

## **AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE PEÇAS NA PRESENÇA DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO: UMA PROPOSTA BASEADA EM NORMAS E GUIAS DA ISO**

**Luiz Soares Júnior, lsj@ufc.br**<sup>1</sup>

**Jackson Henrique Braga da Silva, jackson.h.b.silva@gmail.com**<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici - Bloco 714 - 60455-970 - Fortaleza- CE.

**Resumo:** *Em um ambiente de fabricação, independentemente do processo, as características como dimensão, forma e textura superficial não são exatamente como projetadas. As variações inerentes dos processos de fabricação e de medição fazem com que existam desvios entre o que foi projetado e a peça real. A avaliação desses desvios é tarefa da metrologia, que deve considerar a incerteza de medição para minimizar os riscos de aprovar peças ruins ou reprovar peças boas. Apesar da importância de expressar a incerteza de medição, essa prática, no ambiente fabril, ainda é modesta e muitas vezes realizada de forma inadequada. Este trabalho propõe uma sistemática para avaliação da conformidade considerando a incerteza do processo de medição baseada nos conceitos do ISO-GUM (Guidetothe Expression of Uncertainty in Measurement) e na metodologia PUMA (Procedure Uncertainty Management), definida nas normas ISO 14253 partes 1 e 2. Para auxiliar no cálculo do gerenciamento das fontes de incertezas e na relação com a tolerância especificada foi desenvolvido uma planilha de cálculo automatizada. A metodologia proposta foi aplicada em um caso real numa empresa do setor metal mecânico e se mostrou prática e confiável.*

**Palavras-chave:** *Avaliação da Conformidade, Incerteza de Medição, ISO*

### **1. INTRODUÇÃO**

No contexto da garantia da qualidade, a ISO (International Organization for Standardization) vem trabalhando para a harmonização e padronização de diversas atividades dentre as quais, a especificação e avaliação da conformidade de produtos. Especificação é um requisito relacionado à necessidade ou à expectativa de desempenho de um produto. Esses requisitos podem estar expressos em normas, regulamentos e/ou especificações técnicas, sendo, na maioria, comunicados na forma de tolerâncias dimensionais ou geométricas no desenho de engenharia. A verificação do atendimento a um requisito é uma tarefa da metrologia na atividade de avaliação da conformidade.

Formalmente, a avaliação da conformidade é a demonstração de que requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos (ABNT NBR ISO/IEC 17000, 2005). Neste ponto é conveniente frisar que a avaliação da conformidade visa assegurar a confiança na qualidade de produtos e garantir que seja controlada a possibilidade de se chegar às mãos do consumidor, produtos em desacordo com os requisitos especificados. Essa atividade estabelece uma relação de confiança com o consumidor de que determinado produto cumpre a função a que se propõe, mas essa atividade não pode representar um ônus para a sociedade (Inmetro, 2007). Desta forma, busca-se garantir e evidenciar a qualidade de produtos utilizando-se a menor quantidade de recursos possíveis para atender aos requisitos especificados.

Para os objetivos desse trabalho, a avaliação da conformidade abordada aqui será restringida a requisitos do produto, como tolerância dimensional e geométrica. Esse assunto é abordado nas normas ISO 14253-1-2, onde para um processo confiável de avaliação da conformidade é importante se conhecer e manter sob controle a incerteza dos resultados das medições.

Sabe-se que o conceito de incerteza da medição é bastante conhecido e aplicado em laboratórios metrológicos prestadores de serviços, mas conforme (Júnior, 1999; Baldo, 2003 e Sousa, 2009), ainda é abordado de forma inadequada em ambientes industriais. Diversos fatores contribuem para essa causa, dentre os quais a forma lacônica como as normas de garantia da qualidade abordam o assunto, o rigor matemático e estatístico do Guia para Expressão da Incerteza de Medição (ISO-GUM, 2003) e principalmente a falta de cultura metrológica em ambientes industriais e até mesmo na academia.

A falta de conhecimento e preparo até mesmo dos gestores responsáveis por garantir a qualidade dos produtos, contribui para uma visão distorcida de que a metrologia gera apenas custos na produção. Visão essa rebatida em

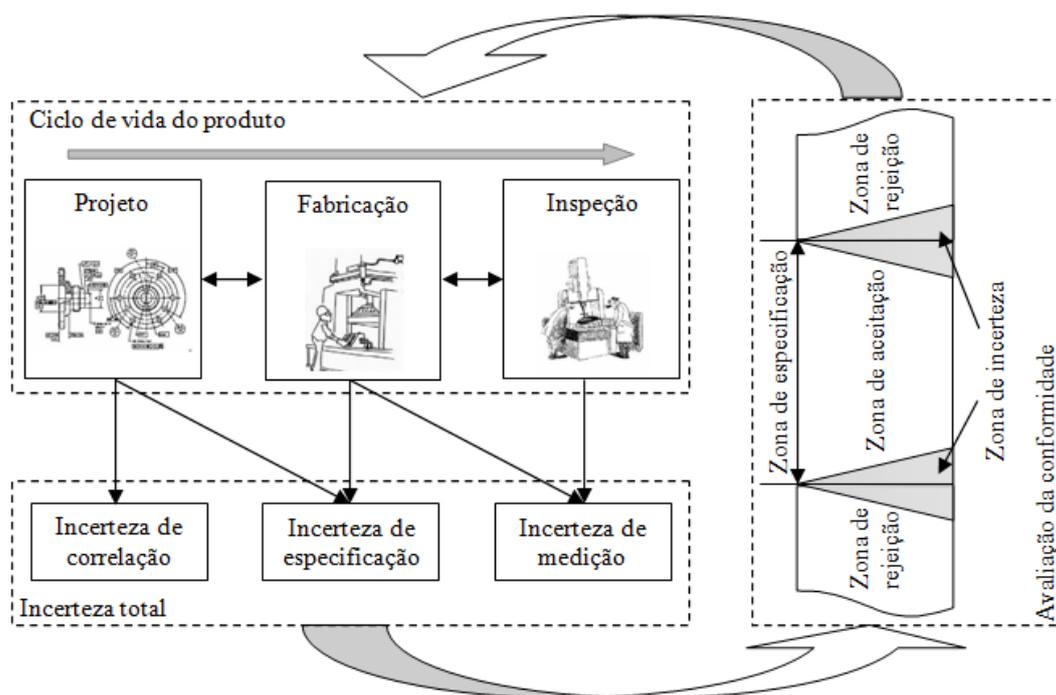
trabalhos como (Baldo, 2003 e Coral, 2004), onde a metrologia deve ser considerada uma função estratégica para garantia da qualidade de produtos, contribuindo de forma positiva para se agregar valor e qualidade ao produto e, por conseguinte, com os objetivos da empresa de se manter competitiva no mercado.

Considerando que a avaliação da conformidade é uma atividade importante e rotineira nas empresas, este trabalho propõe uma metodologia de avaliação da conformidade de peças, levando em consideração a incerteza do processo de medição com base em normas da ISO, no caso, as normas ISO 14253 partes 1 e 2, sem a pretensão de que a metodologia seja suficiente a todos os casos, mas de contribuir com uma maneira de avaliar a conformidade de produtos com base em padrões reconhecidos, satisfazendo as formalidades dos sistemas de garantia da qualidade.

A série de normas ISO 14253 faz parte da nova geração de normas no campo da especificação geométrica de produto (GPS), com princípios de parametrização para utilização em sistemas CAD, CAM, etc. e que se estende aos domínios de fabricação e metrologia, visando reduzir as ambiguidades entre as áreas de projeto, fabricação e metrologia (Almacinha, 2005). A ISO 14253 parte 1 apresenta diretrizes para se estabelecer regras de decisão para prover a conformidade ou não-conformidade de produtos e a ISO 14253 parte 2 apresenta as diretrizes para estimativas da incerteza de medição, juntamente com uma metodologia de gerenciamento das fontes de incerteza em processos de medição, PUMA (Procedure Uncertainty Management), que é um processo prático e iterativo que não se contrapõe às diretrizes do ISO-GUM e que visa estabelecer de forma econômica um processo de medição confiável.

## 2. AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE E INCERTEZA DA MEDIÇÃO

Como afirmado anteriormente, para se decidir com confiança na aprovação ou não de uma determinada característica a ser medida, é fundamental considerar a faixa de dúvida no valor medido, denominada de incerteza de medição. Na Fig. (1) está apresentada a visão moderna das normas no domínio da especificação geométrica de produtos, onde as fases de projeto, fabricação e inspeção (metrologia) devem ser integradas na comunicação das necessidades do cliente, traduzidas nas especificações técnicas.



**Figura 1 – A visão integrada no campo da especificação geométrica de produtos na ISO.**

Ainda sobre a Fig. (1), as normas ISO/GPS, ampliam o conceito da incerteza de medição para envolver as imperfeições ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a fase inicial de pesquisa, desenvolvimento e projeto, passando pela fase de manufatura até a fase de inspeção, resultando numa incerteza total (Almacinha, 2006; Heping, 2008). Nessa nova abordagem a incerteza pode ser dividida em três grupos: incerteza de correlação, incerteza de especificação e a incerteza de medição.

A incerteza de correlação é uma estimativa de quão bem as características geométricas especificadas atendem aos seus requisitos de funcionalidade de uma peça. O projetista deve realizar diversas simulações para se atingir um bom grau de confiança de que as variações toleradas em uma peça não afetam de maneira significativa sua funcionalidade. A incerteza de especificação resulta de aplicações incompletas ou incoerentes dos conceitos de especificação de produto.

Esses dois tipos de incerteza podem ser reduzidos a valores insignificantes com aplicação correta dos conceitos metrológicos e da especificação de produto, constantes nas normas nesse domínio. Para tanto, exige-se que os

profissionais envolvidos nas três áreas do ciclo de vida do produto, compreendam, por exemplo, a sintaxe e semântica de uma tolerância geométrica especificada no desenho de engenharia.

Com isso, a incerteza do processo de medição pode ser considerada como a fonte mais significativa em comparação com as outras duas (ISO/TS 17450-2, 2002). A avaliação da incerteza de um processo de medição se torna mais importante, quanto maior for o nível de confiança exigido para a avaliação da conformidade de peças. Na Fig. (2), tem-se a lógica da avaliação da conformidade de peças na presença da incerteza de medição.



**Figura 2 – A lógica da avaliação da conformidade, adaptada de (ISO 14253-1, 1998).**

Na fase de projeto, representada pela linha P, na Fig. (2), tem-se a zona 1 de especificação, que define a tolerância da característica de interesse pelos limites inferior (LIE) e superior (LSE) de especificação e a zona 2 dentro da qual a peça estaria fora de especificação. Nessa fase, espera-se que as contribuições das incertezas de correlação e especificação sejam insignificantes. Na seqüência, nas fases de fabricação e inspeção (F/I), a peça é avaliada por medição onde sua incerteza tem a contribuição das imperfeições do próprio processo de fabricação e de inspeção. Essa incerteza de medição está representada pela zona 5 na Fig. (2), e compreende uma faixa de valores que pode ser razoavelmente atribuído ao valor medido. Nota-se na Fig. (2) que a zona 1 é reduzida da faixa de incerteza de medição resultando na zona 3, onde se pode afirmar com confiança que a característica medida atende aos requisitos especificados. O mesmo não se pode afirmar se a medida estiver na zona 4. Na zona 5 não se pode afirmar com confiança que a peça atende ou não aos requisitos especificados.

Ressalta-se que quanto maior a zona 5 (incerteza de medição) menor será a zona 3 (zona de aceitação) para tolerar variações no processo de fabricação. O inverso também é verdadeiro e desejável, porém deve haver um equilíbrio entre custo e benefício, uma vez que alcançar baixos níveis de incerteza exige altos investimentos em padrões, por exemplo. Verifica-se então, a importância de se gerenciar a incerteza do processo de medição e reduzi-la ao nível adequado.

O gerenciamento das fontes de incerteza de medição pode ser realizado por meio de uma metodologia denominada PUMA (Procedure Uncertainty Management), apresentada na norma ISO 14253-2, que se baseia nos princípios do ISO-GUM, mas com algumas simplificações para torná-la mais prática para o meio industrial.

A metodologia PUMA pode ser resumida como um processo iterativo de avaliação das fontes de incerteza com vista a atingir um valor alvo de incerteza, definido como adequado para o processo de medição dentro das necessidades e limitações de tempo e custo da empresa. A metodologia pode ser utilizada para avaliar um processo de medição já existente ou para a definição de um processo em desenvolvimento.

A implementação da metodologia inicia-se com um estudo inicial das fontes de incerteza de um processo de medição, como o levantamento de requisitos para o processo e com a definição de uma incerteza-alvo ou requerida, tendo em vista a política da qualidade da empresa e suas disponibilidades para a implementação desse processo. Após a identificação das fontes de incerteza na fase inicial, é realizado o balanço de incerteza para se chegar à incerteza estimada para o processo de medição com um nível de confiança adequado. São realizadas iterações para se avaliar possíveis mudanças e melhorias. Mais detalhes sobre essa metodologia podem ser encontrados na própria norma ISO 14253-2.

Como regra para se atestar a conformidade de peças definiu-se, neste trabalho, uma zona de aceitação, delimitada pelos limites inferior (LIA) e superior (LSA) de aceitação, dentro da qual se pode afirmar com confiança que a peça está dentro das especificações ou em outras palavras está conforme. Esses novos limites são considerados para o chão de fábrica onde é realizada a inspeção, tornando esta atividade mais rápida, prática e confiável.

### 3. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia foi estruturada baseada nos conceitos da ABNT NBR ISO 17000:2005, utilizando-se de uma sistemática para avaliação da conformidade na presença de incerteza da medição proposta pela norma ISO 14253 partes 1 e 2 e de conceitos desenvolvidos por (Júnior, 1999). A metodologia está esquematizada no fluxograma da Fig. (3).

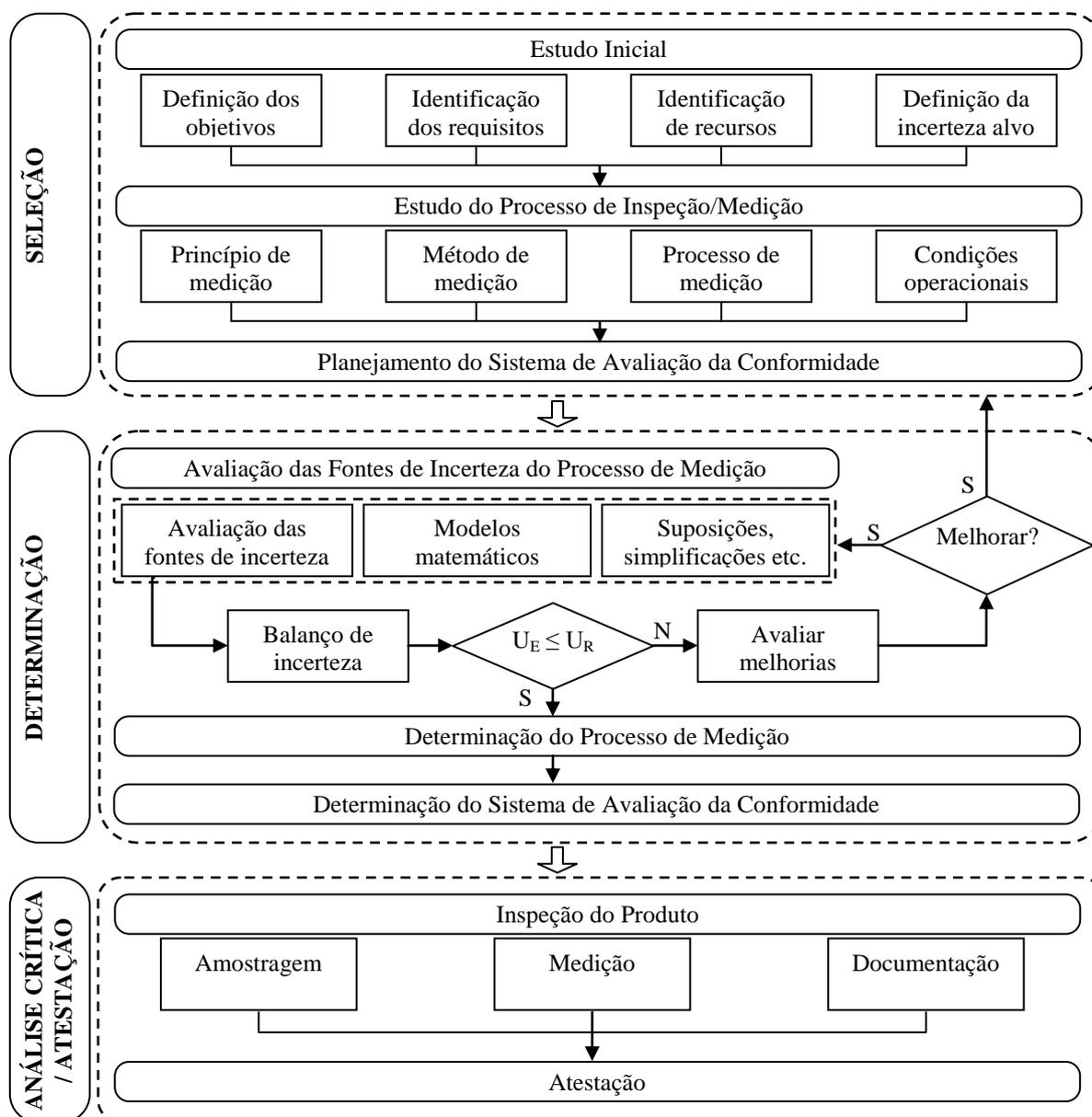


Figura 3 – Metodologia proposta de avaliação da conformidade de peças.

Conforme apresentado na Fig. (3), a metodologia foi dividida em três funções: Seleção, Determinação e Análise Crítica/Atestação, conforme explicado abaixo, com as devidas peculiaridades para os objetivos deste trabalho.

A função de Seleção é responsável por realizar o levantamento inicial para se conhecer as necessidades de avaliação da conformidade e de medição, bem como os mensurandos e seus requisitos. Nesse estudo inicial, com base na política da empresa, em normas e em outros documentos, são definidos os objetivos da avaliação da conformidade e identificados os requisitos para o produto. São também identificados os recursos materiais e financeiros disponíveis, a incerteza alvo ou uma relação entre esta e a tolerância para o mensurando e no passo seguinte é feito o estudo do processo de medição.

Com base na opinião de pessoas responsáveis pelo processo de inspeção/medição, avaliam-se as possibilidades para o princípio, método e o processo de medição, assim como as condições ambientais para identificar as fontes de incerteza, sem a preocupação de quantificá-las neste momento. O objetivo desta primeira função é reunir informações para uma escolha prévia do sistema de avaliação da conformidade e realizar o planejamento desse sistema de forma a otimizar a utilização e alocação de recursos.

A função de Determinação é responsável por realizar a avaliação das fontes de incerteza, quando cada contribuição é quantificada por meio de simplificações e modelos matemáticos para se chegar a um valor de incerteza estimada ( $U_E$ ) e compará-la com a incerteza requerida ( $U_R$ ). Caso  $U_E$  não satisfaça a condição desejada, são realizadas mudanças para melhoria do processo até se atingir o valor desejado para se determinar um processo de medição adequado. As mudanças podem ocorrer tanto na avaliação das fontes de incerteza, por exemplo, a adoção de modelos mais precisos, como no planejamento inicial podendo até ocorrer mudança na incerteza requerida -  $U_R$ . Com a definição do processo de medição e outras atividades, caso necessário, em um passo seguinte determina-se o sistema de avaliação da conformidade de peças.

A função de Análise Crítica ou atestação se encarrega de realizar a inspeção da peça, que é uma atividade documentada de medição das características da peça, podendo ser feita por amostragem ou em 100% da produção dependendo da política da empresa ou requisitos regulamentares. Com base nas informações geradas nessa atividade pode-se atestar a conformidade ou não-conformidade de peças.

#### 4. ESTUDO DE CASO

##### 4.1. Seleção

O estudo de caso consistiu-se na medição do diâmetro interno de uma carcaça de latão com cota no valor de 62,00 mm e tolerância especificada de  $\pm 0,10$  mm, conforme Fig. (4.a). Foi utilizada uma máquina de medição por coordenadas (MMC) com faixa nominal de 700x500x400 mm calibrada. Com base na política da empresa, estabeleceu-se uma relação mínima aceitável igual a 4 (quatro) para razão tolerância/incerteza requerida para o processo de medição.

Para o estudo utilizou-se o princípio de medição por contato para se extrair a nuvem de pontos conforme orientações de (ISO/TS 17450-1, 2005), apresentada na Fig. (4.b) de forma apenas ilustrativa. Foi utilizado um apalpador tipo TP-20 e cabeçote MH-20, com um programa de medição GeopakWin versão 2.4 R8.

As medições são realizadas em amostras da produção no laboratório de metrologia com uma variação de  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Cabe ressaltar que nas medições rotineiras, as cotas são medidas uma única vez. Neste caso, os dados de dispersão da medição foram obtidos de um estudo à priori como recomendação dos autores para a empresa participante do estudo.

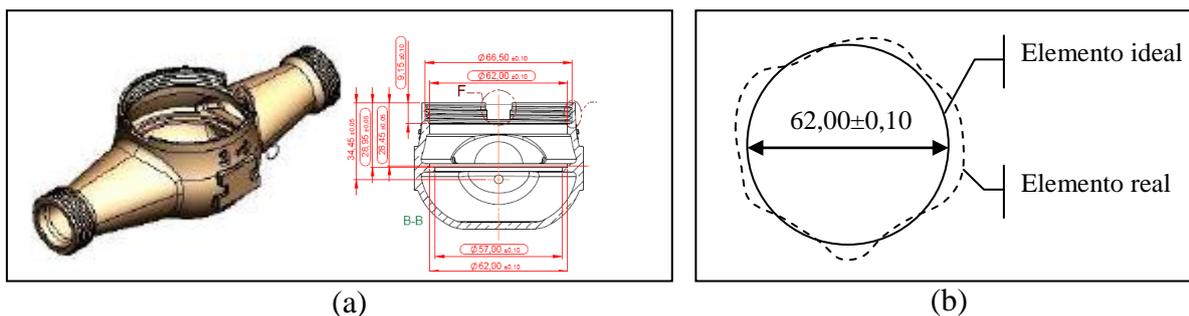


Figura 4 – Cota medida do desenho da peça.

A partir da escolha do processo de medição, foram identificadas as fontes de incerteza presentes no processo de medição e registradas em uma planilha mostrada na Tab. (1).

Tabela 1 – Módulo de entrada de dados.

ESTIMATIVA DA INCERTEZA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO							
BASEADA NA ISO 14253-2							
ENTRADA DE DADOS						DATA:	20/01/2012
<b>DADOS GERAIS</b>							
MENSURANDO	Diâmetro interno de 62,00 mm					UNIDADE	mm
LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO	Nominal:	62,00	Afast. Inferior:	0,10	Afast. Superior:	0,10	FONTE
LIMITE INFERIOR DE ESPECIFICAÇÃO (LIE):							61,90
LIMITE SUPERIOR DE ESPECIFICAÇÃO (LSE):							62,10
MINIMA RAZAO DESEJADA ENTRE A FAIXA DOS LIMITES ESPECIFICADOS E A FAIXA DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO PROCESSO:							4
LOCAL DA MEDIÇÃO		USINAGEM		SETOR RESPONSÁVEL		Fabricação	
Laboratório							
COMPONENTES ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE MEDIÇÃO							
DESCRIÇÃO				INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES			
1. Variação de forma				Definição do mensurando			
2. Repetitividade da medição				Relatório técnico			
3. Variação da temperatura ambiente				Condições ambientes			
4. Resolução do indicador da MMC				Instrumento de medição			
5. $E_{max}$ da MMC				Especificação da MMC			

## 4.2. Determinação

Nessa etapa as fontes de incerteza são modeladas e contabilizadas para se ter uma visão das condições do processo de medição. Essa análise foi feita com base na metodologia PUMA e com a utilização do segundo módulo da planilha desenvolvida conforme apresentado na Tab. (2).

**Tabela 2 – Módulo de cálculo da incerteza de medição.**

ESTIMATIVA DA INCERTEZA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO							
BASEADA NO PUMA							
PLANILHA DE CÁLCULO				DATA: 20/01/2012			
Diâmetro interno de 62,00 mm		Usinagem		Fabricação			
ESTIMATIVA DA INCERTEZA EXPANDIDA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO ( $U_{95\%}$ )							
FONTE DE INCERTEZA	Estimativa da fonte de incerteza		Tipo de avaliação	Tipo de distribuição	Coeficiente de sensibilidade	Fator da distribuição	Incerteza padrão
	Valor	Unidade					
1	Varição de forma	0,01653 mm	B	Retangular	1	0,6	0,009918
2	Repetitividade da medição	0,003578 mm	A	Normal	1	1	0,0035777
3	Varição da temperatura ambiente	2 °C	B	U	0,00248	0,7	0,003472
4	Resolução do indicador da MMC	0,00025 mm	B	Retangular	1	0,6	0,00015
5	Emad da MMC	0,002572 mm	B	Normal	1	0,5	0,001286
<b>Incerteza combinada</b>						<b>0,0112 mm</b>	
<b>INCERTEZA EXPANDIDA</b>						<b>0,02 mm</b>	
		<b>K= 2</b>		<b><math>U_{95\%}</math></b>			

No terceiro módulo pode-se ter uma melhor visualização das informações e dos resultados gerados que são utilizados como referência para guiar as ações de melhoria. Nos resultados apresentados neste estudo de caso na Tab. (3), verifica-se que substituição do instrumento de medição por outro com melhor resolução não traria grande melhoria no valor da incerteza e isso poderia envolver elevados custos de aquisição e operação. Observa-se também que a variação de forma é a que contribui com a maior parcela de incerteza, o que pode indicar uma oportunidade de melhoria no processo de fabricação. Entretanto, essa também é uma ação que pode envolver custos e que tem que ser avaliada com cautela, uma vez que esse processo satisfaz as condições desejadas já que a relação tolerância/incerteza supera o valor mínimo estabelecido.

Conforme apresentado na Tab. (3), a incerteza do processo de medição reduziu 20% a faixa de tolerância especificada e os limites de especificação foram transformados em limites de aceitação dentro dos quais pode se afirmar que a peça está conforme. Essa maneira de apresentar os resultados graficamente pode ser uma aliada na explicação dos preceitos da metrologia para o pessoal técnico e gerencial da empresa.

O que se objetiva atingir como resultado dessa função é a definição de um processo de medição adequado e confiável dentro da capacidade e disponibilidade da empresa.

**Tabela 3- Módulo de análise dos resultados.**

ESTIMATIVA DA INCERTEZA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO			
BASEADA NO PUMA			
RESULTADOS		DATA: 20/01/2012	
Diâmetro interno de 62,00 mm		Usinagem	
		Fabricação	
INCERTEZA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO ( $U_{95\%}$ )		0,02 mm	
FAIXA DE ESPECIFICAÇÃO DO MENSURADNO			
LIE	61,9000	LSE	62,1000
FAIXA DE ACEITAÇÃO DO MENSURANDO			
LIA	61,9200	LSA	62,0800
RESULTADOS EM: mm			
FAIXA DE CONFORMIDADE E INCERTEZA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO EM RELAÇÃO A FAIXA DE ESPECIFICAÇÃO DO MESURANDO			
<p>RELACIONAMENTO MÍNIMO DESEJADA ENTRE A FAIXA DOS LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO E A FAIXA DE INCERTEZA DO PROCESSO</p>		4	
<p>RELACIONAMENTO OBTIDA ENTRE A FAIXA DOS LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO E A FAIXA DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO PROCESSO</p>		5,0	

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou a questão da avaliação da conformidade de peças na presença da incerteza de medição para o meio industrial e propôs uma metodologia estruturada sobre os conceitos da norma ABNT NBR ISO 17000:2005 e baseada nas normas ISO 14253 partes 1 e 2, para seleção e determinação do sistema de avaliação da conformidade.

Foi abordado o conceito moderno de incerteza de medição total, que envolve incertezas nas três fases típicas de desenvolvimento de um produto. Evidenciou-se a importância de se conhecer a incerteza do processo de medição e seu impacto nos limites de especificação de tolerâncias.

Demonstrou-se também que é possível estabelecer um sistema de avaliação da conformidade contemplando as normas nacionais ou internacionais reconhecidas, satisfazendo os requisitos de sistemas de garantia da qualidade como os baseados na norma ISO 9001:2008.

A metodologia proposta foi aplicada em um caso real numa empresa do setor metal-mecânico para a medição do diâmetro de uma peça. O objetivo foi demonstrar a aplicabilidade do método suportado por normas e guias reconhecidos internacionalmente.

As seguintes considerações a respeito do método aplicado são:

- Os procedimentos de cálculo e os registros das informações são bastante facilitados pelo uso de programas computacionais comercialmente disponíveis ou de planilhas de cálculo;
- A metodologia pode contribuir para a padronização do procedimento de cálculo de incerteza, a comparação de resultados e o uso de dados históricos melhora o processo de medição e de avaliação da conformidade de peças;
- O uso da metodologia de avaliação de incerteza no ambiente industrial, especialmente quando se faz uma única medição, pressupõe-se que o processo de fabricação e de medição sejam estatisticamente estáveis;
- Resultados melhores podem ser alcançados de forma mais rápida, quando existe harmonia entre as funções de projeto, fabricação e inspeção;
- Apesar do estudo de caso ter sido realizado em uma empresa do setor metal-mecânica, a metodologia pode ser aplicada em empresas de diferentes portes e ramos de atividades, que realizam medições e possuam tolerâncias especificadas;

## 6. AGRADECIMENTOS

À empresa participante do estudo de caso por nos conceder essa oportunidade de contribuir com uma metodologia de avaliação da conformidade de peças. Muito obrigado à equipe técnica pela atenção e exposição do processo, que nos possibilitou a realização desse trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO/IEC 17000, 2005, “Avaliação de Conformidade – Vocabulário e Princípios Gerais”, ABNT.
- Almacinha, J. A., 2005, “Introdução à Nova Linguagem ISO de Especificação Geométrica de Produtos – Parte 1: A classificação dos Elementos Geométricos de Superfície e Suas Aplicações”, Revista Tecnometal. Porto: AIMMAP, Novembro/Dezembro 2005, 161, pp. 7-14.
- Almacinha, J. A., 2006, “Introdução à Nova Linguagem ISO de Especificação Geométrica de Produtos – Parte 2: Modelo para a especificação e verificação geométrica”, Revista Tecnometal. Porto: AIMMAP, Janeiro/Fevereiro 2006, 162, pp. 9-16.
- Baldo, C. R., 2003, “A Interação Entre o Controle de Processos e a Metrologia em Indústrias de Manufatura”, Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Metrologia.
- Coral, R., 2004, “Diretrizes para estabelecimento de um método de avaliação da conformidade de equipamentos de medição de grandezas elétricas”, Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Metrologia.
- Heping, P., Xiangqian, J., 2008, “Evaluation and management procedure of measurement uncertainty in new generation geometrical product specification (GPS)”, Elsevier Ltd.
- Inmetro, 2007, “Avaliação de Conformidade – Diretoria da Qualidade”, 5ª Ed., Inmetro.
- ISO 14253-1, 1998, “Geometrical Product Specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 1: Decision rules for proving conformance or nonconformance with specifications”, ISO.
- ISO 14253-2, 2011, “Geometrical product specifications (GPS) Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 2: Guidance for the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration of measuring equipment and in product verification”, ISO.
- ISO-GUM, 2003, Guia para Expressão da Incerteza de Medição. Terceira edição brasileira em língua portuguesa - Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.
- ISO/TS 17450-1, 2005, “Geometrical product specifications (GPS) – General concepts – Part 1: Model for geometrical specification and verification.”.ISO.

- ISO/TS 17450-2, 2002, “Geometrical product specifications (GPS) - General concepts -Part 2:Basic tenets, specifications, operators and uncertainties.”, ISO.
- Júnior, L. S., 1999, “Confiabilidade Metrológica no Contexto da Garantia da Qualidade Industrial: Diagnóstico e Sistematização de Procedimentos”, Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Metrologia.
- Sousa, A. R., Wandek, M., 2009, “Deficiências da Metrologia Industrial no Brasil no Correto Entendimento do GD & T e na Definição de Estratégias de Medição Consistentes para o seu Controle Geométrico”, V Congresso Brasileiro de Metrologia, Metrologia para a competitividade em áreas estratégicas 9 a 13 de novembro de 2009. Salvador, Bahia – Brasil.

## 8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso, incluído neste trabalho.

# CONFORMITY ASSESSMENT OF WORKPIECES IN THE PRESENCE OF MEASUREMENT UNCERTAINTY: A PROPOSAL BASED ON THE ISO STANDARDS AND GUIDES

Luiz Soares Júnior, lsj@ufc.br<sup>1</sup>

Jackson Henrique Braga da Silva, jackson.h.b.silva@gmail.com<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici - Bloco 714 - 60455-970 - Fortaleza- CE.

**Abstract.** *In a manufacturing environment, regardless of the process, characteristics such as size, shape and surface texture are not exactly as designed. The inherent variation of the manufacturing processes and measurement causes a discrepancy between what was projected and the real workpieces. The evaluation of these deviations is the task of metrology, which should consider the uncertainty of measurement to minimize the risk of approving bad workpieces or disapproving good workpieces. Despite the importance of expressing the measurement uncertainty, this practice, in the manufacturing environment, is still modest and sometimes performed in an inadequate way. This paper proposes a systematic approach to conformity assessment considering the uncertainty of the measurement process based on concepts from ISO-GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) and from PUMA methodology (Procedure of Uncertainty Management), defined in ISO 14253 shares 1e 2. To assist in calculating the management of the sources of uncertainty and relating to the specified tolerance, it was developed a spreadsheet automated. The proposed methodology was applied in a real company in the metal mechanic's industry and proved be practical and reliable.*

**Keywords:** *Conformity Assessment, Uncertainty in Measurement, ISO*

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.