

## GUIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO DA CONFIABILIDADE METROLÓGICA DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO – ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS

*Sereno H.R.S.<sup>1</sup>, Sheremetieff Jr. A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Inmetro, Duque de Caxias, Brasil [hrsereno@inmetro.gov.br](mailto:hrsereno@inmetro.gov.br)*

<sup>2</sup> *Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, Brasil, [alexandre.sheremetieff@ucp.br](mailto:alexandre.sheremetieff@ucp.br)*

**Resumo:** Este trabalho apresenta os critérios para a escolha do instrumento mais adequado a cada processo produtivo. Estes critérios fazem parte da primeira parte de um guia para elaboração de um plano de manutenção da confiabilidade metrológica de instrumentos de medição.

**Palavras Chave:** Confiabilidade metrológica, garantia da qualidade, instrumentos, qualidade.

### 1. MOTIVAÇÃO

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 saber especificar tais instrumentos de forma apropriada a cada aplicação proposta, além de calibrá-los.

Embora a rastreabilidade seja assegurada com a calibração dos instrumentos, a correta interpretação e aplicação dos resultados obtidos (erro e incerteza) deve ser feita, pois a não utilização desses resultados pode comprometer o processo produtivo.

### 2. CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

#### 2.1 Linhas Gerais

Para a escolha do instrumento adequado a ser empregado em qualquer processo produtivo, deve-se primeiramente fazer uma análise deste. Algumas perguntas devem ser feitas, a primeira delas é “Qual a “exatidão” requerida pelo processo?” A resposta a esta pergunta é fundamental para escolha da resolução do instrumento de modo que não ocorra o que comumente é conhecido como “matar mosca com canhão” ou “tentar matar elefante com estilingue”, ou seja, escolher um instrumento que apresente um resultado muito além do necessário ou um que não conseguirá responder ao requerido pelo processo.

A resposta a essa pergunta deve ser elaborada por um profissional que realmente conheça o impacto da grandeza a ser medida ante a qualidade final do produto de forma que a escolha do instrumento não comprometa a qualidade final requerida pelo produto.

A exatidão deve ser tal que as variações possíveis de indicação do instrumento ou padrão não afetem significativamente o processo, por exemplo em um dado processo a temperatura deve ser controlada com 1 °C de exatidão, portanto deve-se usar um termômetro com exatidão melhor que a requerida pelo processo.

A próxima pergunta “Qual a faixa de medição?” é igualmente importante na aquisição do instrumento de medição. Pois deve-se considerar que um mesmo processo pode requerer diferentes resoluções em diferentes faixas de medição.

Por exemplo, em um dado processo a medição de comprimento até 25 mm pode requerer uma resolução de 0,003 mm e de 25 mm a 150 mm uma resolução de 0,07 mm. Desta forma vê-se que para a primeira faixa de exatidão pode-se utilizar um micrômetro e para segunda faixa um simples paquímetro. Essa conclusão torna-se muito importante, pois caso declara-se que a resolução de 0,003 mm é válida para toda faixa de 150 mm, ter-se-ia que adquirir um micrômetro para toda faixa até 150 mm, elevando o custo na aquisição dos instrumentos.

Deve-se considerar também em que equipamento ou ponto de inspeção esse instrumento será utilizado para que não existam incompatibilidades de sistemas de fixação, alimentação, etc. Além disso, devemos considerar a necessidade futura da ampliação da faixa e melhoria da resolução devido a possíveis mudanças/melhorias do processo.

A seguir são apresentados alguns pontos específicos para a escolha de instrumentos de medição.

#### 2.2 Pontos Específicos

Respondida essas duas primeiras perguntas, procede-se à uma análise mais detalhada das especificidades de ambientes de medição e particularidades.

##### 2.2.1 Condições Ambientais

Algumas medições são realizadas em ambientes especiais como ambientes explosivos, devendo desta forma, ser tomados os devidos cuidados com o atendimento às normas específicas no momento da escolha desses instrumentos.

Por exemplo, para realizar a medição em uma câmara climática utilizada para o envelhecimento de concreto por umidade, deve-se utilizar equipamentos que suportem trabalhar em ambientes com umidade relativa acima de 80 %. A escolha de equipamentos sem essa característica pode comprometer seriamente as medições ou até mesmo levar a queima do sistema de medição.

Fatores ambientais como temperatura, umidade, vibrações externas, devem ser controlados principalmente em pontos de inspeção, pois em alguns casos essas condições são normalizadas ou devem ser estabelecidas de forma que as medições realizadas estejam de acordo com as condições operacionais e/ou de calibração do instrumento.

Em medições dimensionais a temperatura do ambiente é muito importante para o resultado, pois quando a temperatura do ambiente é diferente da temperatura de calibração do instrumento, pode ser necessário aplicar as correções devido à dilatação do instrumento.

Quando se utiliza de uma medição para tomada de decisão, e com essa é gerado um documento, as condições sob as quais essa medição foi realizada devem ser registradas. Pois caso seja necessário à reprodução desta medição as condições sob a qual estas foram realizadas devem estar suficientemente documentadas.

Uma vez definidas as condições ambientais a que o instrumento de medição está submetido, deve-se buscar um catálogo de instrumentos, ou um fabricante, para que se possa escolher o instrumento mais adequado para cada condição.

Vale lembrar que em casos de medições realizadas em ambientes especiais, como em ambientes de produção de produtos alimentícios, ambientes estéreis etc, deve-se observar os regulamentos específicos.

### 2.2.2 Layout

A localização do instrumento de medição no ambiente pode interferir no seu comportamento, a proximidade de outros equipamentos ou ambientes, vibrações, cargas térmicas, presença de campos magnéticos ou outras fontes de interferência podem levar o instrumento a uma reprodutibilidade diferente da reprodutibilidade característica especificada pelo fabricante ou mesmo a distorções no resultado.

As influencias são oriundas de diferentes fontes, que nem sempre são perceptíveis, como variações na tensão de alimentação de um determinado equipamento, vibrações de baixa frequência etc. A bancada ou local onde o equipamento será instalado, deve ser projetado de tal forma que fontes de influencia conhecidas sejam eliminadas. A especificação do instrumento traz as condições sob as quais esse deve ser instalado, essas condições devem ser respeitadas.

Por exemplo, em um ambiente industrial operando com prensas ou outros equipamentos que geram vibração, pode não se conseguir estabilizar uma balança com resolução de 0,1 mg se essa não for colocada em uma bancada devidamente isolada.

A análise do *layout* deve ser feita pelo responsável pela especificação do instrumento para que se possa identificar as influencias que interferem no instrumento e promover as mudanças necessárias de *layout* ou prover os recursos para a diminuição/eliminação dessas influencias.

### 2.2.3 Transmissão e digitalização de sinal para sistema de controle

Outro ponto que deve ser levado em consideração é saber se o instrumento fornece algum sinal para o sistema de controle ou monitoramento e saber que tipo de sinal é fornecido (analógico ou digital).

Caso haja a transmissão deste sinal para outro sistema, deve-se fazer uma análise da transmissão principalmente para os instrumentos com sinais analógicos.

Os sinais digitais apresentam pequenas alterações nos níveis de tensão durante a transmissão que em geral não comprometem seus dados, por outro lado a transmissão de sinais analógicos apresenta distorção que pode comprometer seus dados quando esta é feita por meios inadequados.

O meio por onde se faz a transmissão de sinais analógicos deve ser estudado e dimensionado (distância, material do condutor utilizado, blindagem, conector, uso de replicador, etc.). Em ambientes industriais existem equipamentos que geram interferência de diferentes tipos, esse estudo visa garantir que os efeitos externos não distorçam o sinal e esse possa ser utilizado com confiabilidade para o fim proposto.

Quando possível, a melhor escolha é a digitalização do sinal antes de sua transmissão.

Outro ponto também muito importante a se observar é como esse sinal "sai" do equipamento. Por exemplo, se para utilizar o sinal analógico de 4 a 20 mA usa-se um resistor para obter o sinal em tensão, a escolha desse resistor é de vital importância, pois, resistores comerciais apresentam uma tolerância de até 10 % em relação a seu valor nominal. Este erro devido ao "meio" pelo qual o sinal é recebido pelo sistema deve ser analisado pois pode ser grande o suficiente para que os resultados apresentados pelo sensor não representem os valores da grandeza medida.

Uma vez garantido que este sinal analógico chegou ao sistema de controle ou monitoramento com qualidade tal que seus dados sejam confiáveis, deve-se atentar para a digitalização desse sinal para posterior tratamento. Pois além da resolução do sensor, a resolução do conversor analógico-digital influi na resolução final da medição. Esse cuidado deve ser tomado em qualquer digitalização, mesmo que ela seja feita antes da transmissão.

Mesmo que o sensor apresente resolução adequada, esta pode ser degradada na conversão analógico-digital, pois a resolução em *bits* do conversor deve ser tal que as variações do sinal do sensor sejam percebidas pelo conversor.

O conversor analógico-digital divide o sinal de entrada analógico (contínuo) em um número determinado de passos (degraus discretos) e atribui a um valor do sinal de entrada um número inteiro compreendido entre zero e o número máximo de passos do conversor.

O número de passos de um conversor analógico-digital é determinado pela resolução do conversor e é dado na equação 1.

$$\text{Numero de passos} = 2^n \quad (1)$$

onde,

$$n = \text{Resolução em bits}$$

Para cada passo então é atribuído um valor correspondente a um valor do sinal analógico. Desta forma relaciona-se o número indicado pelo conversor analógico-digital com o valor da grandeza que está sendo medida.

Por exemplo, um dado sensor que realiza a medição de temperatura apresentando um sinal de 0 a 5 V com uma variação de 10 mV/°C. Para fazer a conversão analógico-digital pode-se utilizar um conversor de 8, 10, 12 ou 16 bits. A tabela 1 apresenta para este exemplo a resolução final do sensor de temperatura em função do conversor escolhido.

**Tabela 1. Resolução final do sensor em função da resolução do conversor analógico-digital**

Resolução do Conversor	Passos	Resolução	
		(mV)	(°C)
8 bits	256	19,531	1,9531
10 bits	1024	4,883	0,4883
12 bits	4096	1,221	0,1221
16 bits	65536	0,076	0,0076

Com os valores apresentados na Tabela 1, observa-se que para termos uma resolução final de 1 °C é necessário a utilização de um conversor de pelo menos 10 bits isto para a conversão de toda faixa nominal do sensor (0 a 5 V). Pode-se através de circuitos eletrônicos realizar a conversão de somente um pequena porção da faixa de indicação em torno da qual o instrumento opera, por exemplo em torno do valor correspondente a temperatura de 20 °C, desta forma poderíamos utilizar um conversor com menor número de passos para a mesma resolução final do instrumento.

### 3. CONCLUSÃO

Apresentaram-se neste trabalho alguns indicativos, listados abaixo, que devem ser considerados na especificação para aquisição de um instrumento que será aplicado em um dado processo produtivo.

- Exatidão requerida
- Faixa de indicação
- Condições Ambientais
- Comunicação com outros sistemas

Analisando esses indicativos, pode-se escolher o instrumento que melhor atenda aos requisitos do processo produtivo. Porém a correta especificação do instrumento é o ponto inicial para garantir a confiabilidade metrológica do processo produtivo.

O instrumento utilizado para medição, para ter sua confiabilidade metrológica assegurada, deve ser calibrado para a determinação do seu erro e incerteza antes de sua utilização. A calibração é o passo seguinte à escolha do instrumento na busca da confiabilidade que é mantida através de verificações entre as calibrações [5] e da correta interpretação e utilização do erro e incerteza oriundos do certificado de calibração como será visto nos trabalhos seguintes.

Além desses cuidados, a correta conservação e utilização do instrumento auxiliam na manutenção de sua confiabilidade.

O conhecimento das influências de medições erradas para o produto final é fundamental na correta especificação de cada característica do instrumento de medição a ser utilizado em qualquer processo produtivo de modo a garantir que as medições por ele obtidas sejam compatíveis com o requerido.

Para isso este guia formula os indicativos para que esta escolha seja feita de forma criteriosa, impedindo que a escolha inadequada do instrumento comprometa todo o investimento na aquisição e calibração do mesmo e no processo produtivo.

### REFERENCIAS

- [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/IEC 17025:2005)
- [3] Inmetro. *Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM.* Quinta Edição. Rio de Janeiro. 2007. 72 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.* Encontro de Ciência e Tecnologia Padre Aguiar. Universidade Católica de Petrópolis. Em publicação