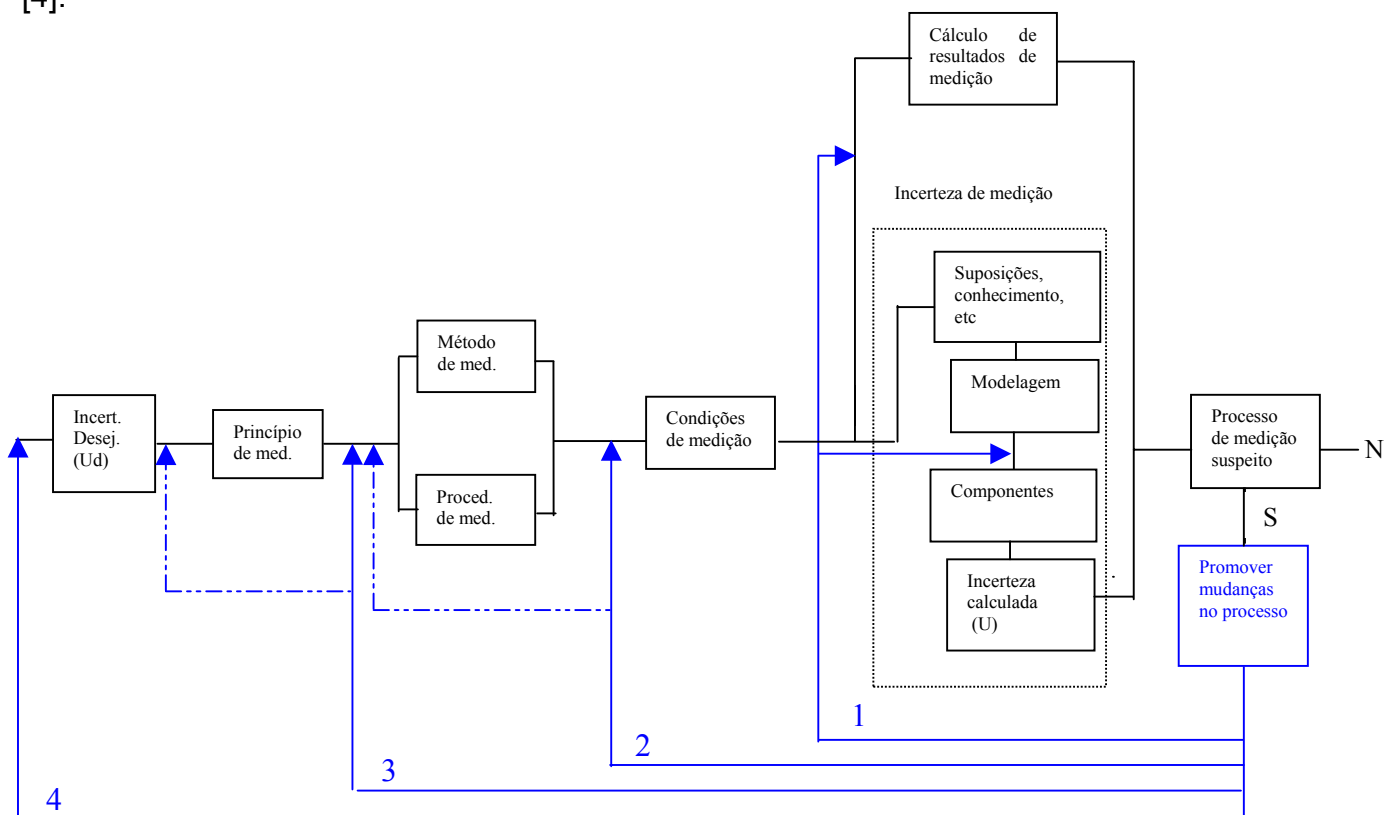


Fig. 2. Análise de processo de medição suspeito

Se em um processo de medição o padrão de referência ou equipamento de medição é suspeito, sendo a solução sua recalibração ou sua substituição por um similar, a intervenção no processo deve ser feita conforme indicado pela seta 1, na figura 2. Sendo satisfatórios os resultados e as incertezas obtidas na calibração realizada com tal padrão de referência ou equipamento de medição, encerra-se a análise. Do contrário, as condições de medição devem ser avaliadas, conforme indicado pela seta 2, dando-se continuidade na análise, até o final. Caso seja necessário intervir no processo sem que haja uma suspeita definida de onde estaria o problema, as condições de medição devem ser analisadas inicialmente, conforme indicado pela seta 2, também, dando-se continuidade na análise, até o final.

Se os resultados de medição e as incertezas não forem satisfatórios, a intervenção no processo deve ser feita da forma indicada pela seta 3, reavaliando-se o método e o procedimento. Isto pode levar a uma mudança no princípio de medição.

Caso o problema não seja resolvido, a alternativa final é se reavaliar a incerteza desejada (seta 4).

#### 4. FLUXOGRAMAS DE AÇÕES A SEREM IMPLEMENTADAS

1) Suspeita: calibração inconsistente ou incerteza elevada do padrão de referência ou equipamento de medição (caso particular) [4]

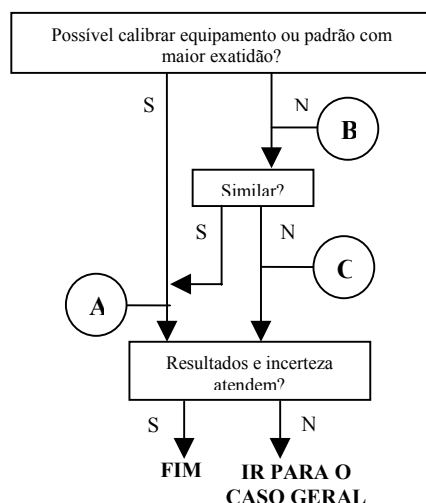


Fig. 3. Fluxo de ações para padrão de referência ou equipamento de medição sob suspeita

**Ação A:** -calibrar equipamento ou padrão

-analisar/revisar cálculo de resultados de serviço realizado com o equipamento ou padrão

-analisar/revisar incerteza de medição de serviço realizado

**Ação B:** -substituir por outro

**Ação C:** -selecionar equipamento ou padrão

-calibrar equipamento ou padrão

-analisar/revisar princípio/método/procedimento

-analisar/revisar condições de medição

-analisar/revisar cálculos de resultados de serviço realizado com equipamento ou padrão

-analisar/revisar incerteza de medição de serviço realizado

## 2) Suspeita: Não identificada (caso geral) [4]

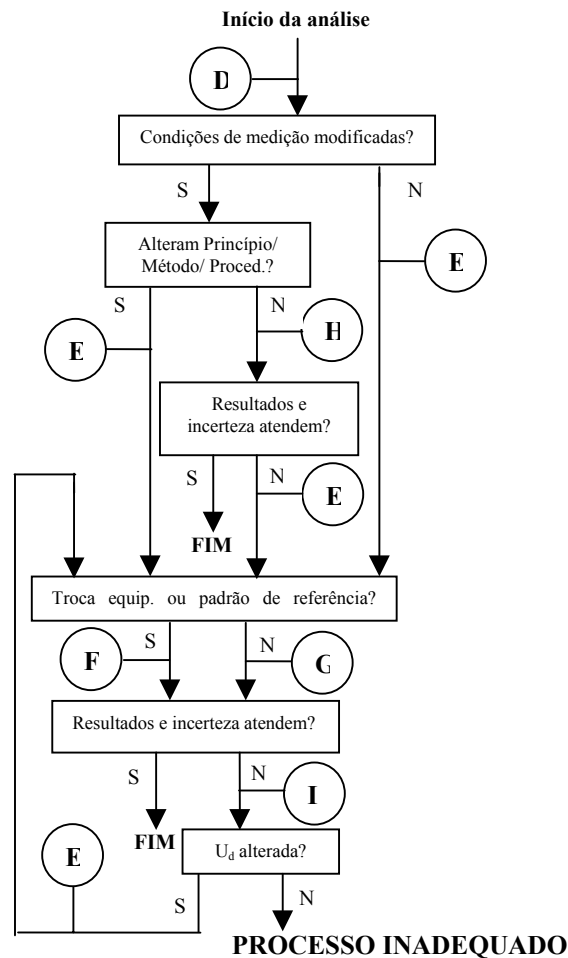


Fig. 4. Fluxo de ações para suspeita não identificada

Ação **D**: -analisar condições de medição

Ação **E**: -analisar/revisar princípio/método/procedimento

Ação **F**: -selecionar equipamento ou padrão

-calibrar equipamento ou padrão

-reanalisar/revisar condições de medição

-analisar cálculos de resultados de serviço realizado com equipamento ou padrão

-analisar incerteza de medição de serviço realizado

Ação **G**: -reanalisar/revisar condições de medição

-analisar cálculos de resultados de serviço realizado com equipamento ou padrão

-analisar incerteza de medição de serviço realizado

Ação **H**: -analisar cálculos de resultados de serviço realizado com equipamento ou padrão

-analisar incerteza de medição de serviço realizado

Ação **I**: -analisar incerteza desejada (requerida) -  $U_d$

## 5. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A metodologia aqui apresentada é de bastante utilidade para laboratórios metrológicos de maneira geral, já que propõe a realização de uma análise crítica formal dos processos de medição, a qual permite a detecção de falhas visando a implementação das devidas alterações, objetivando melhorias.

Tal metodologia foi aplicada a um processo metrológico do LAMIN, na área de ângulo plano e provou sua eficiência, pois levou em consideração todos os fatores que podem afetar um processo de medição, conduzindo a possíveis resultados não confiáveis.

## REFERÊNCIAS

- [1] NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2001
- [2] ISO/TS 14253-1: Especificações Geométricas de Produtos (GPS) – Inspeção por meio de medição de peças e equipamentos de medição. Parte 1: Regras decisórias para avaliar a conformidade ou a não conformidade com as especificações. 1ª ed. Suíça, 1998
- [3] ISO/TS 14253-2: Inspeção por meio de medição de peças e equipamentos de medição. Parte 2: Guia para a estimativa da incerteza em medição GPS, em calibração de equipamento de medição e verificação de produto. 1ª ed. Suíça, 1999
- [4] Oliveira, José Carlos Valente de: Garantia contínua e sistêmica da qualidade nos serviços de calibração realizados pelo Laboratório de Metrologia Dimensional do INMETRO: Uma proposta de metodologia de implantação. Dissertação (Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão) – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2004
- [5] CIPM Mutual Recognition of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates emitidos por Institutos Nacionais de Metrologia. BIPM, França, 1999
- [6] EA-4/02: Expressão da incerteza de medição na calibração. 1ª ed. Rio de Janeiro: INMETRO, ABNT, SBM, 1999
- [7] EA-2/03 (Rev. 01): Comparação interlaboratorial da EA. 1ª ed., 1996
- [8] ISO Guia para a expressão da incerteza de medição. ISO GUM. 1ª ed. Suíça, 1995
- [9] Natrela M. G.: Estatística experimental. National Bureau of Standards (NBS) Handbook 91, 1963
- [10] Oliveira, José Carlos Valente de; Vieira, Luiz Henrique Brum; Souza, Marcos Motta de. Cadeia de rastreabilidade e disseminação das medidas de Ângulo Plano no Brasil. VIII Congresso Internacional de Metrologia. Besançon, 1997