

## A abrangência do gerenciamento metrológico nas empresas

Suelí Fischer Beckert (SOCIESC) [sueli@sociesc.com.br](mailto:sueli@sociesc.com.br)  
Edson Pacheco Paladini (UFSC) [paladini@deps.ufsc.br](mailto:paladini@deps.ufsc.br)

### Resumo

*Muitas empresas consideram que o controle dos instrumentos é o suficiente para garantir a qualidade dos resultados de medição e não avaliam a influência de outras fontes de incerteza na adequação do processo de medição para uma determinada tarefa de inspeção. Este artigo tem como objetivo relacionar os principais aspectos que devem ser considerados na organização metrológica da qualidade.*

*Palavras-chave: Calibração; Análise do processo de medição; Metrologia.*

### 1. Introdução

O controle dos instrumentos de medição utilizados na obtenção de produtos tornou-se uma rotina em muitas empresas, como consequência da certificação de seu sistema de gestão da qualidade com base nos requisitos estabelecidos pela norma NBR ISO 9001 (2000), considerando que o requisito 7.6 desta Norma dispõe sobre a necessidade de calibrar ou verificar os instrumentos de medição que afetam a qualidade do produto. Ao implementar as ações associadas a este requisito, muitas empresas realizam o gerenciamento dos instrumentos de medição e monitoramento sem avaliar sua efetiva relevância para a qualidade do produto e não tem sido adequada a análise realizada sobre os processos de medição. As falhas encontradas nesta atividade são provenientes de diversos fatores, dentre os quais podem ser destacados:

- a) As exigências de organismos regulamentares e de clientes, somadas ao curto prazo definido pela própria empresa para atender os requisitos estabelecidos em normas de gestão ou similares;
- b) A falta de interação entre as áreas de projeto, fabricação e inspeção. Não existindo uma definição clara das necessidades de controle, os processos metrológicos podem ser implantados com desvios inadequados (acima ou abaixo do aceitável), quando comparados com a tarefa de medição requerida;
- c) O gerenciamento metrológico estar focalizado nos instrumentos de medição e não nos processos de medição propriamente dito, que recebe influências não apenas do instrumento de medição, como também do inspetor, do método, das condições ambientais e do próprio mensurando.

A gestão metrológica centrada apenas no controle dos instrumentos tem aumentado os custos e não tem efetivamente contribuído para assegurar a qualidade dos produtos. A revisão de 2004 da norma NBR ISO 10012 ampliou seu campo de aplicação, ao estabelecer que o sistema de gestão de medição consiste no controle dos processos de medição e na comprovação metrológica dos instrumentos, além dos processos de suporte necessários. Este artigo tem como objetivo relacionar as principais variáveis a serem observadas no gerenciamento metrológico nas empresas, de forma que os processos de medição sejam adequados à inspeção dos produtos. Adicionalmente, pretende-se destacar alguns cuidados na avaliação dos processos de medição, para que ela possa ser realizada de forma a efetivamente contribuir para a seleção apropriada do processo de medição.

## 2. Por que calibrar os instrumentos de medição não é suficiente?

A exigência por produtos de melhor qualidade, a preços competitivos e disponibilizados no momento adequado, é evidenciada de forma crescente nas empresas que procuram se manter competitivas no mercado globalizado hoje vigente. A adoção de um sistema de gestão da qualidade busca primar pela melhoria contínua dos processos que o compõem, e objetiva atender aos requisitos explícitos e implícitos dos clientes, adotando um conceito mais moderno de produzir com qualidade, evitando a ocorrência de retrabalhos e refugos.

Conforme Eversheim, Assmus e Weber (2002), somente com uma eficaz (medir a característica certa) e eficiente (medir corretamente a característica) inspeção do produto pode-se garantir que não houve investimentos de tempo e dinheiro em produtos não-conformes e que o cliente recebeu o produto desejado.

Ainda que não haja dúvidas quanto à grande importância da aplicação de processos metrológicos confiáveis na garantia da qualidade industrial, as empresas têm priorizado o atendimento aos requisitos gerenciais relacionados à utilização dos instrumentos de medição, como a manutenção dos registros cadastrais e de calibração dos dispositivos, a evidência da rastreabilidade metrológica, a identificação unívoca do equipamento e o *status* da calibração. Note-se que estes aspectos são facilmente auditáveis e geradores potenciais de não-conformidades.

No entanto, o próprio requisito 7.6 da NBR ISO 9001 (2000) descreve que “a organização deve estabelecer processos para assegurar que a medição e o monitoramento podem ser realizados e são executados de uma maneira coerente com os requisitos de medição e de monitoramento”. Evidentemente, nem sempre é possível garantir o resultado de uma medição apenas realizando as calibrações dos instrumentos. Conforme o Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM, editado pelo Inmetro (2003), a calibração é o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões. Ou seja, a calibração determina os erros do instrumento de medição. Os critérios de aceitação do instrumento são definidos com base nas informações provenientes de normas, de fabricantes e de sua aplicação no processo produtivo.

Se a regra utilizada para seleção de instrumento de medição for somente o fato dele estar calibrado, muitos processos de medição podem estar inadequados para as tarefas de medição que executam. É possível ter um instrumento de medição calibrado, com erros inferiores aos estabelecidos em requisitos normativos, mas que não atendem a necessidade de medição. Por exemplo: de acordo com a norma DIN 862 (1988), um paquímetro digital pode apresentar um erro de indicação até  $\pm 0,03$  mm, mas ele não é recomendado para controlar uma tolerância de 0,05 mm, pois o critério de aceitação do instrumento é muito alto para a tolerância a ser controlada.

Mesmo que o critério de aceitação estabelecido para o instrumento estivesse apropriado para a tolerância a ser controlada, é importante destacar que nem sempre o instrumento é a principal ou a única fonte de erro no processo de medição. Frequentemente o operador, o procedimento de medição, as condições ambientais ou o próprio objeto a medir podem estar entre as principais fontes de incerteza de medição.

Apenas o controle dos instrumentos não é suficiente, sendo relevante que as empresas apliquem modelos de gestão que realmente executem o controle sobre as diferentes variáveis que podem comprometer a inspeção. Na seqüência são apresentados os aspectos relevantes a serem observados para a obtenção de um gerenciamento eficaz dos processos de medição.

### 3. Variáveis relevantes no gerenciamento dos processos de medição

Diversos aspectos devem ser levados em consideração na organização metrológica da qualidade, conforme apresentado na Figura 1.

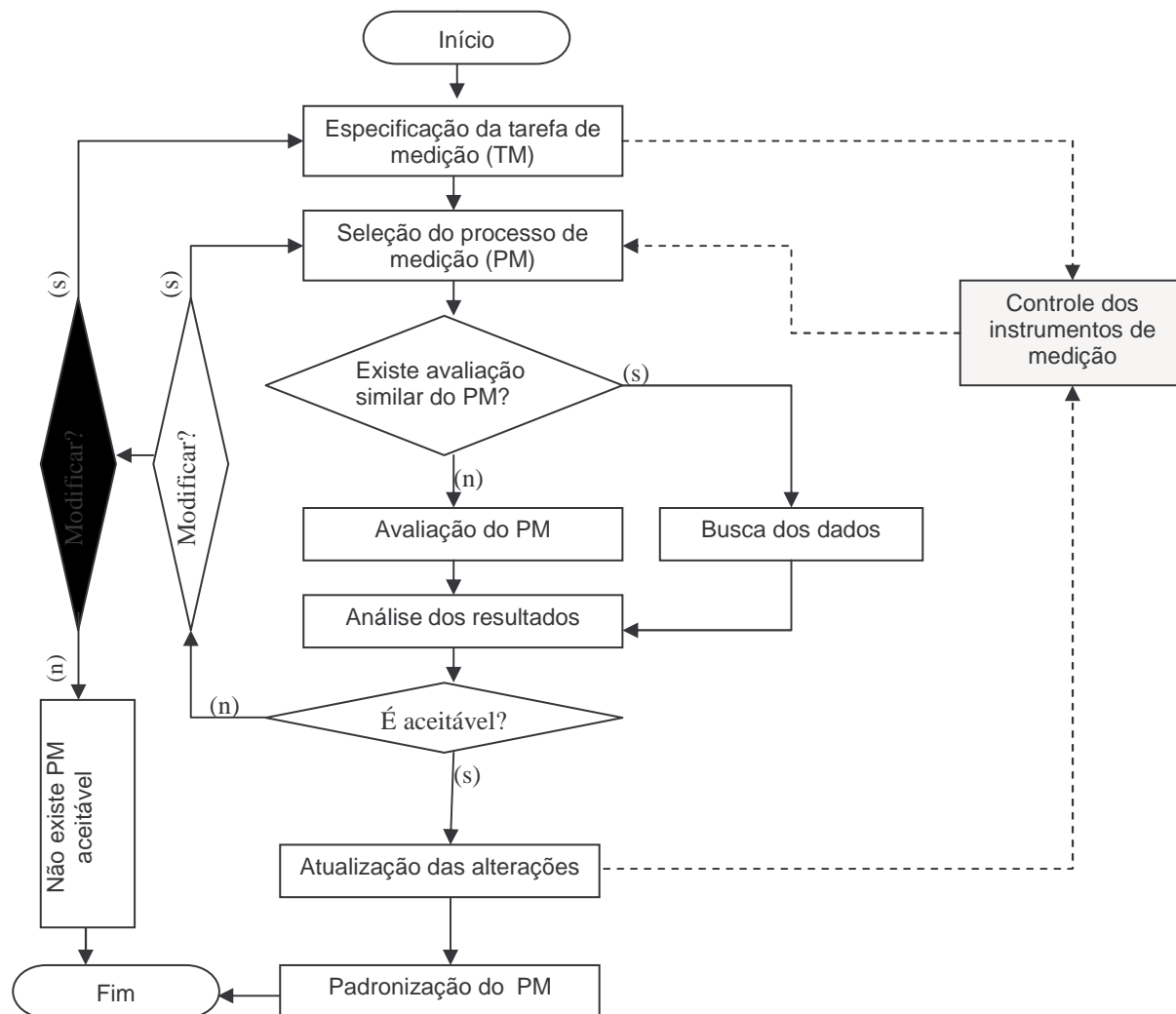


Figura 1 – Estrutura do gerenciamento dos processos de medição

Entre as principais variáveis que compõe o gerenciamento metrológico, destacam-se: a especificação da tarefa de medição, o controle dos instrumentos de medição, a seleção do processo de medição e a sua análise quanto a adequação ao uso.

#### 3.1 Especificação da tarefa de medição

A primeira variável associada ao gerenciamento dos processos de medição é a especificação da tarefa de medição, ou seja, é necessário saber o que precisa ser medido e qual o desvio admissível que o processo de medição pode apresentar. É importante lembrar que o processo completo para obter as medições inclui não apenas o instrumento de medição, como também os padrões, o procedimento, o mensurando, o software, o pessoal e as grandezas de influência. Para uma definição apropriada do desvio admissível, deve-se considerar a criticidade da característica do produto que se pretende controlar. Com base na “Regra prática da metrologia”, relatada por Gubesch (1999) e Pfeifer (1998), a recomendação é atribuir uma incerteza total não superior a 10%, ou no máximo 20% da tolerância do produto. Por

exemplo, para o controle de um diâmetro de  $40 +0,05$  mm, o desvio admissível seria de 0,005 mm a 0,010 mm.

### 3.2 Controle dos instrumentos de medição

O controle dos instrumentos de medição é uma das etapas do gerenciamento metrológico que é realizado com maior frequência nas empresas, em decorrência do requisito 7.6 estabelecido na NBR ISO 9001 (2000), que relaciona alguns aspectos a serem observados quando o instrumento deve assegurar resultados válidos:

- a) A definição dos requisitos para aceitação do instrumento de medição;
- b) A calibração ou verificação a intervalos especificados ou antes do uso;
- c) A capacidade do *software* atender a aplicação de medição;
- d) A garantia da rastreabilidade a padrões de medição nacionais ou internacionais, sempre que possível;
- e) O ajuste, quando necessário;
- f) A identificação para possibilitar que a situação da calibração seja determinada;
- g) A proteção contra ajustes que podem invalidar o resultado da medição;
- h) A proteção contra dano e deterioração durante o manuseio, manutenção e armazenamento;
- i) A manutenção dos registros dos resultados de calibração e verificação;
- j) A análise crítica sobre resultados não conformes.

As formas de avaliação do instrumento de medição resumem-se principalmente em calibração e verificação. No entanto um instrumento calibrado ou verificado é aquele que tem seus erros de medição determinados, mas não significa que está apropriado para uso, sendo necessário que análises posteriores sejam feitas para verificar sua aceitação. Para isso, é necessário definir quais os parâmetros a serem avaliados nos instrumentos, sendo seus critérios de aceitação compatíveis com suas características construtivas, seguindo as especificações apresentadas em normas ou pelos fabricantes.

A empresa necessita assegurar que os métodos de calibração sejam apropriados e que as medições sejam rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades (SI). O intervalo de avaliação do dispositivo de medição deve estar baseado em critérios como estabilidade, local de uso, frequência de uso, modo de uso e deve ser tal que os resultados mantenham-se aceitáveis entre duas avaliações consecutivas.

A tomada de decisões somente pode ser feita com base em informações, sendo necessário que os resultados das calibrações e das verificações sejam registrados. Isto permitirá as análises quanto a relevância da calibração, seu efeito sobre o produto/processo de fabricação, a alteração das periodicidades e a tomada de ação sobre resultados de medição não-conformes.

### 3.3 Seleção do processo de medição

Tendo-se definido o desvio admissível que pode ser atribuído à tarefa de medição, pode-se executar a seleção do processo de medição, partindo-se do tipo de instrumento a ser utilizado. Uma prática comum das empresas é selecionar instrumentos que apresentem erros até o desvio admissível estabelecido para o processo de medição. No entanto, conforme já descrito anteriormente, não é possível atribuir ao instrumento os mesmos limites, visto que outras fontes de incerteza podem estar atuando sobre o processo. Como recomendação inicial, o manual VDA 5 (2003) orienta para que a resolução do instrumento deva ser menor que 5% da tolerância, e o erro atribuído ao instrumento de medição não deva ser superior a 2/3 do desvio admissível estabelecido para o processo de medição. Esta razão foi obtida considerando que a incerteza do instrumento é aproximadamente igual à incerteza composta pelas demais

componentes de variação. Por exemplo, para o controle de uma tolerância de 0,05 mm, a resolução do instrumento não deveria ser superior a 0,0025 mm. E considerando que o processo de medição não deveria apresentar desvios superiores a 0,010 mm, o critério de aceitação do instrumento deveria considerar erros de indicação inferiores a 0,0067mm.

Um aspecto relevante no gerenciamento metrológico é a avaliação do processo de medição, para verificar se o mesmo está adequado para a aplicação. Para que a avaliação seja bem conduzida, é importante que o procedimento de medição esteja claramente definido, os instrumentos calibrados e de acordo com os critérios de aceitação estabelecidos, o pessoal treinado e as grandezas de influência controladas.

### 3.4 Métodos de avaliação dos processos de medição

Devido as exigências estabelecidas na diretriz técnica TS 16949 (2002) que estabelece os requisitos adicionais para os fornecedores do segmento automotivo, o método de avaliação de maior reconhecimento pela comunidade industrial, incluindo o Brasil, está descrito no Manual da MSA (AIAG, 2002).

O manual da MSA tem aplicação direcionada aos processos de medição utilizados no âmbito industrial, tendo seu foco para os processos que permitem replicar as leituras em cada peça. O método objetiva avaliar as propriedades estatísticas relacionadas as medidas de localização e variação do processo de medição, destacando-se a tendência, a linearidade, a estabilidade, a repetitividade e a reprodutibilidade. A associação das medidas de repetitividade e reprodutibilidade é denominada variação do processo de medição, conhecida como R&R.

Este trabalho não tem como objetivo detalhar como estas medidas são obtidas, visto que estão claramente descritas no manual. No entanto, é importante fazer algumas análises quanto a sua aplicação no meio industrial. Devido a exigência feita pelos clientes, os fornecedores tem utilizado indiscriminadamente o método, sem entender claramente o significado das medidas obtidas e preocupando-se essencialmente em obter desvios inferiores aos estabelecidos no manual da MSA. Segundo Everhart (1997), “os estudos de R&R são demorados, caros e oferecem resultados limitados”, considerando a dificuldade na seleção das peças, o excessivo número de amostras e o tamanho reduzido das amostras.

Apesar do método ser de fácil operação, devido a sua uniformidade na coleta e compilação dos dados, a avaliação do R&R leva em conta as fontes de variação caracterizadas pelo operador e pelo instrumento de medição. Também existem limitações na aplicação do método MSA em ensaios destrutivos, devido a impossibilidade de repetir as medições em uma mesma amostra, como também nos processos de medição indireta, onde a influência de cada instrumento utilizado e de outras grandezas de influências não são consideradas.

Na análise do parâmetro R&R, a exigência por desvios inferiores a 10%, em um nível de confiança de 99,7%, tem tornado inaceitável a utilização de processos de medição que efetivamente teriam condições adequadas de controlar o produto.

O exemplo da Figura 2 mostra a coleta de dados realizada em 10 amostras, por três avaliadores distintos, que replicaram a medição 3 vezes em cada amostra. Pelos dados obtidos, verifica-se que a amplitude máxima obtida nas 30 amostras de repetitividades foi de 0,003 mm, e a amplitude média foi de 0,0016 mm. E máxima diferença obtida entre as médias gerais de cada avaliador foi de 0,0008 mm. Através dos cálculos exigidos pelo manual da MSA, tem-se que o valor de R&R atinge 0,0061 mm, muito superior aos dados obtidos na avaliação realizada. A aplicação de um nível de confiança de 99,7% maximiza os valores e podem não ter mais significado prático. Por isso, é recomendável o nível de confiança de 95%

para a caracterização da variabilidade dos processos metrológicos utilizados no meio industrial (WILLINK, 2005).

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Avaliador A</i>										
<b>Med. 1</b>	40,021	40,021	40,022	40,011	40,026	40,012	40,026	40,018	40,027	40,023
<b>Med. 2</b>	40,020	40,018	40,022	40,010	40,028	40,014	40,025	40,017	40,027	40,023
<b>Med. 3</b>	40,021	40,020	40,021	40,012	40,025	40,013	40,025	40,017	40,027	40,022
<b>Amplitude</b>	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001
<i>Avaliador B</i>										
<b>Med. 1</b>	40,019	40,019	40,020	40,011	40,027	40,013	40,027	40,015	40,026	40,020
<b>Med. 2</b>	40,020	40,019	40,021	40,011	40,027	40,015	40,023	40,016	40,027	40,022
<b>Med. 3</b>	40,020	40,019	40,022	40,010	40,027	40,014	40,025	40,018	40,026	40,021
<b>Amplitude</b>	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,004	0,003	0,001	0,002
<i>Avaliador C</i>										
<b>Med. 1</b>	40,022	40,020	40,023	40,010	40,026	40,016	40,027	40,016	40,028	40,023
<b>Med. 2</b>	40,023	40,021	40,020	40,011	40,026	40,014	40,025	40,018	40,028	40,022
<b>Med. 3</b>	40,021	40,021	40,021	40,011	40,026	40,014	40,027	40,018	40,025	40,022
<b>Amplitude</b>	0,002	0,001	0,003	0,001	0,000	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001

Figura 2 – Exemplo de coleta de dados para um estudo de R&R

Outro fator que tem dificultado as empresas na utilização do método MSA é a exigência da tendência do processo de medição ser significativamente igual a zero. Considerando as variáveis que atuam sobre o processo de medição possam ter erros sistemáticos, este requisito é dificilmente atendido, devido os próprios instrumentos de medição apresentarem erros sistemáticos, que durante a inspeção são inviáveis de serem corrigidos.

Como o Manual da MSA recomenda que qualquer mudança nos requisitos estabelecidos somente pode ser implementado se o cliente autorizar, uma relação próxima entre cliente e fornecedor torna-se indispensável.

Outro método utilizado para análise dos processos de medição é sugerido pela indústria automotiva alemã através do manual VDA 5 (2003), que destaca a avaliação da variabilidade do processo de medição através da incerteza de medição, seguindo as premissas estabelecidas no Guia para Expressão da Incerteza na Medição – GUM, do BIPM (1995). O método ISO GUM apresenta como vantagem o fato de ser possível somar o efeito das diferentes componentes de incerteza, bem como extrair a tendência do processo de medição em uma mesma avaliação.

Durante a avaliação dos processos de medição, é relevante levar em consideração os erros existentes no instrumento utilizado durante o estudo, devido à necessidade de estimar o efeito da tendência máxima do instrumento de medição. O método VDA 5 inclui como componentes de incerteza tanto os aspectos sistemáticos como os aleatórios aos quais o processo de medição está sujeito. Mas esta prática deve ser cautelosa, pois um erro sistemático significativo pode anular a influência das outras componentes de variação e comprometer os resultados da análise.

Como recomendação deste trabalho, considera-se relevante avaliar separadamente a parcela de erros aleatórios e sistemáticos atuantes no processo de medição, e somente no final da avaliação realizar a soma deles, sendo que esta soma não deveria ser superior ao desvio admissível estabelecido para o processo de medição.

No caso de ocorrer desvios superiores aos valores admissíveis, ações corretivas devem ser tomadas para a adequação do processo de medição. De acordo com o documento DIN EN

ISO 14253-1 *Beiblatt 1* (2000), estas ações podem ser aquelas listadas a seguir, embora não se limitem a elas:

- a) A reavaliação do procedimento de medição, contemplando a verificação das condições ambientais, o número de replicações, as posições de medição, o cálculo para a obtenção da medida, a redefinição dos critérios de aceitação estabelecidos para o instrumento de medição;
- b) A análise do desvio admissível estabelecido para o processo de medição, interagindo com a área de projetos e processos, considerando a variabilidade do processo produtivo e a importância da característica controlada;
- c) A seleção de outro instrumento;
- d) A análise da tarefa de medição, interagindo com a área de projetos e processos, verificando a possibilidade de alteração no valor de referência estabelecido para a característica.

Após a tomada das ações corretivas é indispensável uma reavaliação do processo de medição. No caso de avaliações com resultados aceitáveis, o processo de medição é padronizado em um plano de controle, e o controle dos instrumentos de medição é readequado quanto aos critérios de aceitação e à frequência da calibração. É importante destacar que a organização nos registros das avaliações dos processos de medição evita que elas sejam replicadas sem necessidade e que sejam utilizadas para análise de aplicações similares. Cada processo de medição avaliado deve ser analisado criticamente a períodos regulares. Isto se faz necessário para verificar se as condições estabelecidas durante a avaliação inicial permanecem as mesmas. As modificações no desvio admissível do processo de medição, no critério de aceitação do instrumento, nas condições durante a medição podem exigir uma nova avaliação do processo de medição. Os registros das análises críticas devem ser mantidos, para assegurar a qualidade das medições realizadas.

#### **4. Conclusões**

O gerenciamento baseado nos processos de medição contribui para que as inspeções realizadas sejam eficazes. O conhecimento das tarefas de medição certamente é o ponto de partida para que este gerenciamento possa ser melhor dimensionado, pois permite realmente verificar as necessidades de inspeção que devem ser atendidas. Certamente o conhecimento da tarefa de medição estabelece a interação necessária para que os processos de medição sejam analisadas de acordo com os desvios admissíveis previamente definidos, contribuindo para a inspeção correta dos produtos, diminuindo a rejeição de itens conformes e disponibilizando para os clientes produtos de acordo com as especificações.

A seleção do processo de medição e a análise apropriada quanto à sua adequação são fundamentais para a garantia da qualidade dos resultados de medição. Para isso é necessário levar em consideração na avaliação do processo de medição as principais fontes de variação que podem comprometer a qualidade da medição realizada. Um fator relevante a ser considerado é a necessidade de ter um sistema de gestão metrológica. Enquanto as empresas realizam o gerenciamento dos instrumentos de medição, executam eventuais avaliações do processo de medição, este artigo mostrou como é possível unir estas atividades em um mesmo sistema, tendo como entrada a tarefa de medição a ser realizada e como saída a definição de um processo de medição adequado a execução desta tarefa. O trabalho também buscou mostrar a relação que deve existir entre o controle dos instrumentos e as análises dos processos de medição. Não é possível fazer estas duas atividades separadamente, pois para

que uma avaliação possa ser bem conduzida, o instrumento de medição deve estar adequado para a tarefa de inspeção requerida.

Existe a necessidade de maior interação entre cliente e fornecedor, de forma que sejam utilizados métodos apropriados de avaliação do processo de medição, com o objetivo de avaliar a qualidade do processo de medição e não apenas para atender uma exigência normativa. A utilização de um nível de confiança de 95% é aceitável para os processos metrológicos, bem como os desvios admissíveis até 10%, ou no máximo 20% da tolerância, permitem um adequado controle dos produtos.

A implementação de um gerenciamento metrológico que efetivamente busque informações do processo produtivo, e que mantenha a interação entre as avaliações dos processos de medição e o controle dos instrumentos de medição, estará sujeito a constantes melhorias, contribuindo para que a metrologia tenha contribuição estratégica para a obtenção de produtos de qualidade.

## Referências

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR ISO 10012: Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição.* Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.* Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

**AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP.** *Measurement Systems Analysis – MSA .* Third Edition. Southfield: AIAG, 2002.

**DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG.** *DIN 862: Messschieber.* Berlin: DIN, 1988.

**DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG.** *DIN EN ISO 14253-1 Beiblatt 1: Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messugen.* Berlin: Beuth Verlag, 2000.

**EVERHART, J.** *Developing a Process Measurement Assurance Program.* Cal Lab, San Diego, jan/fev 1997. Disponível em <http://www.jtipmap.com/articles.html>. Acesso em dezembro de 2003.

**EVERSHEIM, W.; ASSMUS, D.; WEBER, P.** *Prüfmittelbau der Zukunft.* Revista Qualität und Zuverlässigkeit, ano 47, n. 5, p. 523, 2002.

**GUBESCH, A. et al.** *Toleranzen systemgerecht definieren.* Revista Qualität und Zuverlässigkeit, ano 44, n. 8, p. 1019, 1999.

**INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL.** *Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia.* 3ª ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 2003. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/infotec/vim.asp>. Acesso em fevereiro de 2006.

**INTERNATIONAL BUREAU OF WEIGHTS AND MEASURES - BIPM et al.** *Guia para expressão da incerteza de medição.* 3ª edição brasileira. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003. Versão brasileira do Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Second Edition. ISO, 1995.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION.** *ISO/TS 16949: Quality management systems - Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service.* Genebra: ISO, 2002.

**PFEIFER, T.** *Fertigungsmesstechnik.* München: Oldenbourg Verlag, p. 67, 1998.

**VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE.** *VDA 5: Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie – Prüfprozesseignung.* Frankfurt: Heinrich Druck+Median GmbH, 2003.

**WILLINK, R.; LIRA, I.** *A united interpretation of different uncertainty intervals.* Measurement. Elsevier, 2005. Available in. [www.elsevier.com/locate/measurement](http://www.elsevier.com/locate/measurement). Acesso em abril de 2006.