

Definição de estratégias na medição com MMCs

Raphael Rezende Pires*, Guilherme Bernardes Rodrigues, Rosenda Valdés Arencibia, Sinésio Domingues Franco

*Laboratório de Metrologia Dimensional, raphaelrp@ yahoo.com.br

Palavras-chave

Estratégias de medição, Erros, MMC, Incerteza de Medição.

1. INTRODUÇÃO

As Máquinas de Medir por Coordenadas (MMCs) representam o que de mais avançado há em sistemas de medição utilizados no campo da metrologia dimensional, para efetuar o controle dimensional e geométrico de peças. Estas máquinas permitem a medição dos mais variados tipos de peças, como engrenagens, revestimentos de aeronaves, módulos de satélite e turbinas, entre outros.

As MMCs representam fisicamente um sistema de coordenadas cartesiano, em que pontos discretos são apalpados na superfície da peça por meio de um sensor. Um *software* dedicado armazena as coordenadas X, Y e Z destes pontos e, a partir delas, determina as geometrias substitutas por meio de diferentes métodos de ajuste.

Os fatores de influência que levam à incerteza de medição com MMC são agrupados por Phillips (2011) em cinco categorias principais: *hardware*, peça, estratégia de medição, seleção e implementação do algoritmo. De acordo com May (2007), estratégias de amostragem inadequadas podem resultar em erros de medição significativos durante a medição dos desvios de forma macrogeométricos da peça. Phillips (2011) destaca ainda que quando os desvios de forma apresentam magnitude comparável à repetibilidade do processo de medição, diferentes estratégias de medição levam a resultados significativamente distintos. Este autor destaca que o número de pontos apalpados e sua distribuição na superfície da peça têm influência direta na determinação da geometria substituta. Para Weckenmann, Heinrichowski e Mordhorst (1991), o efeito da seleção de uma estratégia de medição pode ter grande contribuição na incerteza de medição.

Uma vez que a maioria das estratégias de medição emprega um número relativamente pequeno de pontos para determinar a geometria substituta, deve-se considerar que este resultado é baseado em informações incompletas da geometria real da peça (PHILLIPS, 2011). Quanto à distribuição dos pontos na superfície da peça algumas estratégias de medição podem aumentar o erro de medição, ao passo que outras estratégias podem reduzi-lo.

De acordo com Hocken, Raja e Uppliappan (1993), na maioria das vezes os erros causados pelo número inadequado de pontos apalpados são menores quando se utilizam 50 ou mais pontos para definir a geometria substituta. No entanto, no cenário atual do processo de inspeção, é necessário que as peças sejam medidas o mais rápido possível. Assim, surge a necessidade de otimizar a estratégia de medição, com a finalidade de minimizar os erros a ela associados e o volume de dados a serem coletados e analisados, bem como o tempo e os custos envolvidos.

Pelo exposto este trabalho tem como objetivo definir estratégias de medição para o controle dimensional dos corpos de prova utilizados no reparo por atrito, especificamente do bloco metal base – junta de 16 mm.

2. METODOLOGIA

A altura, o comprimento e a espessura do bloco metal base (junta de 16 mm) utilizado no reparo por atrito (Fig. 1a) foram medidos utilizando uma máquina de medir por coordenadas do tipo Ponte Móvel, fabricada pela MITUTOYO (Fig. 1b). Esta máquina possui capacidade de medição linear de 400 x 400 x 300 mm para os eixos X, Y e Z respectivamente, e resolução de 0,001 mm. Durante o procedimento de medição foi utilizada uma ponta única com esfera de rubi de diâmetro igual a 2 mm.

Cada mensurando foi determinado utilizando as opções “plano” e “ponto” disponíveis no *software* MCosmos, que gerencia as tarefas de medição. Em seguida aplicando o método dos mínimos quadrados foi determinada a distância perpendicular entre o “ponto” e o “plano”. Na medição do plano foram consideradas quatro estratégias diferentes. O número de pontos apalpados foi variado assumindo os seguintes valores: 5, 9, 15 e 21. Todos os demais parâmetros foram mantidos constantes, incluindo o operador. Cinco ciclos de medição foram executados em cada condição.

As medições foram efetuadas a temperatura ambiente de 20 ± 1 °C. Para monitoramento da mesma foi utilizado um termo-higrômetro digital com resolução de 0,1 °C e faixa nominal de -20 a 60 °C. De acordo com o certificado de calibração para toda a faixa nominal de temperatura, a incerteza expandida é declarada como sendo 0,3 °C para *k* igual a 2,00 e infinitos graus de liberdade.

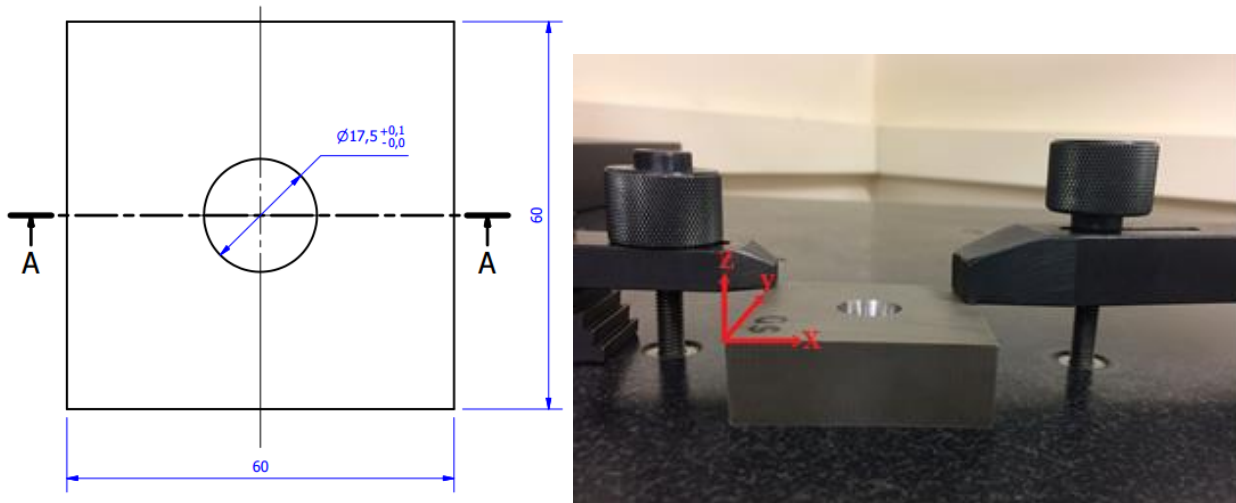


Figura 1 – (a) Vista superior da peça 1 (bloco metal base – junta de 16 mm). (b) Peça posicionada e fixada na mesa da MMC. Indicação do sistema de coordenadas utilizado durante a medição.

A incerteza de medição foi estimada aplicando o método GUM proposto pelo BIPM *et al.*, (2008). O modelo matemático proposto é apresentado na Eq. 1.

$$M = \overline{M} + \Delta R + \Delta C + \Delta EA \quad (1)$$

Na Eq. 1, M é o mensurando em questão; $\overline{M}$ é o valor médio dos valores indicados pela MMC; ΔR é a correção devido à resolução da MMC; ΔEA é a correção associada ao erro de apalpamento da MMC; e ΔC é a correção devido à incerteza da calibração da MMC.

3. RESULTADOS

Os valores médios e a incerteza expandida (95 %) associada à medição dos três mensurandos em cada condição são apresentados na Figura 2. Observa-se que os valores médios tendem a aumentar à medida que se eleva a quantidade de pontos apalpados, enquanto que o valor da incerteza expandida associada tende a cair (Figura 3). Com o aumento do número de pontos os valores médios e de incerteza expandida se estabilizaram. A partir de uma quantidade de pontos determinada não se observaram diferenças significativas entre os resultados.

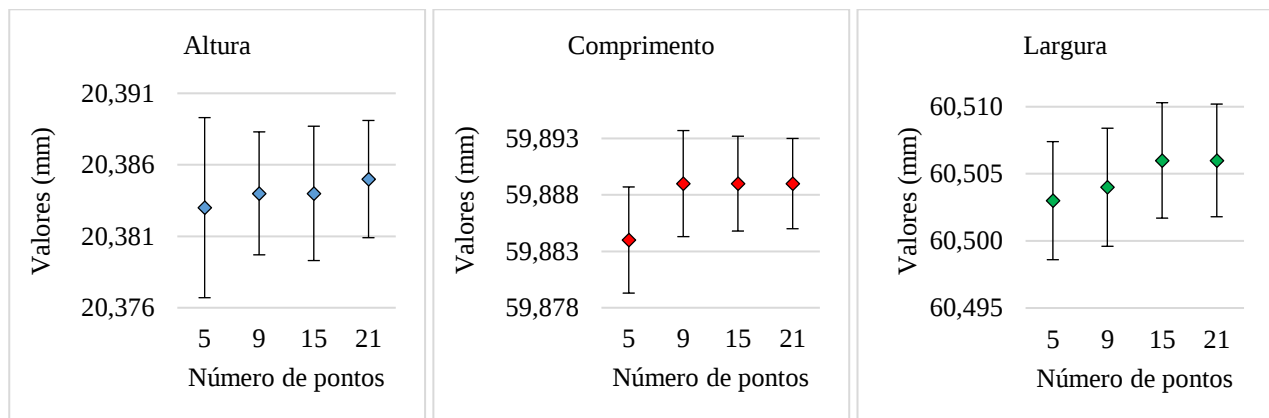


Figura 2 – Valores médios e a incerteza expandida (95 %) associada à medição dos três mensurandos.

Para o mensurando altura se observou que a incerteza do resultado da medição para a estratégia com 15 pontos foi maior que a obtida para a estratégia com 9 pontos. Isto pode ser justificado porque a superfície superior da peça apresentava riscos que influenciaram a variabilidade das leituras. Desta forma se recomenda que para a medição da altura seja utilizada uma estratégia de medição com 21 pontos ou mais de forma a diminuir este efeito. Para a medição do comprimento e da largura estratégias de medição com 9 e 15 pontos, respectivamente, são recomendadas.

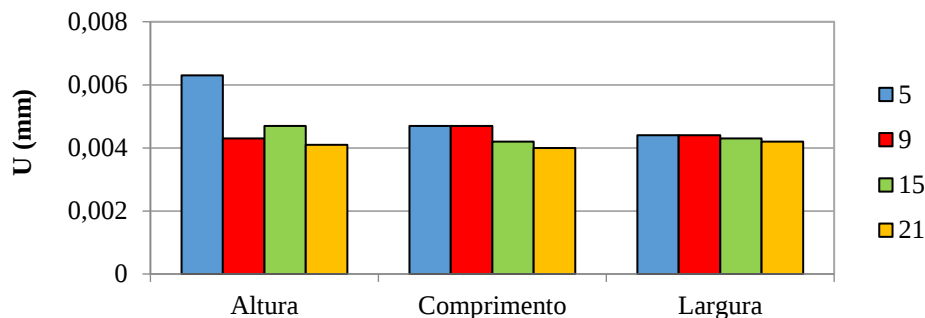


Figura 3 – Valores de incerteza expandida (95 %) associada à medição dos três mensurandos.

A Tabela 1 mostra os dados relativos ao cálculo da incerteza de medição para a altura da peça considerando 9 pontos. Nesta tabela, TA é o tipo de avaliação, DP a distribuição de probabilidade, GL o número de graus de liberdade, CS é o coeficiente de sensibilidade e s é o desvio padrão.

Tabela 1: Dados do cálculo da incerteza de medição para a altura da peça considerando 5 pontos.

Grandeza	Estimativa (mm)	TA	DP	GL	CS	Incerteza padrão (mm)	Contribuição (%)
s	0,0048	A	Normal	4	1	0,00215	62,3
ΔR	0,001	B	Retangular	∞	1	0,00029	1,1
ΔEA	0,6	B	Triangular	∞	1	0,0006	4,9
ΔC	0,001531	B	Normal	5,71	1	0,0015	31,7
Incerteza padrão combinada (u_c) em mm						0,0027	
Grau de liberdade efetivo (v_{eff})						8,72	
Fator de abrangência (k)						2,31	
Incerteza expandida (U) em mm						0,00633	

A variabilidade das leituras foi a variável de maior contribuição na incerteza final, com 62,3 %. Espera-se uma contribuição inferior desta variável na medida em que o número de pontos apalpados seja aumentado.

4. CONCLUSÕES

O número de pontos apalpados durante uma medição em MMCs afeta a qualidade do resultado de medição, principalmente a exatidão, a repetibilidade e a incerteza.

O uso de estratégias de medição com um excessivo número de pontos não implicará em uma melhoria na qualidade do resultado medido. Esta prática resultará apenas em maiores tempos e custos de medição.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, e à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- BIPM (Bureau International des Poids et Measures). 2008. Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva Switzerland. 2008. 134 p.
- HOCKEN, R.J.; RAJA, J.; UPPLIAPPAN, B. Sampling Issues in Coordinate Metrology. Manufacturing Review. v. 6. p. 282-294. 1993.
- MAY, F.P. Incerteza na Medição por Coordenadas com Ênfase na Contribuição da Forma da Peça e da Estratégia de Medição. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PHILLIPS, S.D. Performance Evaluation. In: HOCKEN, R.J.; PEREIRA, P.H. Coordinate Measuring Machines and Systems. 2.ed. New York: CRC Press, 2011. 592 p.
- WECKENMANN, A.; HEINRICHOWSKI M.; MORDHORST, H.J. Design of Gauges and Multipoint Measuring Systems Using Coordinate-Measuring-Machine data End Computer Simulation. Precision Engineering v. 13. p. 203-207. 1991.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.