

Confiabilidade metrológica na medição de peças utilizando braços articulados de medição

Metrological reliability in the measurement of parts using articulated measuring arms

Alberto Alan Neto¹, Clídio Richardson Gonçalves de Lima², Carla Caroline Alves Camelo Dantas², Pedro Roberto Lemos Nogueira Relá¹ João Pedro Holanda Bigas²

¹FORD MOTOR COMPANY – Divisão TROLLER, ²UNIVERSIDADE DE FORTALEZA.

E-mail: aneto23@ford.com

Resumo: A confiabilidade metrológica na medição a partir de Braços Articulados de Medição (BAM) está diretamente relacionada ao estudo das incertezas de medição. A relação entre a geometria da peça e a estratégia de medição, pode ser considerada como uma das principais fontes de erro. Este trabalho se propõe a apresentar um método simplificado, a partir da medição de uma peça da indústria automotiva, tendo como estudo de caso a medição do chassi do veículo T4 2011, fabricado pela montadora Troller, para se analisar a incerteza de medição do BAM a partir do estudo experimental da repetibilidade.

Palavras-chave: Análise de sistemas de medições, Braço articulado de medição, Repetibilidade, RPS (Reposicionamento do Sistema de Posição), Incerteza de Medição.

Abstract: The metrological reliability in the measurement from articulated measuring arms - AMA, is directly related to the study of measurement uncertainties. The direct relationship between the part geometry and the measurement strategy can be considered as one of the major contributors to the sources of error. This paper proposes to present a simplified method, based on the measurement of a part of the automotive industry, having as a case study the measurement of the chassis of the vehicle T4 2011, manufactured by the automaker Troller, to analyze the measurement uncertainty of the AMA Experimental study of repeatability

Keywords: Analysis of measurement systems; Articulated measuring arms; Repeatability; RPS (Repositioning the Position System); Measurement uncertainty.

1. INTRODUÇÃO

Para que os produtos possam atender as especificações de projeto o monitoramento de processos de fabricação mecânica é de extrema

relevância. Uma das ferramentas utilizadas para esse monitoramento é o Controle Estatístico do Processo (CEP), tornando possível o conhecimento do que está sendo fabricado, e

facilita a tomada de ações antes de prejuízos indesejáveis. As cartas de controle auxiliam para que o processo produtivo torne-se controlado, melhorando a qualidade dos produtos fabricados.

Medições realizadas em ambiente de produção industrial ocorrem sob condições bem menos controladas do que as existentes por ocasião da calibração do Sistema de Medição (SM) em um laboratório de metrologia. Instabilidades ambientais, diferenças entre operadores, características do mensurado e outros aspectos da produção são fortes fatores de influência que podem levar a incerteza do processo de medição para níveis muito acima dos encontrados nas condições de calibração (ABERTAZZI e SOUSA, 2008).

Conhecendo as fontes de incertezas do processo de medição: operador, condições ambientais, procedimento de medição (estratégia de alinhamento matemático), mensurando e SM, se tem uma maior confiabilidade metrológica nos resultados dos dados adquiridos.

Diante do exposto, encontra-se a Troller, indústria automobilística situada no município de Horizonte no Ceará, localizada na BR 116 a 37 km de Fortaleza. Atualmente é dividida em vários processos de fabricação, que vão desde a moldagem de peças à base de fibra de vidro, preparação da superfície das peças de carroceria, pintura, Linha de Montagem bem como o setor Mecânica de Fabricação. A empresa utiliza dois Braços Articulados de Medição (BAM) para efetuar análises dimensionais.

A finalidade do presente trabalho é analisar se a utilização dos BAM's podem ser utilizados para o controle estatístico do processo de forma confiável, a partir de um estudo experimental da repetibilidade para se chegar a incerteza de medição.

2. METODOLOGIA

Será utilizado como objeto de estudo, o chassi do veículo T4 2011, um conjunto soldado fabricado pela Troller, vide figura 1.

A figura 2 mostra as transformações necessárias para chegar desde o sistema coordenado fixo à base até o sistema coordenado associado ao apalpador, bem como uma representação do seu volume de trabalho (LIMA, 2006).

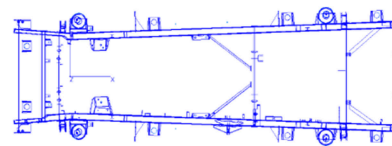


Figura 1 - Chassi do veículo Troller T4 2011. Fonte: Troller.

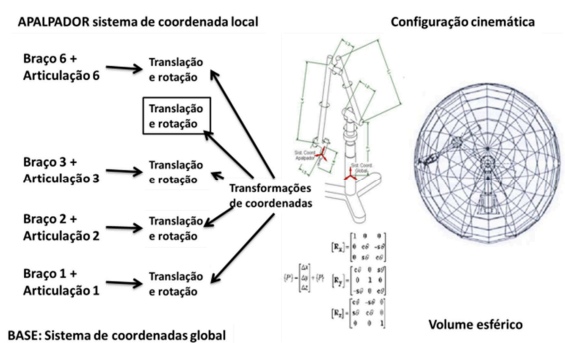


Figura 2 – Transformações de coordenadas e volume de trabalho de um BAM. Fonte: Lima (2006).

Para o entendimento matemático do RPS – 321 (Plano / Linha / Ponto = Origem), na medição por coordenadas, sempre será necessário definir uma referência na peça, que será utilizada para direcionar todos os comandos de movimentação e apalpação, bem como o processamento matemático dos pontos do apalpador para gerar os resultados das medições.

O processo de alinhamento matemático da peça pode ser entendido como o procedimento realizado para que o BAM localize a peça no seu

volume de trabalho, transferindo o sistema de coordenadas do BAM para a peça. Todos os graus de liberdade do sistema de coordenadas foram restringidos e o sistema de coordenadas “amarrado” em posição definida. Vide figura 3.

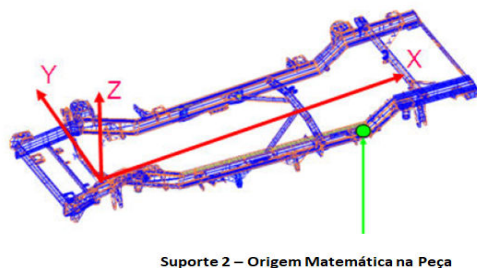


Figura 3 – Origem matemática de medição do chassi. Fonte: próprios autores.

A partir do alinhamento, a medição dos demais pontos desejados foi iniciada e todos os pontos medidos tiveram como ponto de partida o furo do suporte indicado na figura 3 supracitada. O BAM foi matematicamente localizado na origem de medição do chassi, mesmo que fisicamente esteja posicionado em outro ponto da mesa de medição.

Para a análise de repetibilidade dos resultados foram utilizados alguns pontos de medição conforme ilustrados na figura 4.

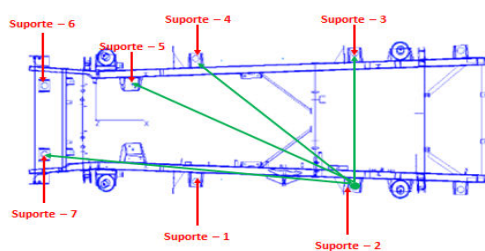


Figura 4 – Sequência de medição dos pontos em avaliação. Fonte: próprios autores.

Estes pontos foram medidos seguindo-se o seguinte critério: a cada medição, o procedimento de medição foi realizado desde o início conforme a seguinte sequência 1 – Posicionamento do

chassi sobre a mesa de medição, apoiado sobre as bases magnéticas de forma que o mesmo não ficasse desequilibrado ou com a distribuição de sua massa (peso) não uniforme; 2 – O BAM sempre posicionado na parte dianteira do chassi; 3 – O alinhamento matemático foi seguido em todas as medições. A medição dos pontos avaliados deu-se na sequência informada pela figura 4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se calcular a repetibilidade que está relacionada ao erro aleatório é necessário multiplicar a incerteza-padrão (u) por um coeficiente que depende do número de medições repetidas efetuadas. Este coeficiente é conhecido como “ t ” de *Student*, que é relacionado à probabilidade de que o valor do erro aleatório esteja dentro da faixa de confiabilidade desejada.

O intuito é que quanto maior for a quantidade de medidas, mais confiável se torna o desvio-padrão. No caso da repetibilidade (Re), quando poucas medidas são utilizadas este fator de abrangência é utilizado multiplicando-o pelo desvio-padrão (vide Equação 1), chegando-se então a repetibilidade (Re), que é incorporada, desta forma o coeficiente “ t ” de *Student*, sendo:

$$\text{Equação 1} \quad Re = \pm t \cdot u$$

Onde: Re é a repetibilidade, t o coeficiente “ t ” de *Student* para 95% de probabilidade e $n - 1$ graus de liberdade e u é a incerteza-padrão obtida a partir da amostra.

Obs.: Para 5 medições o coeficiente $t = 2,776$.

Segundo Albertazzi e Sousa (2008), esse é um procedimento simplificado para o cálculo da incerteza de medição. Contudo, para as medições do chão de fábrica, que correspondem a grande maioria dos casos, é normal que a influência da repetibilidade seja muito mais significativa que

todas as demais fontes de variação. Portanto, a Incerteza de Medição (IM) pode ser calculada como apresentado na Equação 2.

$$\text{Equação 2} \quad IM = \frac{Re}{\sqrt{n}}$$

Onde n é número de repetições da medição.

Como no dia a dia da produção, quase sempre se realiza apenas uma única medição, a IM poderá ser estimada a partir da repetibilidade do processo, desde que essa seja previamente conhecida e calculada conforme a equação 1.

Foram realizadas 5 medições repetitivas no mesmo chassi, com a seguinte sequência onde cada comprimento entre o centro do suporte 2 (origem de medição) e os demais centros dos suportes 1, 3, 4, 5, 6 e 7 foram dimensionados. Estes comprimentos lineares foram utilizados para o estudo da Re e da IM com os resultados exemplificados abaixo no gráfico 1.

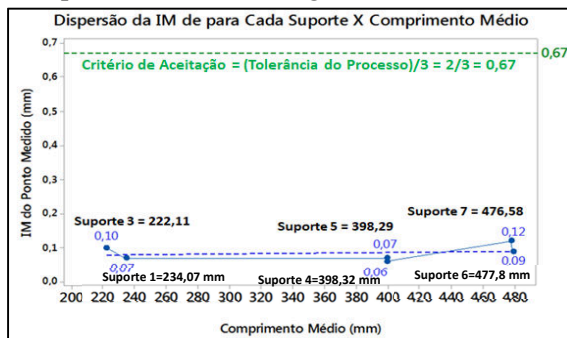


Gráfico 1 – Dispersão da IM de Cada Suporte X Comprimento Médio. Fonte: próprios autores.

Diante do resultado, observou-se que para todos os pontos avaliados o BAM teve um desempenho considerado satisfatório, tendo-se em vista que os resultados da IM e da Re foram aprovados pelo critério utilizado. No caso da Troller, adota-se que a IM deve ser menor do que um terço do intervalo de tolerância (IT). Considerando que no pior caso teve-se uma IM de $\pm 0,12$ mm e que o critério de aceitação é de 0,67 mm, o equipamento de medição está apto a ser utilizado para a medição do chassi.

4. CONCLUSÕES

A utilização de um SM robusto, de alta tecnologia, portátil e de fácil utilização como os BAM faz da metodologia utilizada, uma ferramenta indicada para a medição não somente da peça analisada, mas também de peças e dispositivos que tenham processos de fabricação semelhantes com tolerâncias da mesma ordem de grandeza.

Considerando que o controle dimensional das peças é certeza da qualidade e do fornecimento de produtos confiáveis, essas peças podem apresentar as mais diferentes e variáveis geometrias como, por exemplo, formas livres ou complexas, e com diferentes processos de fabricação. A partir das diferentes características, problemas podem surgir comprometendo a confiabilidade das medições. Desta forma, soluções de medição robustas devem ser buscadas como um objetivo desafiador uma vez que podem garantir retorno por evitar custos da não-qualidade, agregando confiabilidade ao produto de mercado.

Por fim, tendo como base os resultados obtidos conclui-se que o BAM pode ser utilizado para o controle de tolerâncias conforme exemplo aplicado, uma vez que a variação total atribuída ao processo de medição está dentro das especificações dadas pelo fabricante e atende aos requisitos de tolerâncias exigidas ao processo estudado.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ABERTAZZI e SOUSA. Fundamentos de metrologia científica e industrial. Barueri, SP: Manole, 2008.
- [2] LIMA, Clídio Richardson Gonçalves. Um estudo comparativo de sistemas de medição aplicáveis ao controle dimensional de superfícies livres em peças de médio e grande porte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.