



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

Aplicação da ferramenta Análise dos Sistemas de Medição em uma indústria automotiva

Luene Tamara Martins

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Maria Eduarda Silva

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Diego Milnitz

Administração Geral e Aplicada – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Amanda Gaya da Silva

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Resumo: Este artigo aborda a Análise de Sistema de Medição (MSA), com foco no estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R) por atributos, aplicado a um processo de inspeção visual. O objetivo principal é avaliar a confiabilidade desse sistema de medição e identificar áreas passíveis de melhorias.

Iniciando com a contextualização da importância da gestão da qualidade, o artigo explora a relevância da MSA para garantir medições precisas e confiáveis. O problema central é a necessidade de avaliar e aperfeiçoar um sistema de medição em uma indústria automotiva, especificamente na inspeção visual.

O estudo adota uma abordagem quantitativa e exploratória, seguindo estritamente as diretrizes do Manual de MSA. Os resultados da aplicação da metodologia confirmam a eficácia e confiabilidade do sistema de medição, mas também destacam áreas que podem ser otimizadas, como a redução da variabilidade entre avaliadores.

Palavras-chave: Análise dos sistemas de medição; Repetitividade e Reprodutibilidade; indústria automotiva.

Application of Measurement Systems Analysis in an automotive industry

Abstract: This article addresses Measurement System Analysis (MSA), focusing on the study of Repeatability and Reproducibility (R&R) by attributes, applied to a visual inspection process. The main objective is to evaluate the reliability of this measurement system and identify areas for improvement.

Starting with the contextualization of the importance of quality management, the article explores the relevance of MSA to ensure accurate and reliable measurements. The central problem is the need to evaluate and improve a measurement system in the automotive industry, specifically visual inspection.

The study adopts a quantitative and exploratory approach, strictly following the guidelines of the MSA Manual. The results of applying the methodology confirm the effectiveness and reliability of the measurement system but also highlight areas that can be optimized, such as reducing inter-rater variability.

Keywords: Measurement System Analysis; Repeatability and Reproducibility; Automotive Industry.

1. Introdução

A análise de sistemas de medição desempenha um papel fundamental no controle da qualidade e na tomada de decisões dentro de uma organização. Medições precisas são essenciais para garantir que os processos sejam executados de forma eficaz e que os produtos atendam às especificações estabelecidas.

O MSA (Análise de Sistema de Medição) é uma metodologia amplamente reconhecida e internacionalmente utilizada para avaliar a qualidade de um sistema de medição. O MSA é composto por diversos estudos, sendo os principais: Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R), Estabilidade, Tendência e Linearidade. Neste artigo, aborda principalmente o estudo de R&R por atributos, especificamente utilizando o método da tabulação cruzada.

A problemática reside na necessidade de avaliar e aperfeiçoar um sistema de medição em um processo de inspeção visual. A confiabilidade desse sistema é essencial para garantir que produtos finais atendam às especificações de qualidade, evitando falhas que podem ter consequências significativas para a organização, como retrabalho, custos adicionais e insatisfação do cliente.

O presente trabalho se concentra em uma pesquisa de caráter exploratório e quantitativo, que envolve a coleta de dados *in loco* em uma indústria automotiva. Utilizamos a metodologia de MSA, com ênfase no estudo de R&R por atributos, seguindo rigorosamente as diretrizes estabelecidas no Manual de MSA.

Este artigo está dividido em seis seções: a primeira contextualiza o tema geral do trabalho, descreve o problema que pretendemos solucionar ou discutir e aponta o objetivo de sua realização; a segunda seção traz uma revisão teórica abrangente sobre MSA, destacando sua importância na gestão da qualidade; a terceira seção detalha a metodologia utilizada para realizar o estudo, incluindo a coleta de dados e os procedimentos adotados; a quarta seção apresenta os resultados da aplicação da MSA no processo de inspeção visual, analisando a confiabilidade do sistema de medição; a quinta seção discute os resultados obtidos e identificar possíveis áreas de melhoria e a sexta seção conclui o artigo, destacando a importância da MSA na gestão da qualidade e sugerindo direções futuras para a pesquisa.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Análise de Sistema de Medição

Segundo Montgomery (2016), as medições de processos são importantes para o sistema de qualidade pois impactam em decisões erradas e conseqüentemente no desempenho da empresa. Um sistema de medição consiste em instrumentos, usuários e condições de uso dos dispositivos analisados, conforme a Figura 01:

Figura 01 - Sistemas de Medição



Fonte: Autor (2023)

O MSA (Análise de Sistema de Medição) é um método internacionalmente utilizado para determinar se um sistema de medição é aceitável, este está relatado no Manual publicado pelo Grupo de Ação da Indústria Automotiva (4ª edição), sendo uma análise essencial para qualquer processo de melhoria da qualidade. A partir da avaliação dos sistemas de medição é possível garantir que o mesmo é exato e preciso e que seus dados são confiáveis, assim assegurando a precisão no resultado final do produto para o cliente.

De acordo com o manual, o método MSA é dividido entre os seguintes estudos:

- a) R&R (Repetitividade e Reprodutibilidade);
 - b) Estabilidade;
 - c) Tendência;
 - d) Linearidade.

Por isso, as técnicas de MSA têm ampla aplicação nos processos produtivos, onde devem ser aplicadas a quaisquer sistemas de medição que visem controlar a qualidade, monitorar processos ou definir a aceitação ou não de um resultado de processo.

2.2 Estudos da metodologia MSA

Conforme citado anteriormente, o MSA é subdividido em 4 estudos, sendo estes: estabilidade, linearidade, tendência e reprodutibilidade e reprodutibilidade. Porém, de acordo com Skrivaneck (2009), a forma geral e mais frequentemente usado para validar a variabilidade do sistema de medição é chamado em inglês de "Gage Crossed Study" e consiste em repetir a mesma medição de várias amostras com diferentes avaliadores. Por isso, neste estudo será aplicado o estudo de R&R por atributos (método da tabulação cruzada).

De acordo com o Manual, o conceito de R&R é definido por:

- a) repetitividade: quanta variabilidade no sistema de medição é causada pelas diferenças entre os operadores. Consiste em repetir a mesma medição, medindo a mesma característica em uma peça diversas vezes por um avaliador. Tem como propósito avaliar o equipamento por meio da variação dentro do sistema, analisando o grau de confiabilidade que um sistema de medição tem quanto à sua capacidade de repetir os resultados de uma medição;
- b) reprodutibilidade: quanta variabilidade no sistema de medição é causada pelas diferenças entre os operadores, avaliando-os. É a variação das médias das medições feitas por diferentes avaliadores, utilizando o mesmo instrumento de medição ao medir a mesma característica de uma peça.

Ainda segundo o Manual, os estudos de reprodutividade e reprodutibilidade são analisados juntamente, e possuem a sigla de R&R. Esse estudo é dividido em variáveis (Método da média e amplitude) e atributos (Método da tabulação cruzada). O método da média e amplitude é uma abordagem que fornece uma estimativa da repetitividade e da reprodutibilidade de um sistema de medição. Já o método da tabulação cruzada é utilizado para comparar cada avaliador com os demais. Este método analisa a distribuição dos dados para duas ou mais variáveis categóricas.

2.3 Coleta de dados

Segundo o Manual, para realizar os estudos deve-se definir as quantidades de amostras e as quantidades de medições que sejam representativas conforme definição abaixo:

2.3.1 R&R (Atributos - Tabulação Cruzada)

- a) Selecionar uma amostra constituída de 50 peças, garantindo que 50% delas sejam aprovadas e os outros 50% sejam reprovados;
- b) Selecionar 3 avaliadores, e identificá-los como A, B e C;
- c) Numerar as peças de 1 até 50, de modo que os números das peças não sejam visíveis aos avaliadores;
- d) Solicitar ao avaliador A que teste/verifique as 50 peças em ordem aleatória, e registre os resultados;
- e) Solicitar ao avaliador B que teste/verifique as 50 peças em ordem aleatória, sem olhar o resultado dos demais avaliadores, e registrar os resultados;
- f) Solicitar ao avaliador C que teste/verifique as 50 peças em ordem aleatória, sem olhar o resultado dos demais avaliadores, e registrar os resultados;
- g) Repetir o ciclo de testes/verificações mais duas vezes utilizando uma ordem aleatória diferente;
- h) Cadastrar os valores na planilha específica.

2.4 Análise dos resultados e ações necessárias

Os critérios de aceitação dos estudos de R&R por atributos (tabulação cruzada) seguem parâmetros conforme a seguinte tabela:

Tabela 01 – Critérios de aceitação R&R por atributos

Decisão sistemas de medição	Eficácia	Taxa de erro	Taxa falso alarme
Aceitável	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$

Melhoria	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
Inaceitável	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

Fonte: AIAG (2010)

3. Metodologia

Devido ao caráter específico e aplicado deste trabalho a principal fonte de informações e teoria vem diretamente do manual de MSA 4ª Edição e também apostilas de treinamentos que foram utilizadas na indústria em que o estudo foi aplicado.

Segundo GIL (1995), a pesquisa foi classificada como exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito. A abordagem é caracterizada como quantitativa, pois utiliza recursos estatísticos (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Além disso, a pesquisa também pode ser classificada como estudo de caso, pois o método envolve seleção de amostra, determinação do procedimento para coleta e análise dos dados (GIL, 1995).

4. Passos para a implementação do MSA

O presente estudo foi aplicado no processo de inspeção visual, esse processo é executado somente com a peça pronta, ou seja, os problemas de qualidade serão encontrados apenas na inspeção final, com o produto já acabado.

A primeira etapa do estudo foi realizar um levantamento dos operadores que atuam nesse processo, e verificar se todos possuem treinamento e capacitação para tal atividade. Após isso, foram selecionados 3 destes, 2 sendo do primeiro turno que funciona do início da manhã até o meio da tarde, e 1 do segundo turno que funciona do meio da tarde até o início da madrugada.

Após a seleção dos operadores, como segunda etapa do estudo, foi selecionado um conjunto de 50 peças acabadas, sendo que em 25 peças foram simulados defeitos que se pressupõe que devem ser detectados na inspeção final, e deve ser garantido que as outras 25 peças estão corretas conforme a especificação. Posteriormente, todas as peças foram identificadas e numeradas individualmente, para discernir quais eram as peças ruins e as boas, de forma que os operadores do estudo não pudessem ter esse discernimento pela identificação da peça.

Já a terceira etapa constitui em definir os dias e horários em que o estudo seria aplicado, de forma em que fosse executado em pelo menos três dias diferentes e em momentos diversos do turno, sendo o começo, meio e próximo ao fim, porém, sempre em horários habituais de trabalho, a fim de simular da melhor forma o ambiente em que os operadores comumente trabalham, ou seja, com a luminosidade, sonoridade das máquinas e o tempo do turno.

A quarta etapa consiste em agrupar todos os dados obtidos de acordo com a Tabela 02:

Tabela 02 - R&R por atributos

ESTUDOS DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO POR ATRIBUTOS													
PLANTA: Navegantes			CLIENTE: Todos						PROCESSO: Recebimento - Cabos CS				
MEIO DE CONTROLE: Visual										DATA: 04/09/2023			
Peça	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Referência	Valor de Referência	Código	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
Legenda				Aprovado	1	Reprovado	0						

Fonte: Autor (2023)

Após isso, a quinta etapa consiste em analisar os dados apresentados pela planilha utilizada e verificar em qual critério se encaixa com base na Tabela 01 – Critério de aceitação R&R por atributos apresentados anteriormente.

4. Resultados e discussão

Os resultados foram apresentados de acordo com as metodologias apresentadas nas seções 2.2, 2.3 e 2.4.

O estudo em questão foi realizado em um processo de inspeção visual final de cabos, no mês de setembro, em dias diferentes e nos dois turnos de produção, contando com 3 operadores que são denominados como avaliadores.

Foram selecionadas 25 peças conforme a especificação, e 25 peças com os defeitos que mais ocorrem nesse processo, a fim de verificar se o sistema de medição atual é capaz de aprovar peças boas e reprovado peças ruins.

Após isso, foi realizada a seleção dos operadores nos dois turnos de produção, sendo que os avaliadores A e B trabalham no primeiro turno que funciona entre 05:00h e 14:48h, e o avaliador C trabalha no segundo turno que funciona entre 14:48h e 00:16h.

Durante os dias e horários estabelecidos para a realização do estudo foram coletados os dados com a Tabela 02 mostrada anteriormente, e todas as medições foram feitas em ambiente usual do operador, com luz, ruídos e movimentações conforme já estão acostumados.

Os resultados obtidos com as avaliações estão presentes na Tabela 03 abaixo, onde foi utilizado o número 1 para designar peças conforme e o 0 para peças não conformes, destacando os valores discordantes da referência.

Tabela 03 - Avaliação de R&R por atributos

ESTUDOS DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO POR ATRIBUTOS												
PLANTA: Navegantes			CLIENTE: Todos				PROCESSO: Recebimento - Cabos CS					
MEIO DE CONTROLE: Visual											DATA: 04/09/2023	
Peça	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Referência	Valor de Referência	Código
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
11	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
21	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fonte: Autor (2023)

Com todos os dados coletados, foi utilizada uma planilha em Excel para realizar os cálculos estatísticos conforme o Manual estabelece, e realizada a análise da Tabela de resultados, representada através da Tabela 04:

Tabela 04 - Resultados do estudo de R&R por atributos

DECISÃO SISTEMA DE MEDIÇÃO	EFICÁCIA	TAXA DE ERRO	TAXA FALSO ALARME
ACEITÁVEL	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
MELHORIA	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
INACEITÁVEL	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

OPERADORES	EFICÁCIA	TAXA DE ERRO	TAXA FALSO ALARME
OPERADOR A	98,0%	0,0%	2,2%
OPERADOR B	96,0%	0,0%	3,3%
OPERADOR C	98,0%	0,0%	1,1%

Fonte: Autor (2023)

Com base nos resultados apresentados e na análise realizada de acordo com os critérios estabelecidos pelo Manual e ilustrados na Tabela 01, o estudo de MSA está aprovado no que se refere a esse processo de inspeção utilizado para avaliação no presente estudo, porém, como ponto de melhoria a variação entre os operadores B e C deve ser analisada, a fim de analisar as causas e sugerir ações, como a capacitação adicional dos operadores ou padronizar o procedimento de medição por meios de ajudas visuais.

5. Conclusão

Em conclusão, este estudo destacou a importância da Análise de Sistema de Medição (MSA) na gestão da qualidade, especificamente ao estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R) por atributos, utilizando o método da tabulação cruzada, no contexto. Ao longo desta pesquisa, pudemos constatar a importância crucial do MSA na gestão da qualidade. A precisão e confiabilidade das medições desempenham um papel fundamental na garantia de que produtos finais atendam às especificações estabelecidas e, conseqüentemente, na satisfação do cliente e no sucesso da organização.

Os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de MSA em nosso estudo demonstraram que nosso sistema de medição é eficaz e confiável, mas identificamos áreas de melhoria, especialmente na redução da variabilidade entre avaliadores. Em particular, observamos que a variação entre os avaliadores B e C pode ser reduzida, indicando a necessidade de uma capacitação adicional ou de uma padronização dos procedimentos de medição entre esses operadores.

Além disso, este estudo ressalta a importância de realizar regularmente análises de sistemas de medição para garantir que eles continuem atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos. É uma prática contínua e essencial para aperfeiçoar a precisão das medições e a confiabilidade do sistema de medição ao longo do tempo.

Em suma, este artigo demonstrou que a aplicação rigorosa da MSA, com ênfase no estudo de R&R por atributos, é uma ferramenta valiosa para avaliar e aprimorar a confiabilidade dos sistemas de medição em processos de inspeção visual. Ao fazê-lo, agrega não apenas para a eficácia operacional de nossa organização, mas também para a entrega de produtos de alta qualidade aos nossos clientes, fortalecendo assim nossa competitividade e reputação no mercado.

6. Referências

ASSIS, Alexandra Belloni. Measurement system analysis applied to an automotive industry. 2019. Bachelor thesis in Mechanical Engineering- Federal University of Technology – Paraná. Ponta Grossa, 2019.

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG). Análise do Sistema de Medição – MSA. Trad. Instituto da Qualidade Automotiva. 4 ed. São Paulo, 2010.

GIL, A. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 1995.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MONTGOMERY, Douglas C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

Skrivanek S 2009. Gage R&R acceptability. MoreSteam. Available in <https://www.moresteam.com/whitepapers/download/nested-gage-rr.pdf>.