

A ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO (MSA) COMO FERRAMENTA NO CONTROLE DE
PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS DESCARTÁVEIS

Mariana Paes da Fonseca

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

Prof^a. Ana Paula Barbosa Sobral, D. Sc

Prof^a. Jane Azevedo da Silva, M. Sc

Prof. José Geraldo Ferreira, M. Sc

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL
NOVEMBRO DE 2008

DA FONSECA, MARIANA PAES

A Análise do Sistema de Medição (MSA)
como ferramenta no controle de processos
em uma indústria de dispositivos médicos
descartáveis [Minas Gerais] 2008

XI, 78 p. 29,7 cm (EPD/UFJF, Graduação,
Engenharia de Produção, 2008)

Monografia - Universidade Federal de
Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de
Produção

1. Análise do Sistema de Medição

I. EPD/UFJF II. Título (série)

DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia aos meus pais, principalmente pelos valores que sempre buscaram me ensinar ao longo da vida, pela dedicação irrestrita e incondicional e pelo exemplo de caráter e simplicidade.

Ao Douglas, pelo companheirismo integral e atenção. Por ter tornado todos esses anos de faculdade mais suaves e divertidos e por nunca ter me deixado desistir dos meus objetivos e sonhos.

Aos companheiros da BD, em especial ao Lau por ter me aberto as portas e a Clarice, pelo exemplo de liderança e competência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço às professoras Ana Paula Barbosa Sobral e Jane Azevedo da Silva pela disponibilidade, apoio e atenção durante a realização desse trabalho. E também ao professor José Geraldo Ferreira pelo interesse e colaboração.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

A ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO (MSA) COMO FERRAMENTA NO CONTROLE DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS DESCARTÁVEIS

Mariana Paes da Fonseca

Novembro/2008

Orientadoras: Ana Paula Barbosa Sobral

Jane Azevedo da Silva

Curso: Engenharia de Produção

Para que haja o controle efetivo dos processos de uma indústria, a confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de medição é um fator relevante. A adoção de ferramentas de MSA (Measurement System Analyser) proporciona o conhecimento de fontes de variação e permite verificar se os sistemas de medição possuem características estatísticas compatíveis com as especificações do produto. O presente trabalho aborda o MSA como ferramenta no controle de um processo de fabricação de cateteres periféricos em uma indústria fabricante de dispositivos médicos descartáveis líder mundial em sua categoria, descreve os métodos de análise que serão utilizados e o modelo adotado. A característica crítica de qualidade avaliada é a fixação do cateter no seu adaptador, inspecionada através de três testes realizados no decorrer do processo de fabricação: teste de medida do flare, teste de profundidade do metal wedge e teste de tração cateter-adaptador. As técnicas utilizadas para descrever as variações do processo analisado são as de dispersão amostral (Repetitividade e Reprodutibilidade). O software utilizado para a análise das técnicas supracitadas é o Minitab 15, através de estudos de Gage R & R e do método Anova. Os objetivos do projeto foram alcançados com grande êxito, aumentando a confiabilidade das medições e por consequência reduzindo custos com retrabalhos e reclamações de clientes. As análises de dispersão amostral não foram desenvolvidas para fins de simplificação do estudo.

Palavras-chave: MSA, Gage R & R, ANOVA, estatística, controle de processos.

Abstract of the monograph presented to Coordination of the Production Engineering Course
as a partial fulfillment of the requirements for graduating in Production Engineering.

THE MEASUREMENT SYSTEM ANALYSER (MSA) AS A TOOL TO PROCESS CONTROL IN AN INDUSTRY OF DISPOSABLE MEDICAL DEVICES

Mariana Paes da Fonseca

November/2008

Advisor: Ana Paula Barbosa Sobral

Jane Azevedo da Silva

Course: Production Engineering

In order to have an effective process control of an industry, the reliability of data generated by measuring systems is a relevant factor. The adoption of MSA (Measurement System Analyzer) tools provides the knowledge of variation sources and allows checking that the measuring systems have compatible statistical characteristics with product specifications. This study addresses the MSA as a tool to control the manufacturing process of peripheral catheters in an industry manufacturer of disposable medical devices global leader in its category, describes the methods of analysis that will be used and the model adopted. The critical quality feature assessed is the fixing of catheter in your adapter, previewed by three tests during the manufacturing process: the flare extent test, the depth metal wedge test and the traction catheter-adapter test. The techniques used to describe changes in process are examined in the sample dispersion (Repeatability and Reproducibility). The software used to analyze the techniques above is the Minitab 15, through Gage R & R studies and the Anova method. The sample dispersion analysis has not been developed for simplifying the study.

Key-Words: MSA, Gage R & R, ANOVA, statistics, process control.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. JUSTIFICATIVAS.....	2
1.4. ESCOPO DO TRABALHO	3
1.5. METODOLOGIA	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. TERMINOLOGIA.....	5
2.2. O PROCESSO DE MEDIÇÃO	6
2.2.1. FONTES DE VARIAÇÃO	6
2.3. VARIAÇÃO DO PROCESSO DE MEDIÇÃO.....	7
2.3.1. Variação da Localização.....	7
2.3.2. Variação da Dispersão	10
2.3.3. Número de categorias distintas	14
2.4. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO.....	14
2.5. DIRETRIZES PARA A DETERMINAÇÃO DA REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE ..	14
2.5.1. Método da Média e Amplitude.....	15
2.5.2. Método da Análise de Variância (ANOVA).....	17
DESCRIÇÃO	19
3.1. BECTON DICKINSON	19
3.2. BD NO BRASIL	20

3.3. CATETER BD ANGIOCATH	20
3.4. A LINHA DE PRODUÇÃO DO BD ANGIOCATH	21
3.4.1. Teste de medida do flare	21
3.4.2. Teste de profundidade do metal wedge	21
3.4.3. Teste de tração cateter adaptador	22
3.5. O ESTUDO.....	22
DESENVOLVIMENTO.....	24
4.1. TESTE DE MEDIDA DO FLARE	24
4.1.1. Critérios de Aceitação.....	24
4.1.3. Equipamentos	24
4.1.3. Execução	25
4.1.4. Resultados	26
4.2. TESTE DE TRAÇÃO CATETER - ADAPTADOR	41
4.2.1. Critérios de Aceitação.....	41
4.2.2. Equipamentos	42
4.2.3. Execução	42
4.2.4. Resultados	42
4.3. TESTE DE PROFUNDIDADE DO METAL WEDGE	71
4.3.1. Critérios de Aceitação.....	71
4.3.2. Equipamentos	72
4.3.2. Execução	72
4.3.3. Resultados	73
ANÁLISE DOS RESULTADOS	76
5.1. TESTE DE MEDIDA DO FLARE	76
5.2. TESTE DE TRAÇÃO CATETER ADAPTADOR	77
5.3. TESTE DE PROFUNDIDADE DO METAL WEDGE	77
CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 – Exatidão x Tendência x Precisão	7
Figura 3 – Tendência ou Vício	8
Figura 4 – Precisão	10
Figura 5 – Repetibilidade	11
Figura 6 – Reprodutibilidade Adequada	12
Figura 7 – Reprodutibilidade Inadequada	13
Figura 8 – Carta de Médias e Amplitudes	15
Figura 11 – Gráfico X-Y de Médias de Tamanho	16
Figura 12 – Gráfico X-Y de Comparação	17
Figura 13 – Gráfico de Resíduos.....	18
Figura 14 – BD Angiocath.....	20
Figura 15 – Critério de Aceitação – Teste de Medida do Flare	24
Figura 16 – Amostras – Teste de Medida do Flare	25
Figura 17 – Posição da medição – Teste de Medida do Flare	26
Figura 18 – 1º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare.....	27
Figura 19 – 2º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare.....	29
Figura 20 – 3º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare.....	30
Figura 21 – 4º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare.....	32
Figura 22 – 5º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare.....	33
Figura 23 – 1º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare.....	35
Figura 24 – 2º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare.....	36
Figura 25 – 3º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare.....	38
Figura 26 – 4º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare.....	39
Figura 27 – 5º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare.....	40
Figura 28 – Critério de Aceitação – Teste de Tração Cateter Adaptador	41
Figura 29 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	43
Figura 30 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	44
Figura 31 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	46

Figura 32 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (2º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	47
Figura 33 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	48
Figura 34 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (3º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	50
Figura 35 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	51
Figura 36 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (4º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	52
Figura 37 – Intervalo de Confiança Peças Boas (5º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	54
Figura 38 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (5º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	55
Figura 39 – Intervalo de Confiança Peças Boas (6º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	56
Figura 40 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	57
Figura 41 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	58
Figura 41 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	60
Figura 42 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (2º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	61
Figura 43 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	62
Figura 44 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	63
Figura 45 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	64
Figura 46 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (4º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	65
Figura 47 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/3ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	66
Figura 48 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/3ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	67
Figura 49 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	68
Figura 49 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	69

Figura 50 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/3ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador	70
Figura 51 – Critério de Aceitação – Teste de Profundidade do Metal Wedge.....	71
Figura 51 – Amostras – Teste de Profundidade do Metal Wedge	72
Figura 52 – 1ºteste/1ºturno – Teste de Profundidade do Metal Wedge.....	74
Figura 53 – 1ºteste/2ºturno – Teste de Profundidade do Metal Wedge.....	75
Figura 54 – Posicionamento da peça no microscópio	76

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, os dados de uma medição são utilizados com freqüência e de maneiras diferentes no controle de processos manufatureiros. Esses dados, ou medidas estatísticas obtidas através deles, são comparados com os limites de controle previamente calculados. Se de acordo com essa análise, os dados se encontrarem fora desses limites, o processo se encontra fora de controle.

Outra aplicação dos dados de medição é a determinação da associação entre variáveis do processo, com a finalidade de padronizar e otimizar o mesmo identificando as causas que o afetam. Essas relações podem ser estudadas por meio de ferramentas estatísticas, como por exemplo, a “análise de regressão”. A tomada de decisões de produção está intimamente ligada a esse estudo, um exemplo do que Deming chamou de estudos analíticos.

Porém se a qualidade dos dados é baixa, os benefícios de usar um procedimento como esse ficam comprometidos. Para garantir que os custos de obtenção desses dados sejam superados pelos benefícios de seu uso, deve ser dada atenção aos sistemas de medição empregados.

Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997):

“Sistema de Medição é o conjunto de operações, procedimentos, dispositivos de medição e outros equipamentos, software e pessoal usado para atribuir um número à característica que está sendo medida; o processo completo usado para obter as medidas.” (p.4).

Os estudos de MSA fornecem dados com dois objetivos básicos: o primeiro é conhecer as fontes de variação (operador, instrumento de medição, temperatura e etc.) que têm maior influência nos resultados gerados pelo Sistema de Medição; o segundo objetivo é verificar se o Sistema de Medição possui propriedades estatísticas compatíveis com as especificações.

Um sistema de medição que não propicia a certeza ou confiança na medição pode levar a empresa a realizar grandes investimentos na aquisição de instrumentos e outros meios de medição. É importante identificar o que pode causar esta deficiência, antes de tomar a decisão. Além disso, estudos mal elaborados podem fazer com que a empresa direcione seus recursos para o lugar errado ou, talvez, que não precisem ser realizados.

Não existe um sistema de medição ideal, portanto, é atribuição dos engenheiros responsáveis pela qualidade adequar seus sistemas de medição para obter as propriedades

estatísticas adequadas ao trabalho executado e às necessidades do produto.

Os engenheiros de qualidade têm a responsabilidade de identificar as propriedades estatísticas mais importantes para o uso dos dados. É responsabilidade também assegurar que tais propriedades sejam a base para escolher o sistema de medição.

Segundo Luiz Silva (2002), apesar das diferenças possíveis, existem algumas propriedades estatísticas que todos os sistemas devem ter:

- o sistema de medição deve estar sob controle estatístico, o que significa que a variação no sistema é devida somente a causas comuns e não a causas especiais;
- a variabilidade do sistema de medição deve ser pequena se comparada com a variabilidade do processo de manufatura;
- a variabilidade do sistema de medição deve ser pequena quando comparada com os limites de especificação;
- os incrementos de medida devem ser pequenos em relação ao que for menor entre a variabilidade do processo ou os limites de especificação.

O controle das variações dos resultados das medições é importante para estabelecer as médias e desvios, acompanhar a estabilidade no decorrer do tempo, estabelecer uma previsibilidade e obter coerência.

O planejamento e gerenciamento adequados do sistema de medição visam, portanto, proporcionar economia com os recursos de inspeção (instrumentos, dispositivos de controle, entre outros) a até mesmo com o intervalo das inspeções.

1.2. OBJETIVOS

Esse trabalho pretende apresentar e acompanhar o emprego de diretrizes de avaliação da qualidade de um sistema de medição em um projeto de MSA de uma linha de produção de cateteres de uma indústria de dispositivos médicos.

1.3. JUSTIFICATIVAS

A qualidade e padronização são inerentes a qualquer processo produtivo. O sistema de medição das variáveis desses processos é a maneira mais empregada atualmente para o controle desses requisitos. Para que haja um controle efetivo das características de qualidade, é preciso garantir que a obtenção dos dados não esteja sendo dada de maneira equivocada. Os custos envolvidos com esse acompanhamento, como interrupção da produção e perdas de material devem ser superados pela garantia da qualidade do produto acabado e da prevenção de problemas futuros maiores, como devoluções e danos ao cliente.

Dessa forma, os estudos de Análise do Sistema de Medição são importantes para a garantia da consistência nos processos produtivos no sentido de avaliar a influência dos erros de medição na qualidade das decisões tomadas a partir dos dados coletados.

1.4. ESCOPO DO TRABALHO

A empresa estudada é atualmente líder mundial no suprimento de dispositivos médicos, possuindo unidades em cerca de 50 países. Na unidade de Juiz de Fora - MG, está localizada uma de suas fábricas de dispositivos descartáveis, em sua maioria cateteres para diversas finalidades.

A garantia da qualidade dos produtos é de fundamental importância para o segmento, uma vez que qualquer falha pode causar consequências fatais em seus clientes. Por conta disso, o emprego de ferramentas de qualidade é realizado em diversas etapas de seus processos, afim de que qualquer falha possa ser identificada antes da liberação final dos produtos e medidas de correção possam ser empregadas rapidamente.

Além disso, seus custos de produção podem ser reduzidos quando defeitos são localizados por meio de inspeções periódicas, ao longo da linha de montagem. Esse trabalho envolve diversos departamentos, como o controle da qualidade, o controle de processos, a engenharia responsável pela calibração dos equipamentos de medição, o departamento financeiro, entre outros.

1.5. METODOLOGIA

Para a realização do trabalho as seguintes etapas serão seguidas:

- Pesquisa bibliográfica

O MSA envolve um procedimento específico que quando não conhecido, pode interferir nos resultados obtidos. O conhecimento do procedimento empregado pela empresa, bem como das ferramentas estatísticas necessárias é de fundamental importância antes do início do projeto.

- Identificação do foco

Através do registro de não-conformidades recorrentes é possível determinar aonde se encontram as principais falhas de controle. Dessa forma, determina-se o foco da análise do sistema de medição.

- Elaboração do cronograma

Um cronograma com as etapas e seus respectivos prazos é elaborado com a finalidade de garantir que nenhuma tarefa será ignorada e que o andamento estará seguindo conforme o planejado.

- Definição dos equipamentos e pessoas

Identificado o processo a ser analisado, é preciso definir os recursos necessários para o estudo. Esse processo deve ser planejado, pois compromete a produção, que deverá ser interrompida por um período, além de gerar perdas de materiais no caso de testes destrutivos.

- Coleta de dados

Elaboração de uma folha de verificação adequada para a coleta das medições de todos os equipamentos e operadores envolvidos.

- Análise dos dados

Depois de colhidas as informações necessárias, será realizada uma análise estatística dos dados. Através dos mesmos serão identificadas as variações.

- Implementação de correções

Nessa etapa, todas as variações em equipamentos, pessoas, meio-ambiente, método, padrão e peça devem ser corrigidas através de calibrações e treinamentos, eliminação das interferências ambientais, assim como métodos, padrões e peças devem ser revistos.

- Nova análise estatística

Depois de feitas todas as alterações necessárias será realizada uma nova coleta de dados e análise estatística para a verificação dos resultados. Caso as medidas não tenham solucionado todas as variações, novos treinamentos e calibrações deverão ser implementados.

- Apresentação dos resultados

Após a garantia de padronização do processo de medição, os resultados serão apresentados graficamente e seus benefícios serão relacionados.

Segue abaixo o cronograma de desenvolvimento das etapas do estudo:

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A apresentação da análise do sistema de medição poderá se tornar confusa e mal conduzida se não for esclarecido um conjunto de termos estabelecido para descrever as propriedades estatísticas comuns e os elementos do sistema de medição associados. Segue abaixo um sumário dos termos que serão utilizados nesse estudo.

2.1. TERMINOLOGIA

Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997):

- MSA (Measurement System Analyser) – Análise dos Sistemas de Medição.
- Padrão: fundamento aceito para comparação; critério de aceitação; valor conhecido contido entre limites de incerteza declarados e aceito como um valor verdadeiro; valor de referência.
- Resolução: menor unidade de leitura, resolução de medição, limite de escala ou limite de detecção. Uma propriedade inerente determinada por projeto.
- Resolução efetiva: a sensibilidade de um sistema de medição para processar a variação de uma particular aplicação. O menor estímulo de entrada (input) que resulta em um sinal de saída (output) detectável.
- Valor de referência: valor aceito de um artefato, usado como um substituto do valor real.
- Valor verdadeiro: Valor real de um artefato, desconhecido e impossível de ser conhecido.
- Exatidão: proximidade ao valor verdadeiro, ou a um valor de referência aceito.
- Precisão: um erro aleatório que faz parte do sistema de medição.
- Repetibilidade: variação entre medições obtidas com um mesmo instrumento quando usado várias vezes por um mesmo avaliador, enquanto medindo idêntica característica de uma mesma peça.
- Reprodutibilidade: Variação entre médias das medições feitas por diferentes avaliadores, utilizando o mesmo dispositivo de medição, enquanto medindo uma característica de uma peça.
- R&R do Dispositivo de Medição: estimativa combinada da repetibilidade e da reprodutibilidade do sistema de medição.
- Capacidade do sistema de medição: estimativa a curto prazo da variação do sistema de medição.
- Incerteza: estimativa de um intervalo de valores em relação ao valor medido dentro do qual acredita-se estar contido o valor verdadeiro.

Grande parte dos termos supracitados serão melhor detalhados no decorrer desta revisão.

2.2. O PROCESSO DE MEDIÇÃO

Antes de efetivamente gerenciar a variação de um processo há a necessidade de se saber a finalidade do mesmo, ter uma previsão das possíveis falhas e o conhecimento do que está sendo feito na realidade.

As especificações e os requisitos de engenharia determinam o que o processo deveria estar fazendo.

O FMEA (Análise de Modo e Efeitos da Falha Potencial do Processo) define o risco associado com as falhas potenciais do processo e propõe ações corretivas antes mesmo que tais falhas aconteçam. O resultado dessa análise é inserido no Plano de Controle, que se trata de um procedimento operacional global abrangendo todas as áreas envolvidas.

A avaliação de parâmetros e resultados aumenta o conhecimento sobre como um processo está sendo executado. A atividade de inspeção é o ato de examinar esses parâmetros, peças em processamento, subconjuntos montados, ou produtos finais fabricados com aparatos de medição que capacitam o observador a confirmar ou negar a premissa de que o processo está operando de maneira estável e com variação aceitável. Essa atividade já é em si um processo.

A atividade de medição e análise é um processo e sobre ele podem ser aplicadas todas as técnicas de controle: gerencial, estatística e lógica.

2.2.1. FONTES DE VARIAÇÃO

Um sistema de medição pode ser impactado por duas fontes de variação: a aleatória e a sistemática. Estas fontes são provenientes de causas comuns e causas especiais. Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997), para se controlar a variação do sistema de medição é necessário identificar as fontes de variação potenciais e eliminar ou monitorar essas fontes de variação.

Existem vários métodos para categorizar as fontes de variação, dentre eles os diagramas de causa e efeito e os diagramas árvores de falhas.

Os seis elementos essenciais de um sistema de medição genérico são: o padrão, a peça, o instrumento, a pessoa, o procedimento e o ambiente. Os fatores que afetam essas áreas precisam ser entendidos, para só então serem controlados ou eliminados.

2.3. VARIAÇÃO DO PROCESSO DE MEDIÇÃO

Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997), na maioria dos processos de medição, a variação total é usualmente descrita como uma distribuição normal. A probabilidade normal é uma premissa dos métodos utilizados na análise dos sistemas de medição. Quando o sistema de medição não é normalmente distribuído e essa normalidade é assumida, pode ocorrer a superestimação do erro do sistema. Portanto, é necessário corrigir as avaliações para esse caso.

2.3.1. Variação da Localização

- Exatidão

A ISO (International Organization for Standardization) e a ASTM (American Society for Testing and Materials) consideram exatidão como a junção entre tendência e repetibilidade. Ou seja, depende do grau de tendência e da precisão da medição.

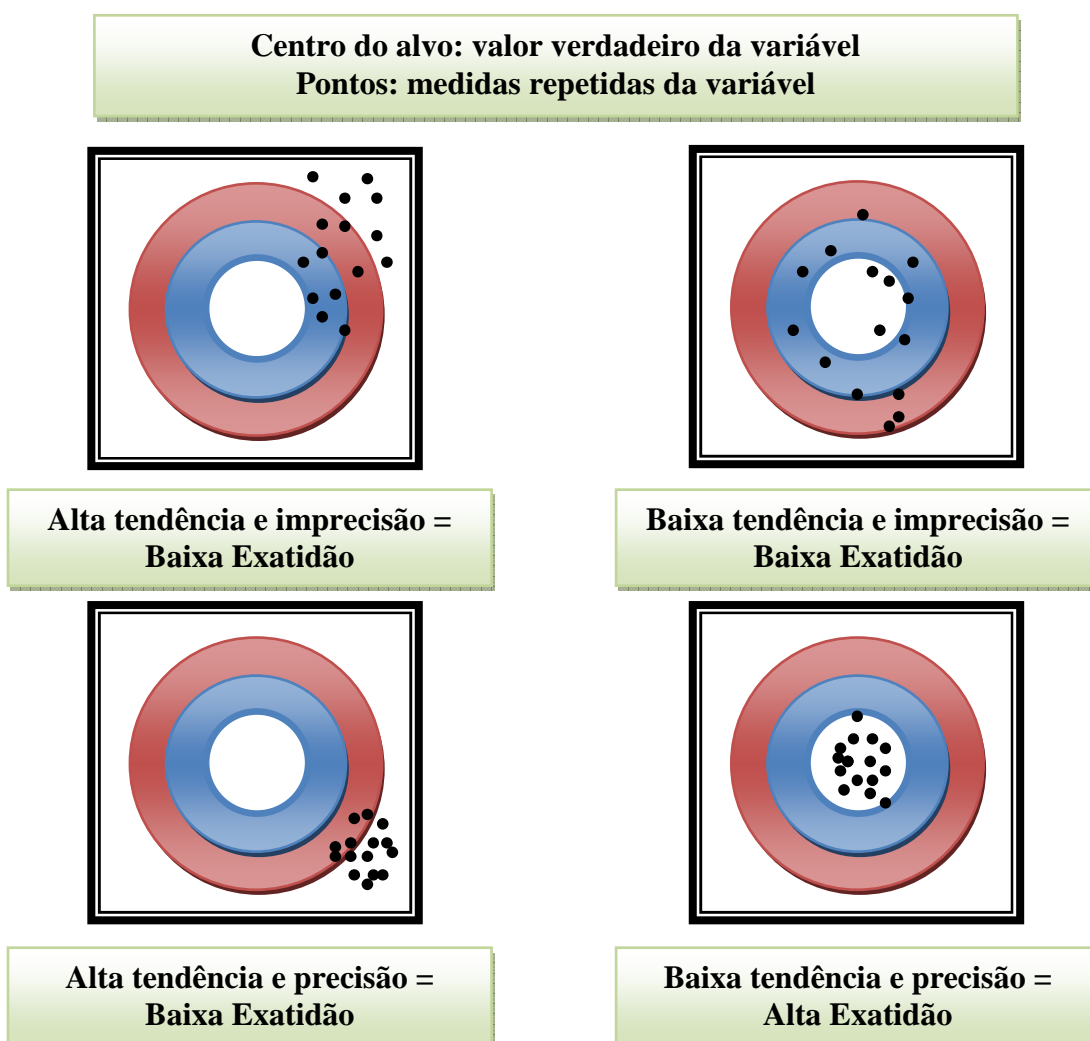


Figura 1 – Exatidão x Tendência x Precisão
Fonte: adaptado de Werkema

- Tendência ou vício

A tendência quantifica a diferença existente entre o valor real da característica medida e a média da distribuição dos resultados fornecidos pelo aparelho. É uma parcela do erro total e é composta por efeitos combinados de todas as fontes de variação, conhecidas ou desconhecidas.

As principais causas possíveis para uma tendência excessiva são: a falta e inapropriação da calibração do instrumento ou seu desgaste excessivo; erro de linearidade; dispositivo de medição errado para a aplicação; medição da característica errada, ambiente; tamanho da peça; habilidade do operador; fadiga; paralaxe e etc.

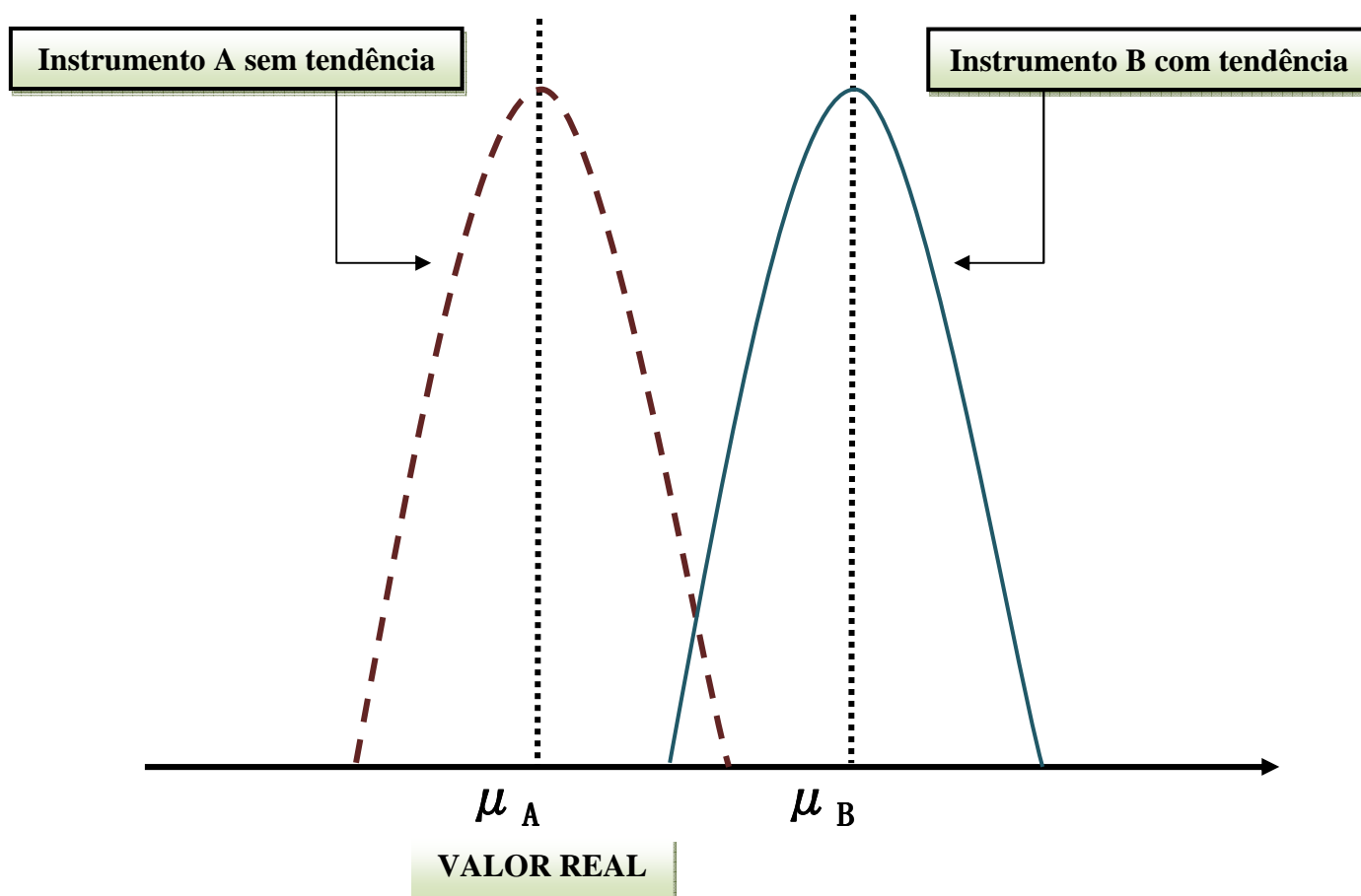


Figura 2 – Tendência ou Vício
Fonte: adaptado de Werkema

- Estabilidade

A estabilidade também é conhecida como o Deslocamento Lento e Gradual e consiste na variação total das medições obtidas com um sistema de medição aplicado sobre as peças quando se é medida uma única característica durante um período de tempo prolongado. Trata-se da variação da tendência ao longo do tempo.

A análise dos gráficos de controle permite que se determine se um dado processo é estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação atuando sobre o mesmo. Para um processo ser considerado estatisticamente estável, os pontos nos gráficos de controle devem distribuir-se aleatoriamente em torno da linha média sem que haja padrões estranhos do tipo, tendências crescentes ou decrescentes, ciclos, estratificações ou misturas, pontos fora dos limites de controle.

Quando dados históricos de produções passadas são utilizados é costume tratar os limites obtidos como limites de controle tentativos. Eles nos permitem determinar se o processo estava sob controle quando as amostras foram selecionadas. Se todos os pontos caem dentro dos limites de controle e não se observa qualquer comportamento sistemático destes pontos no gráfico, então pode-se concluir que o processo estava sob controle no passado e que os limites de controle tentativos são apropriados para controle atual ou futuro da produção.

Considerando a hipótese de um ou mais valores de \bar{x} ou S (ou MR) figurem fora dos limites de controle tentativos tem-se que tais limites não devem ser significativos para produções atuais e futuras uma vez que foram obtidos de um processo fora de controle. Logo, tais limites devem ser revistos. Isso é feito examinando cada um dos pontos fora de controle à procura de uma causa especial não aleatória. Se tal causa é identificada, o ponto é descartado e os limites de controle tentativos são recalculados, usando apenas os pontos restantes. Os pontos restantes são em seguida reexaminados. Prossegue-se com este processo até que todos os pontos estejam sob controle, quando os limites de controle tentativos são adotados como limites para uso atual.

Quando se utilizam dados históricos, nem sempre é possível que se identifique a presença de causas especiais para um ponto fora de controle, ou, de outra forma, é pouco provável que a procura de uma causa especial para cada um dos pontos fora de controle tenha sucesso. Neste caso, ou elimina-se o ponto tal como se uma causa especial estivesse presente, ou retém-se o ponto tomando os limites de controle tentativos como apropriados para uso atual. No entanto, se poucos são os pontos fora de controle, a adoção desta alternativa não resultará em distorções significativas do gráfico de controle. A relação entre os níveis de variabilidade do processo em relação às exigências de especificação é feita através da análise da capacidade.

As principais causas possíveis da falta de estabilidade são: envelhecimento ou obsolescência de equipamentos; manutenção precária; método não robusto; deformação ou distorção da peça; deslocamento dos padrões ambientais gradativo; erro na aplicação de uma constante; entre outras causas similares as de tendência.

- Linearidade

A linearidade pode ser definida como a variação da tendência no que diz respeito ao tamanho medido. Suas causas são as mesmas da estabilidade e a tendência.

2.3.2. Variação da Dispersão

As análises dos tipos de variação que seguem serão melhor abordadas no estudo por possuírem uma maior aplicabilidade no contexto que será apresentado.

- Precisão

A precisão descreve o efeito líquido da discriminação, da sensibilidade e da repetibilidade ao longo do intervalo de operação de um sistema de medição. É frequentemente usada para descrever a variação esperada em repetidas medições feitas ao longo do intervalo de medição, que pode ser caracterizada em tamanho ou em tempo.

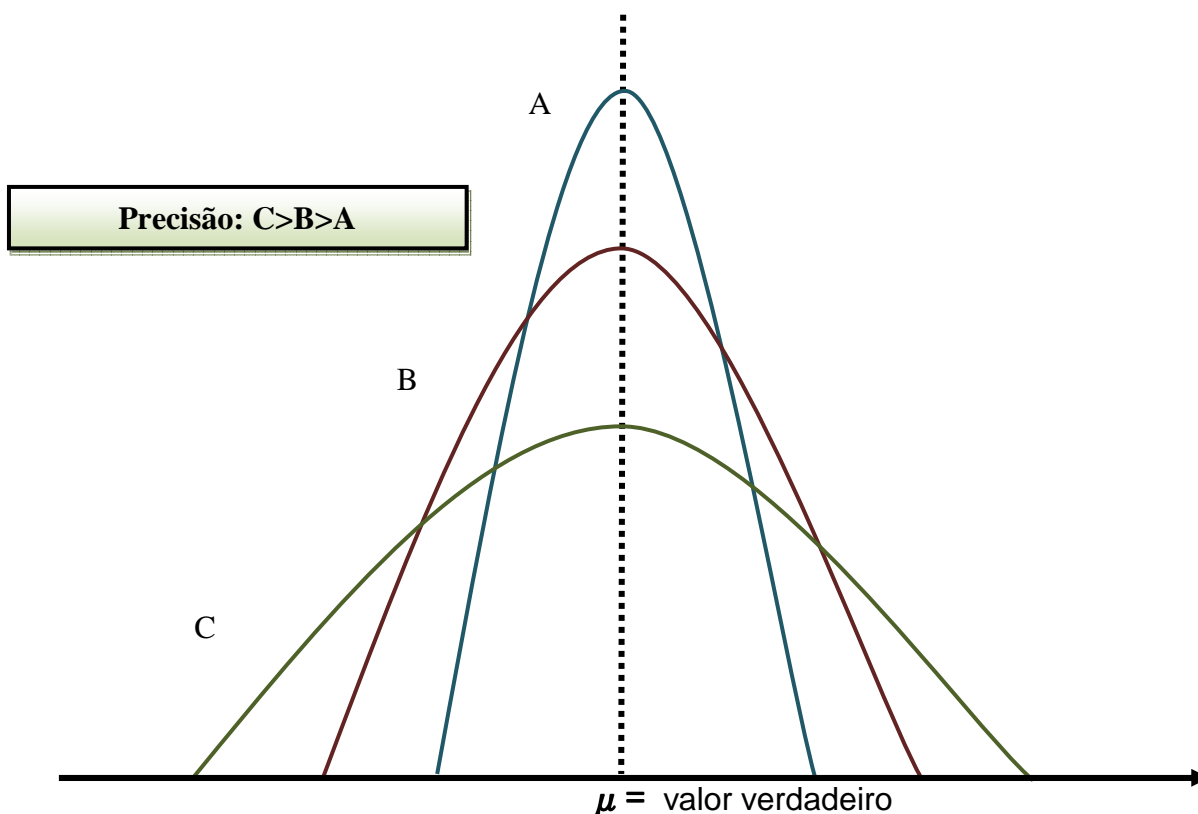


Figura 3 – Precisão
Fonte: adaptado de Werkema

- Repetibilidade

É a variação inerente ao equipamento. Trata-se de uma variação de causa comum (erro aleatório) decorrente de sucessivas medições feitas sob condições definidas. Suas condições de medição são fixas e definidas (peça, instrumento, padrão, método, operador, ambiente, entre outros). Por esta razão, a repetibilidade é também conhecida como a variação dentro do sistema.

As principais causas de uma repetibilidade incerta são: variação da amostra, variação do instrumento, variação do padrão, variação do método, variação do avaliador, variação do ambiente e falhas na aplicação (erros de observação, tamanho da peça, posição).

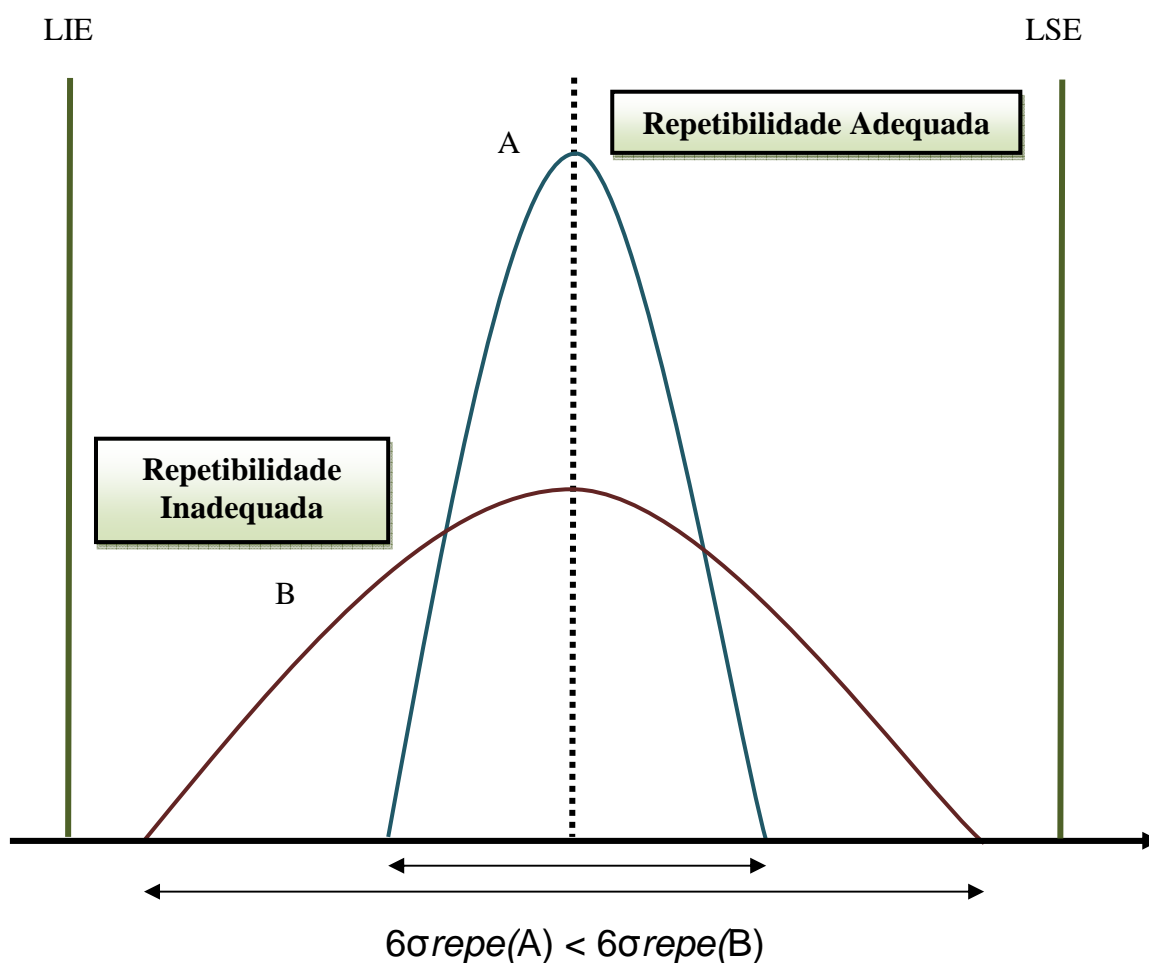


Figura 4 – Repetibilidade
Fonte: adaptado de Werkema

- Reprodutibilidade

Pode ser definida como a variação das médias das medições feitas por diferentes avaliadores, utilizando um mesmo instrumento, enquanto medindo uma mesma característica, sob as mesmas condições ambientais. Portanto, não é aplicável a sistemas automatizados. Por esta razão, a reprodutibilidade é também conhecida como a variação das médias entre sistemas ou entre condições de medição.

Porém ela não inclui apenas os diferentes avaliadores, mas também os diferentes dispositivos de medição, laboratórios e ambientes. As principais causas de erros de reprodutibilidade são similares as de repetibilidade, além de treinamentos insuficientes e projeto inadequado do instrumento (permitindo interpretações subjetivas).

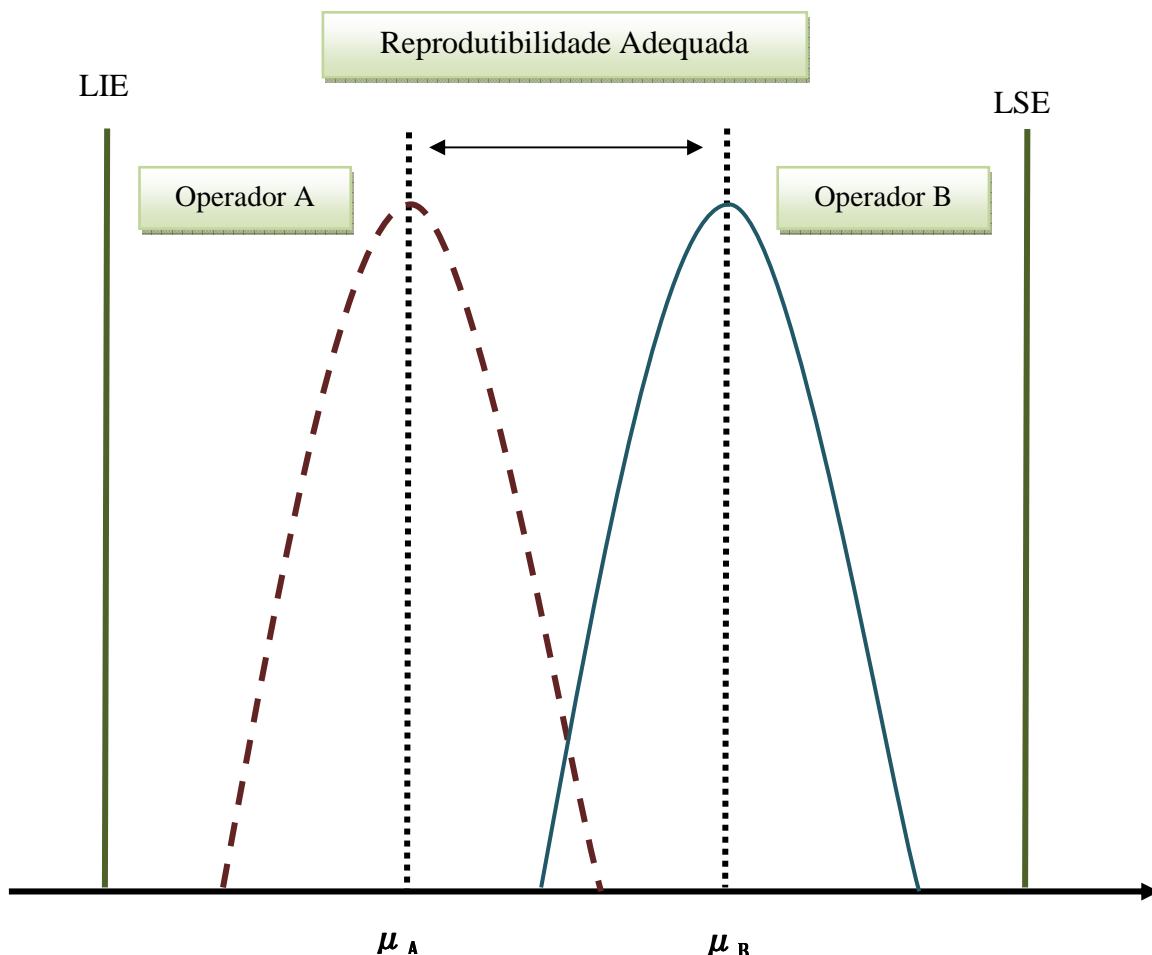


Figura 5 – Reprodutibilidade Adequada
Fonte: adaptado de Werkema

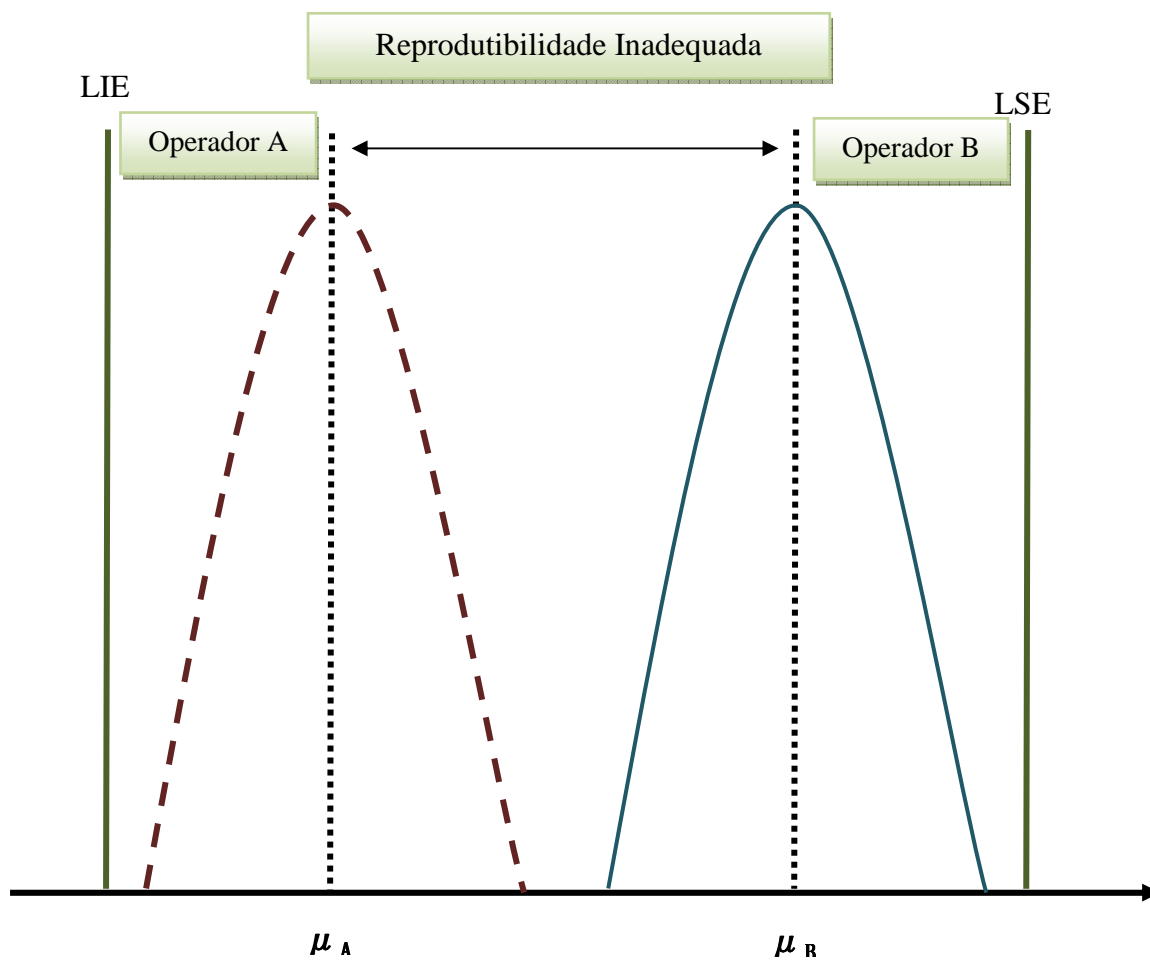


Figura 6 – Reprodutibilidade Inadequada
Fonte: adaptado de Werkema

- R&R do dispositivo de medição

Resumidamente, o R&R é a variância resultante da soma das variâncias dentro do sistema e entre sistemas.

$$\text{Variância}_{R\&R} = \text{Variância}_{\text{reprodutibilidade}} + \text{Variância}_{\text{repetibilidade}}$$

Seu conceito será amplamente empregado no decorrer do estudo, principalmente em relação aos seus métodos computacionais estatísticos.

2.3.3. Número de categorias distintas

Para Gage R&R, o número de categorias distintas mede a habilidade do sistema de medição resolver os dados em um número de categorias – consequentemente uma medida de resolução – o maior, o melhor. É calculada da seguinte forma:

$$\frac{\sigma_{\text{por peça}}}{\sigma_{\text{gage}}} \times 1,41$$

Para se afirmar que o sistema é capaz de distinguir as variações entre as peças, esse valor deve ser superior a 5.

2.4. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Para o caso de erros de localização, os erros de tendência e linearidade são inaceitáveis se forem significativamente diferentes de zero ou se excederem o erro máximo estabelecido pelo procedimento de calibração do dispositivo de medição.

Já quanto se trata de erros de dispersão, uma regra geral de aceitação é apresentada no Manual de MSA da QS-9000 (1997):

- Erro menor que 10% - sistema de medição aceitável.
- Erro entre 10% e 30% - o sistema pode ser aceito com base na importância de sua aplicação, no custo do aparato de medição e nos seus custos de reparo.
- Erro acima de 30% - sistema de medição inaceitável.

Além disso, o número de categorias distintas (critério de discriminação) deve ser maior ou igual a 5.

Na empresa estudada, critérios específicos serão utilizados e apresentados mais adiante.

2.5. DIRETRIZES PARA A DETERMINAÇÃO DA REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE

O estudo dos dispositivos de medição por variáveis se dará através de dois métodos: Método da Média e Amplitude e Método ANOVA.

2.5.1. MÉTODO DA MÉDIA E AMPLITUDE

Esse método fornece uma estimativa da repetibilidade e da reprodutibilidade, sem a interação de um sobre o outro.

A utilização de ferramentas gráficas é fundamental. A verificação das variações dos dados, decorrentes de causas especiais, deve preceder qualquer outra análise estatística.

A seguir serão apresentadas algumas ferramentas que auxiliam essa análise.

- Carta de Médias

As médias das leituras feitas por cada avaliador sobre cada amostra são plotadas em um gráfico cujo o eixo das abscissas é formado pela identificação das amostras e o eixo das coordenadas pela linha média, as médias de cada avaliador e os limites de controle. Esse gráfico esclarece a possibilidade de uso do sistema, porém não identifica a diferença entre os avaliadores de imediato.

- Carta de Amplitudes

As amplitudes das leituras feitas por cada avaliador sobre cada peça são plotadas. A partir da análise dessa projeção, pode-se verificar se todos os avaliadores estão trabalhando da mesma forma, dentro dos limites de controle.

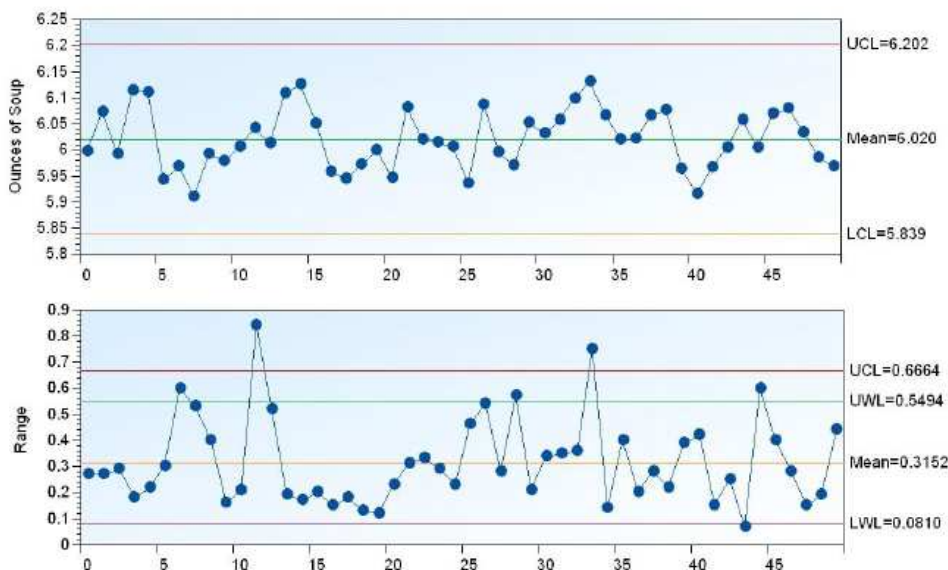


Figura 7 – Carta de Médias e Amplitudes
Fonte: Site Ritme Informatique

- Cartas de Seqüências (Run Chart)

Permite conhecer o efeito das peças individualmente na consistência da variação e se há leituras discrepantes. As leituras individuais são plotadas por peça, considerando todos os avaliadores.

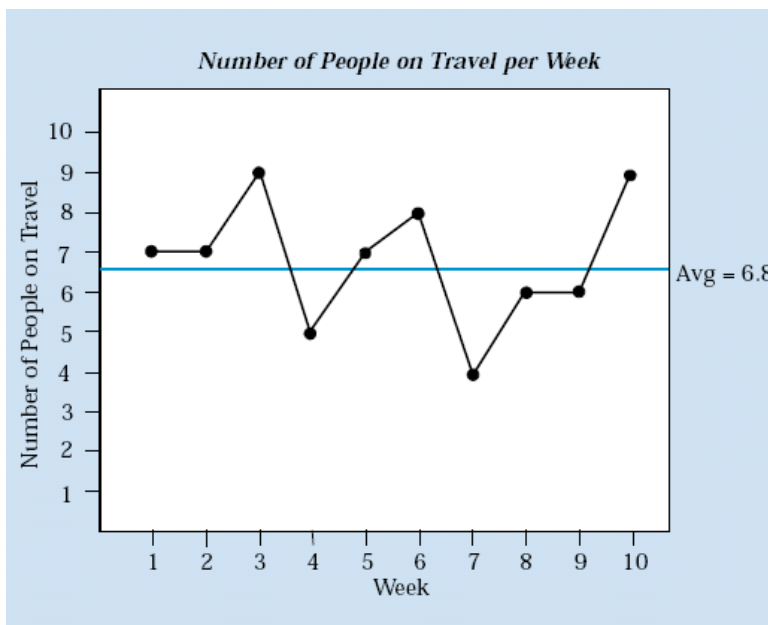


Figura 8 – Run Chart
Fonte: Site Army

- Gráfico de dispersão

As leituras individuais são plotadas por peça e pelos avaliadores. Visa melhor conhecer a consistência entre os avaliadores, a indicação de leituras discrepantes e as interações entre peças e avaliador.

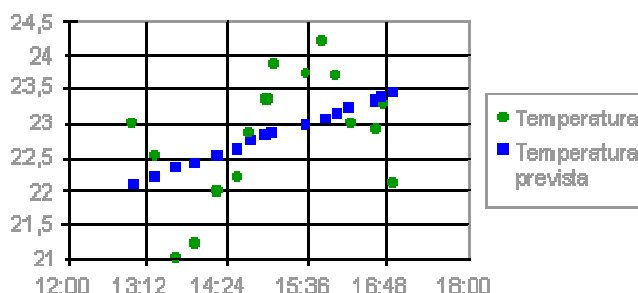


Figura 9 – Gráfico de Dispersão
Fonte: Microsoft Office

- Gráfico X-Y de Médias por Tamanho

As médias das leituras de cada operador sobre cada uma das peças contra o valor de referência ou as médias gerais de cada peça. Auxilia na determinação da linearidade (caso seja usado um valor de referência) e da consistência da linearidade entre os operadores.

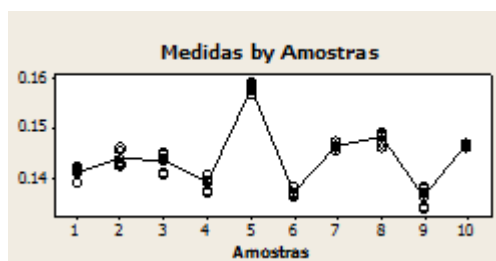


Figura 10 – Gráfico X-Y de Médias de Tamanho
Fonte: Minitab 15

- Gráfico X-Y de Comparação

As médias das leituras de cada avaliador sobre cada uma das peças. Esses gráficos comparam os valores de um avaliador com os valores obtidos pelos outros avaliadores. Caso os dados estejam em concordância, a distribuição dos seus pontos estará situada sobre uma linha reta que passa pela origem e forma uma inclinação de 45° com os eixos.

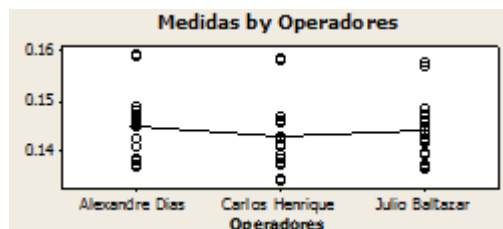


Figura 11 – Gráfico X-Y de Comparação
Fonte: Minitab 15

2.5.2. MÉTODO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

A ANOVA foi desenvolvida pelo estatístico inglês, R.A. Fisher (1890-1962). Inicialmente utilizada com dados de agricultura, essa metodologia tem sido aplicada em várias outras áreas para análise de dados. Apesar de seu uso difundido, alguns usuários falham em reconhecer a necessidade de verificar a validade de várias suposições fundamentais antes de aplicar a ANOVA em seus dados.

De acordo com Hogg e Ledolter (1987 apud Minitab 2006), as suposições da ANOVA são:

- (1) Os valores para cada nível seguem uma distribuição Normal;
- (2) As variâncias são as mesmas para cada nível (Homogeneidade de Variância).

Sabe-se que a ANOVA funciona muito bem mesmo se a suposição de Normalidade for violada, a menos que uma ou mais distribuições sejam altamente assimétricas ou se as variâncias forem muito diferentes. Transformações do conjunto de dados original podem corrigir estas violações.

A análise de variância pode ser decomposta em quatro categorias: peças, avaliadores, interação entre peças e avaliadores e o erro de replicação devido a dispositivo.

São capazes de tratar qualquer estrutura de um experimento, podem estimar melhor as variâncias e extraem mais informações dos dados experimentais.

Seus gráficos de maior interesse são os de interação e resíduos. O gráfico de interação demonstra se uma interação é significativa ou não enquanto o gráfico de resíduos avalia os pressupostos de independência, normalidade e homocedasticidade. Se os

resíduos não estiverem aleatoriamente distribuídos acima e abaixo de zero, as premissas podem estar incorretas.

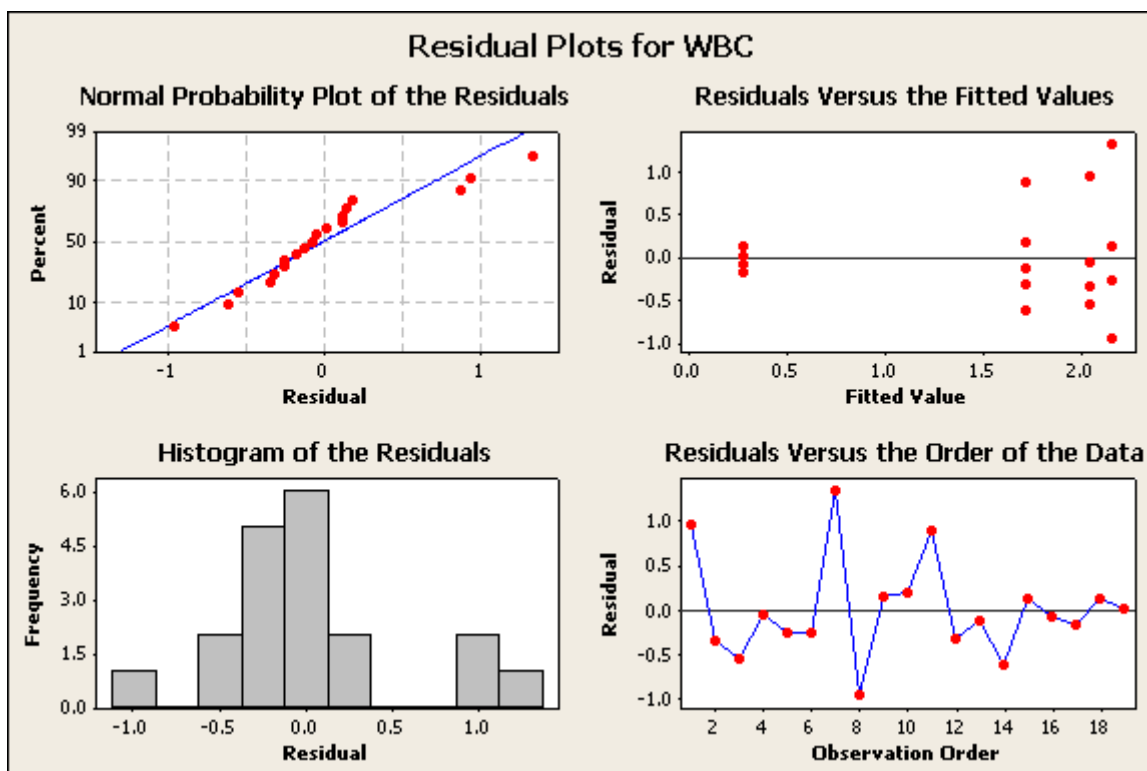


Figura 12 – Gráfico de Resíduos
Fonte: Minitab 15

CAPÍTULO III

DESCRIÇÃO

3.1. BECTON DICKINSON

A Becton Dickinson é uma empresa líder mundial em tecnologia médica, dentre estes dispositivos médicos, equipamentos e reagentes.

Sua atuação é voltada para o desenvolvimento de terapias medicamentosas de qualidade e o aumento da velocidade do diagnóstico de doenças infecciosas, além da promoção da pesquisa e descoberta de novos medicamentos e vacinas.

Seus produtos são importantes no combate de muitas doenças de impacto no mundo. Fundada em 1897 e sediada em Nova Jersey, nos Estados Unidos, emprega cerca de 27000 funcionários em aproximadamente 50 países. Atende a instituições de saúde, pesquisa, laboratórios de análises clínicas, indústrias e ao público em geral.

Seu ramo de negócios é dividido em três segmentos: BD Medical, BD Diagnostics e BD Biosciences.

A BD Medical esta situada entre os maiores fornecedores de dispositivos médicos do mundo. O segmento é líder inovador no desenvolvimento de produtos de injeção e administração à base de infusão. Seus produtos e serviços compreendem:

- agulhas, seringas e cateteres intravenosos;
- seringas e agulhas para injeção de insulina e outros medicamentos usados no tratamento da diabetes;
- agulhas e lâminas de anestesia local;
- instrumentos cirúrgicos oftalmológicos, entre outros.

A BD Diagnostics é o principal fornecedor de produtos para coleta e transporte de amostras e instrumentos de diagnóstico rápido. É composta por duas unidades operacionais: sistemas de pré-análise e sistemas de diagnóstico.

Constituem seus produtos e serviços: integração dos sistemas de coleta, uma ampla linha de segurança para coleta de sangue, sistemas de coletas moleculares para doenças sexualmente transmissíveis, sistema de identificação de microorganismos e susceptibilidade a drogas, sistema de rastreamento do cancro cervical e testes de diagnóstico rápido.

Por fim, a BD Biosciences está relacionada com a elaboração de ferramentas de trabalho para cientistas e pesquisadores clínicos envolvidos em pesquisas, descoberta de vacinas e medicamentos, produção biofarmacêutica, ensaios clínicos, testes de diagnóstico e gestão de doenças.

3.2. BD NO BRASIL

Assim como ocorrido nos Estados Unidos em 1906, a BD no Brasil foi pioneira na produção de seringas e agulhas há mais de 50 anos, com a instalação de sua primeira fábrica em Juiz de Fora.

Atualmente a empresa conta no país com duas unidades fabris (uma situada em Juiz de Fora e outra em Curitiba), um escritório central e um centro de distribuição também em Curitiba.

Sua unidade de Juiz de Fora é segmentada em quatro fábricas: Cânulas, Descartáveis, Seringas Reusáveis e Produtos Técnicos. Em sua fábrica de Descartáveis são produzidos dispositivos de anestesia regional, produtos para o tratamento de diabetes, dispositivos de infusão, dispositivos de injeção e produtos de segurança.

3.3. CATETER BD ANGIOCATH

Trata-se de um cateter periférico, confeccionado em polímero FEP, radiopaco, com conector Luer-Lok, indicado na Terapia Intravenosa Periférica de curta duração.

É constituído por uma agulha siliconizada de bisel bi-angulado e tri facetado, um cateter em polímero FEP flexível, um protetor para o conjunto, um conector Luer-Lok codificado por cores (de acordo com o calibre da agulha), uma câmara de refluxo e uma tampa para a câmara.

Seu uso é descartável e apresenta-se nos calibres 14G, 16G, 18G, 20G, 22G e 24G, em caixas com 50 unidades embaladas unitariamente em blister e esterilizadas.

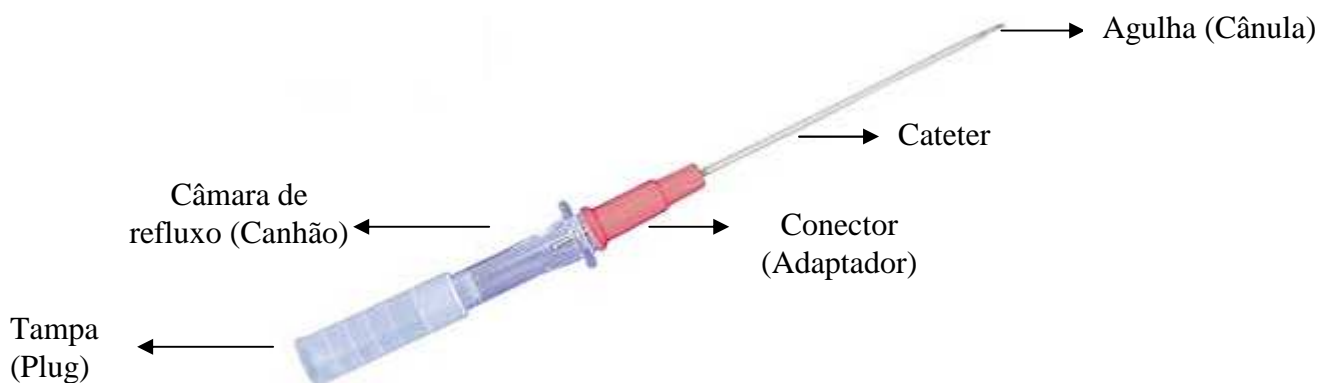


Figura 13 – BD Angiocath
Fonte: Site Becton Dickinson

3.4. A LINHA DE PRODUÇÃO DO BD ANGIOCATH

Inicialmente, os componentes poliméricos são moldados por injeção plástica na primeira célula de produção (Moldagem). São eles: adaptador colorido de acordo com o calibre da cânula, canhão (câmara de refluxo), plug (tampa da câmara) e o protetor do conjunto.

Após moldados, esses componentes são inspecionados e seguem para a linha de montagem. Nessa fase, dois sub-componentes são confeccionados: o cateter e o canhão com a cânula.

O cateter é composto pelo adaptador, um tubo teflon importado e o metal wedge (responsável pela fixação do tubo no adaptador), também importado. Nas máquinas SAM, o tubo é fixado no metal. Em seguida, o adaptador é agrupado ao conjunto. Um sistema de sensores visuais detecta nessa fase se o comprimento do flare (distância entre o final do tubo e o metal) está dentro da especificação.

A qualidade desse sub-componente é então inspecionada, mediante um procedimento operacional, através de três testes: teste de medida do flare, teste de profundidade do metal wedge e teste de tração cateter-adaptador.

3.4.1. TESTE DE MEDIDA DO FLARE

Nesse teste, a distância entre o tubo teflon e a ponta do metal é medida através de um microscópio. Cada amostra é posicionada no equipamento e o cursor do microscópio fixado aonde o tubo termina no metal. O microscópio é então zerado e o cursor deslocado até o final do metal. Caso a distância esteja acima do limite especificado, o material é reprovado por representar riscos na sua infusão, já que o tubo poderia se soltar facilmente.

3.4.2. TESTE DE PROFUNDIDADE DO METAL WEDGE

Com o auxílio de um relógio-comparador, o conjunto já com o adaptador é posicionado verticalmente no aparelho. O pino do equipamento pende por dentro do adaptador. O comprimento dessa penetração é a profundidade do metal wedge, já que o pino só pára quando chega ao metal. Essa medida deve ser menor do que o valor máximo especificado. Isso porque, caso o metal tenha sido cravado muito próximo a ponta do adaptador, ele e o tubo poderiam se soltar com facilidade.

3.4.3. TESTE DE TRAÇÃO CATETER ADAPTADOR

Esse último teste é realizado em um dinamômetro. O conjunto é posicionado no aparelho e puxado horizontalmente com um alicate. A tração demonstrada no leitor do dinamômetro deve ser maior que a tração mínima definida para cada calibre na especificação. Esse teste avalia a fixação do conjunto bem como a elasticidade do tubo.

Esses três testes serão o objeto do MSA. Apesar da existência de sensores na máquina, não é possível afirmar com certeza que suas leituras estão sempre de acordo com as especificações do produto. Os testes são realizados com uma periodicidade que pode variar de 1 a 2 horas (de acordo com o teste) pelos operadores das máquinas e também pelo controle de qualidade.

Caso o material seja aprovado, o tubo dos cateteres é apontado nas máquinas Tipping.

Ao mesmo tempo em que o cateter é o montado, o conjunto da cânula e canhão também é confeccionado nas máquinas SAM. Posteriormente, esses dois conjuntos são agrupados, de modo que a cânula se encaixe no tubo. O protetor é então encaixado, formando o produto.

Os demais testes realizados nos componentes não serão retratados aqui por não fazerem parte do escopo do trabalho.

3.5. O ESTUDO

O estudo terá como finalidade verificar se o sistema de medição dos testes realizados no cateter do BD Angiocath está avaliando com fidelidade a característica crítica de qualidade em questão (fixação do tubo no adaptador).

Como primeiro passo, serão levantados todos os equipamentos de medição utilizados e as pessoas que executam os testes (inclusive aquelas que desempenham a função esporadicamente). Os equipamentos deverão então ser calibrados e as pessoas devidamente treinadas.

Como o teste de medida do flare se trata de um teste não-destrutivo, de acordo com o procedimento para MSA padrão da empresa, 10 amostras cujos valores serão propositalmente distintos serão confeccionadas e identificadas de 1 a 10. Essas amostras serão medidas 2 vezes por cada operador, aleatoriamente. Esse procedimento também será seguido para o caso do teste de profundidade do metal wedge. Os dados serão analisados em um Gage R&R Study Crossed, no Minitab, e o critério de aceitação será de no máximo 20% de variação do estudo (de acordo com o procedimento definido pela empresa).

Já no caso do teste de tração, como se trata de um teste destrutivo, 3 grupos de amostras cujas médias fossem distintas e estivessem dentro da especificação deveriam ser confeccionados de forma que fosse avaliado se o sistema era capaz de distinguir as diferenças. Porém, devido à impossibilidade da fabricação desses três grupos distintos, optou-se pela elaboração de apenas dois grupos, um dentro e outro fora da especificação (30 peças ruins e 30 peças boas para cada avaliado). A análise dos dados será feita através da Análise de Variância (ANOVA) e o critério de aceitação será um P_value superior a 0,05.

CAPÍTULO IV

DESENVOLVIMENTO

4.1. TESTE DE MEDIDA DO FLARE

Para a realização deste MSA foi considerado o cateter 22G, por se tratar do calibre mais produzido. O equipamento utilizado foi calibrado antes do início dos testes.

Todas as pessoas que participaram deste estudo (9 operadores das máquinas A-SAM de três turnos) foram treinadas anteriormente, inclusive aquelas que desempenham a função esporadicamente.

A característica crítica para a qualidade (CTQ) analisada no teste é o comprimento do flare. O teste de medida do Flare é classificado como crítico, não destrutivo e seu tipo de dado é variável, ou seja, não é por atributo.

4.1.1. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O Critério de aceitação para este MSA foi determinado pela empresa segundo a criticidade da operação e dos itens que serão testados. Este valor considerou a precisão e a adequação do instrumento que será utilizado e foi definido na tabela abaixo de acordo com a classificação do nível de defeito:

Critério de Aceitação - MSA	
% da Variação Total <= 20% “Total Gage R&R”	Número de Categorias Distintas >= 4 “Number of Distinct Categories”

Figura 14 – Critério de Aceitação – Teste de Medida do Flare
Fonte: do autor

4.1.3. EQUIPAMENTOS

- 2 Microscópios com cabeçote micrométrico 50/0,001mm (Modelo TM-500)

Antes do início dos testes, os equipamentos foram avaliados pelo laboratório de calibração com a finalidade de garantir que ambos os microscópios reproduzem os mesmos valores de medição. Dessa maneira, devido à indisponibilidade de tempo, as avaliações foram feitas apenas em um equipamento.

4.1.3. EXECUÇÃO

Para a realização dos testes foram confeccionadas 10 amostras com os comprimentos do flare propositalmente diversos. Cada peça possuía uma identificação numérica, de 1 a 10. Foi solicitado que os participantes medissem a mesma peça duas vezes em ordem aleatória. Os dados foram registrados em uma folha de verificação pelo próprio avaliado, com o intuito de minimizar distorções nos valores anotados.

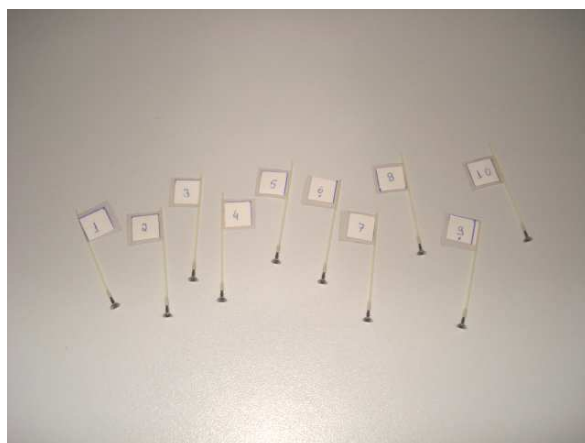


Figura 15 – Amostras – Teste de Medida do Flare
Fonte: do autor

De acordo com o procedimento do teste e as observações realizadas, foi definido que o ponto de referência da medida seria no metal, onde o cruzamento das retas da lente estivesse no meio e no limite do mesmo. Nessa posição, o leitor seria zerado e a peça deslocada horizontalmente (através da manivela) até o ponto do teflon mais a esquerda (mais próximo da extremidade do metal). Essa observação em relação ao teflon se dá devido as imperfeições do corte, que poderiam causar variações significativas se nenhum critério fosse adotado.

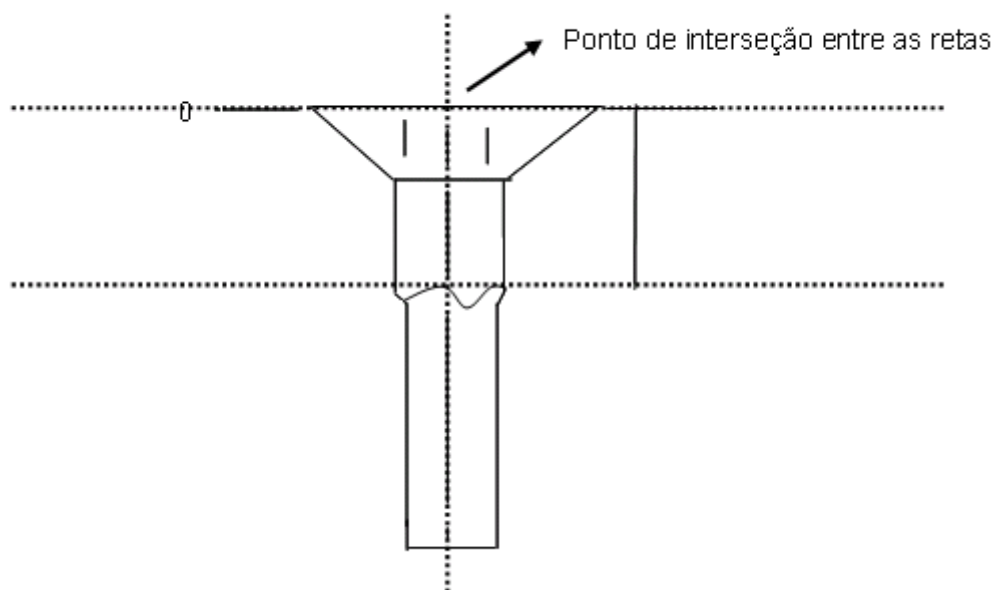


Figura 16 – Posição da medição – Teste de Medida do Flare
Fonte: do autor

Por fim, os dados coletados foram analisados em um estudo de GAGE R%R Cruzado visto que todas as unidades do produto são medidas por todos os avaliadores. Estas análises foram realizadas no software Minitab 15.

4.1.4. RESULTADOS

- 1º turno

1º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.001758	0.000195	38.9	0.000
Nomes	2	0.205587	0.102794	20472.1	0.000
Amostras * Nomes	18	0.000090	0.000005	9.2	0.000
Repeatability	30	0.000016	0.000001		
Total	59	0.207452			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0051422	99.39
Repeatability	0.0000005	0.01
Reproducibility	0.0051417	99.38
Nomes	0.0051394	99.33
Nomes*Amostras	0.0000022	0.04
Part-To-Part	0.0000317	0.61
Total Variation	0.0051739	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0717093	0.430256	99.69
Repeatability	0.0007368	0.004421	1.02
Reproducibility	0.0717055	0.430233	99.69
Nomes	0.0716899	0.430139	99.67
Nomes*Amostras	0.0014964	0.008978	2.08
Part-To-Part	0.0056324	0.033794	7.83
Total Variation	0.0719301	0.431581	100.00

Number of Distinct Categories = **1**

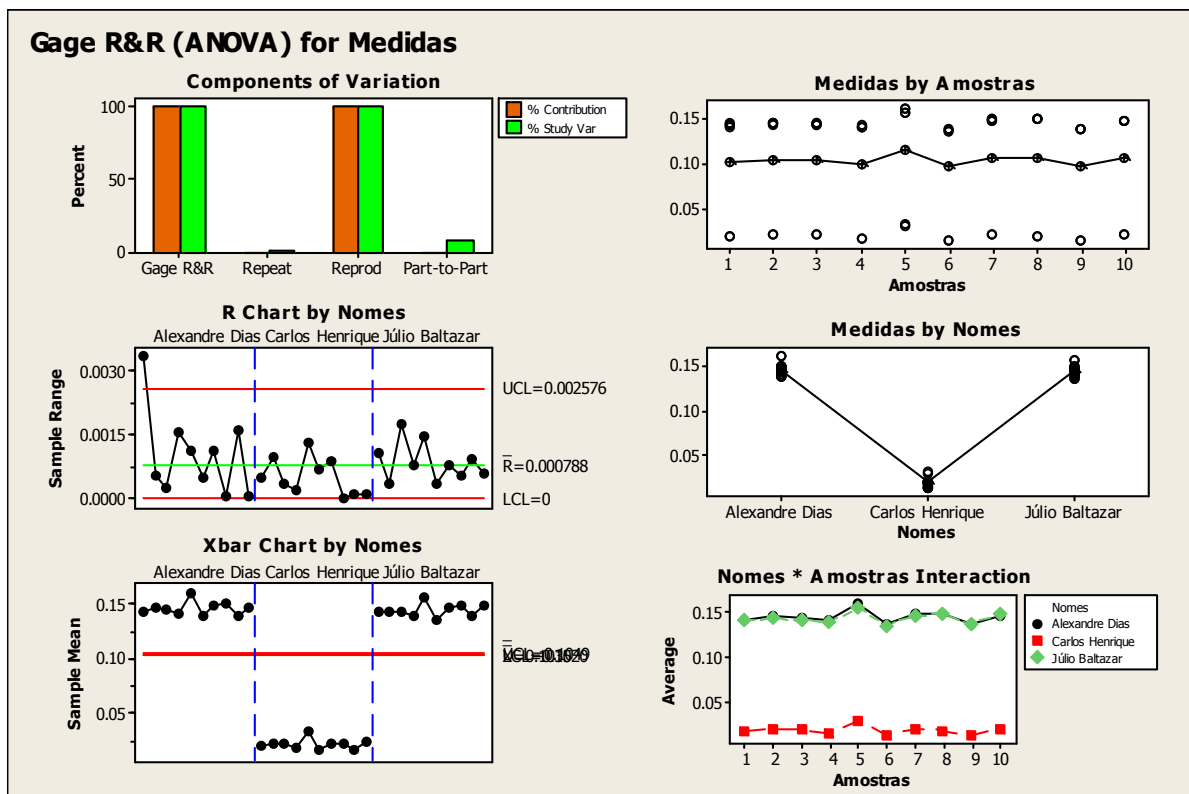


Figura 17 – 1º teste/1ºturno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

A disparidade das medições do segundo operador em relação aos demais se deve ao fato de que o mesmo normalmente realiza o teste apenas nos calibres menores, onde o

ponto de referência no metal é diferente. Após identificada a falha, o operador foi orientado a realizar o procedimento da forma correta.

O primeiro gráfico a esquerda nos permite verificar que a variabilidade referente a reprodutibilidade é maior do que a variabilidade das peças. No segundo, logo abaixo, verifica-se que a amplitude das medições da mesma peça feitas pelo mesmo operador também compromete o resultado relacionado à repetibilidade. A discrepância existente entre as medições do segundo operador em relação ao demais foi identificada através do terceiro gráfico, que distribui a média dos valores obtidos por cada peça para cada operador. O primeiro e segundo gráficos a direita ilustram a variabilidade entre as amostras e a variabilidade entre os avaliadores, respectivamente. Por fim, o último gráfico compara a médias dos valores obtidos por cada operador para cada peça.

2º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0022051	0.0002450	67.4788	0.000
Nomes	2	0.0000808	0.0000404	11.1264	0.001
Amostras * Nomes	18	0.0000654	0.0000036	7.0351	0.000
Repeatability	30	0.0000155	0.0000005		
Total	59	0.0023668			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000039	8.86
Repeatability	0.0000005	1.17
Reproducibility	0.0000034	7.69
Nomes	0.0000018	4.16
Nomes*Amostras	0.0000016	3.53
Part-To-Part	0.0000402	91.14
Total Variation	0.0000441	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0019779	0.0118673	29.77
Repeatability	0.0007184	0.0043105	10.81
Reproducibility	0.0018428	0.0110567	27.74
Nomes	0.0013559	0.0081354	20.41
Nomes*Amostras	0.0012480	0.0074878	18.78
Part-To-Part	0.0063428	0.0380566	95.47
Total Variation	0.0066440	0.0398640	100.00

Number of Distinct Categories = **4**

Como é possível observar, a variação total das medições foi superior ao critério de aceitação. Como medida corretiva, foi solicitado que o operador que apresentou uma menor variabilidade nas suas medições treinasse os demais novamente antes da realização de uma nova bateria de testes.

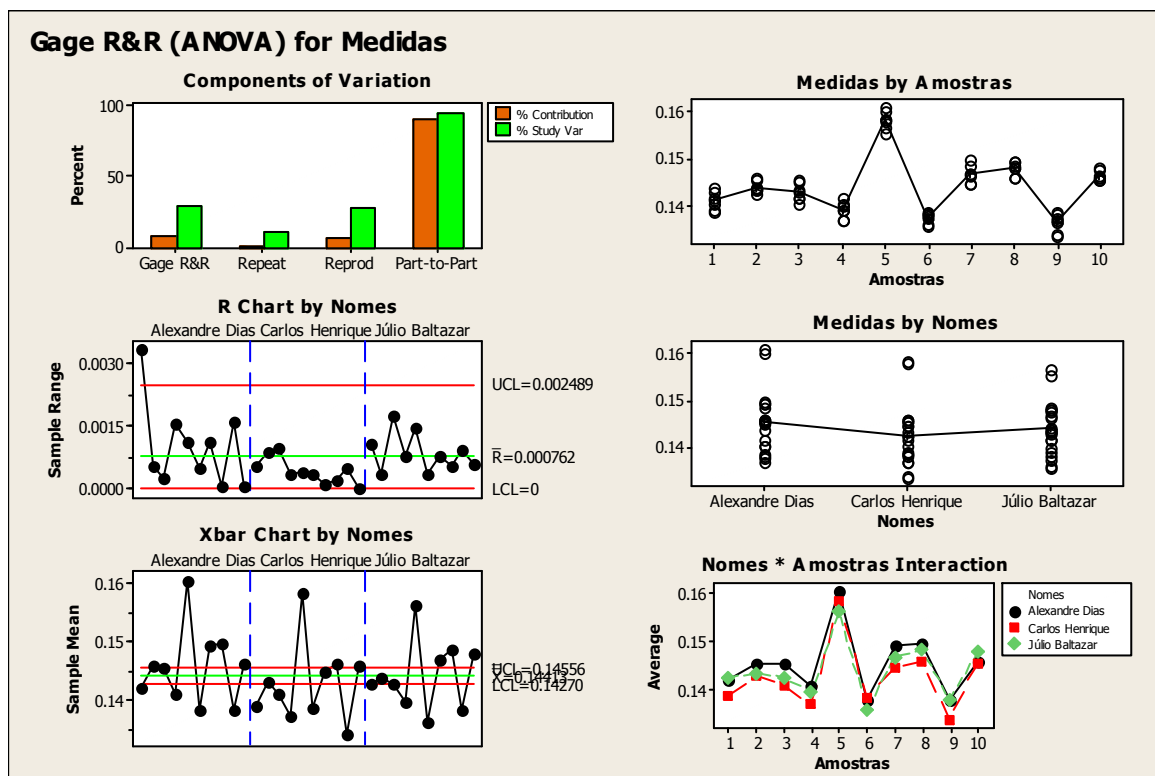


Figura 18 – 2º teste/1º turno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

3º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0021437	0.0002382	95.4381	0.000
Operadores	2	0.0000441	0.0000221	8.8435	0.002
Amostras * Operadores	18	0.0000449	0.0000025	19.0758	0.000
Repeatability	30	0.0000039	0.0000001		
Total	59	0.0022367			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000023	5.51
Repeatability	0.0000001	0.31
Reproducibility	0.0000022	5.20
Operadores	0.0000010	2.35
Operadores*Amostras	0.0000012	2.84
Part-To-Part	0.0000393	94.49
Total Variation	0.0000416	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0015140	0.0090837	23.48
Repeatability	0.0003617	0.0021703	5.61
Reproducibility	0.0014701	0.0088207	22.80
Operadores	0.0009893	0.0059360	15.34
Operadores*Amostras	0.0010874	0.0065245	16.86
Part-To-Part	0.0062676	0.0376054	97.20
Total Variation	0.0064478	0.0386869	100.00

Number of Distinct Categories = 5

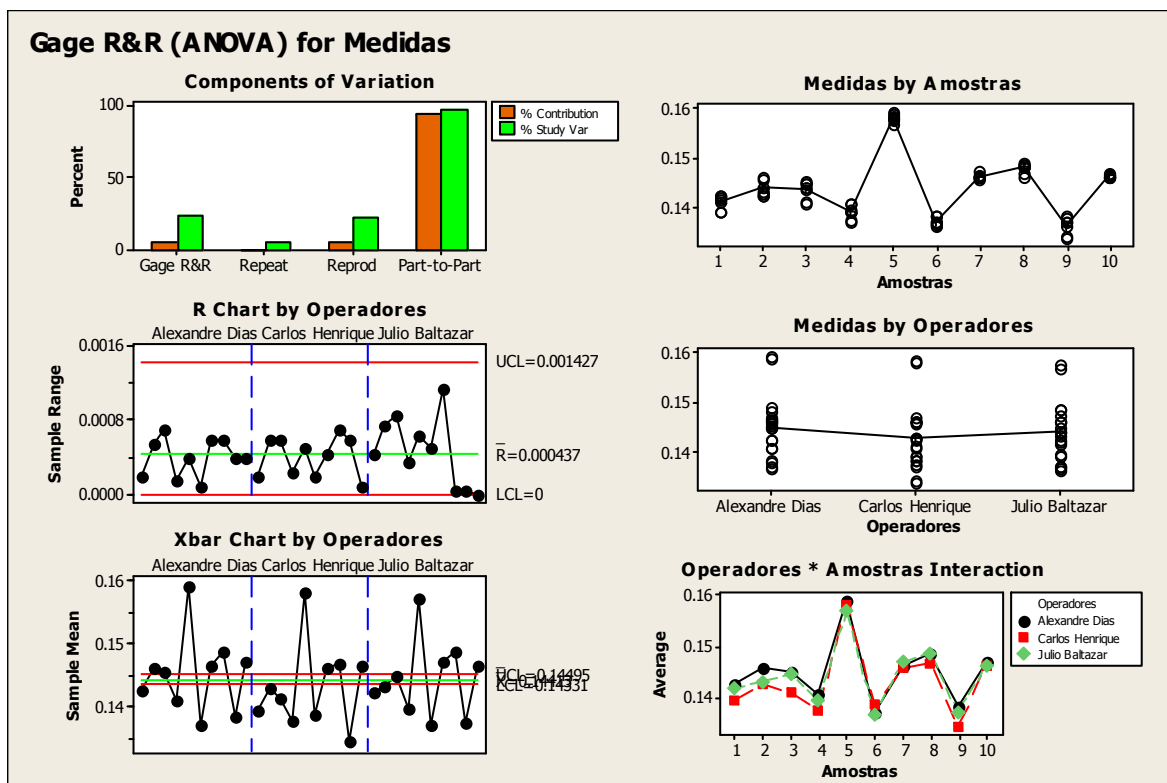


Figura 19 – 3º teste/1º turno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

Durante essa bateria de testes, foi verificado que o ajuste do foco poderia influenciar nas medições de um operador em relação aos demais. Por conta disso, foi solicitado que antes da realização do teste, todos os avaliados ajustassem o foco do microscópio da melhor maneira para seu campo de visão.

4º teste**Gage R&R Study - ANOVA Method****Two-Way ANOVA Table With Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0026411	0.0002935	109.154	0.000
Operadores	3	0.0000557	0.0000186	6.909	0.001
Amostras * Operadores	27	0.0000726	0.0000027	5.238	0.000
Repeatability	40	0.0000205	0.0000005		
Total	79	0.0027900			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000024	6.18
Repeatability	0.0000005	1.32
Reproducibility	0.0000019	4.86
Operadores	0.0000008	2.05
Operadores*Amostras	0.0000011	2.81
Part-To-Part	0.0000363	93.82
Total Variation	0.0000387	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0015476	0.0092858	24.86
Repeatability	0.0007164	0.0042986	11.51
Reproducibility	0.0013718	0.0082309	22.04
Operadores	0.0008912	0.0053474	14.32
Operadores*Amostras	0.0010429	0.0062573	16.76
Part-To-Part	0.0060288	0.0361728	96.86
Total Variation	0.0062243	0.0373456	100.00

Number of Distinct Categories = **5**

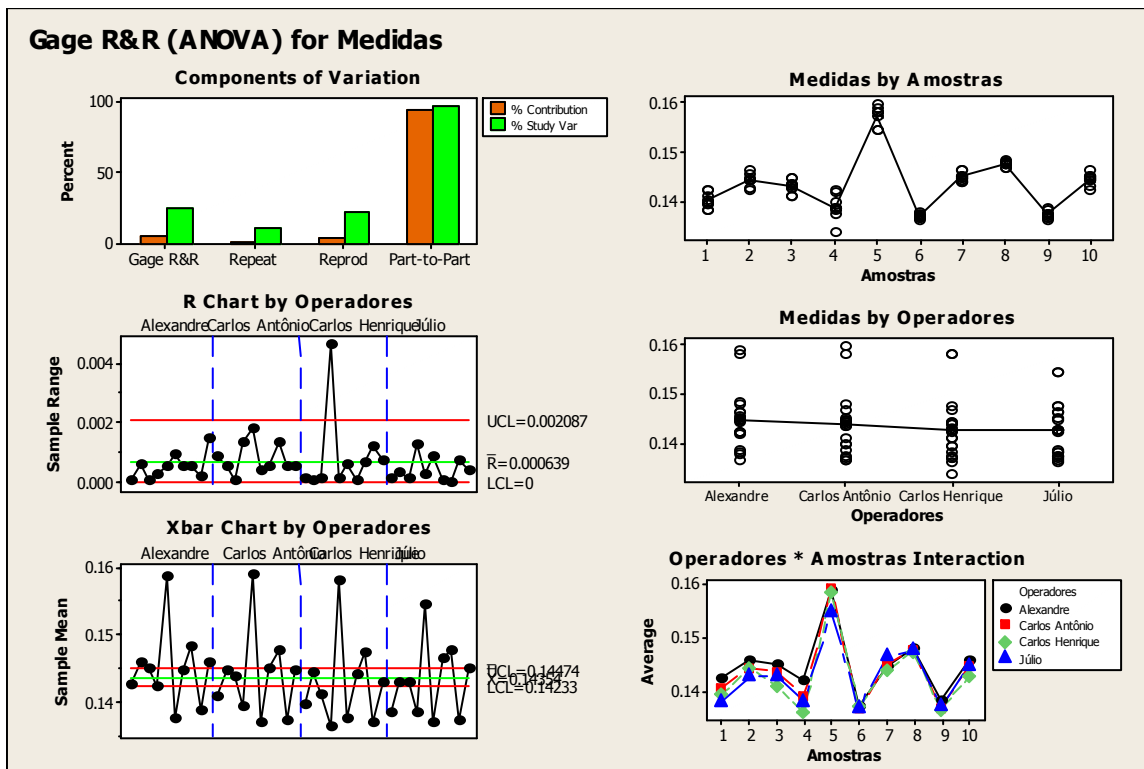


Figura 20 – 4º teste/1º turno – Teste de Medida do Flare
 Fonte: Minitab 15

A adição de uma nova operação (ajuste do foco), fez com que a variação total das medições fosse superior a do teste anterior. Os operadores foram comunicados e novamente treinados nessa operação. Além disso, verificou-se que o posicionamento da peça no equipamento também causava variação entre as medições. Por conta disso, uma posição padrão para todos foi definida.

5º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0031894	0.0003544	185.355	0.000
Operadores	4	0.0000149	0.0000037	1.955	0.122
Amostras * Operadores	36	0.0000688	0.0000019	7.058	0.000
Repeatability	50	0.0000135	0.0000003		
Total	99	0.0032868			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000012	3.25
Repeatability	0.0000003	0.74
Reproducibility	0.0000009	2.50
Operadores	0.0000001	0.25
Operadores*Amostras	0.0000008	2.25
Part-To-Part	0.0000352	96.75
Total Variation	0.0000364	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0010875	0.0065250	18.02
Repeatability	0.0005205	0.0031229	8.62
Reproducibility	0.0009549	0.0057292	15.82
Operadores	0.0003021	0.0018125	5.00
Operadores*Amostras	0.0009058	0.0054349	15.01
Part-To-Part	0.0059369	0.0356215	98.36
Total Variation	0.0060357	0.0362142	100.00

Number of Distinct Categories = 7

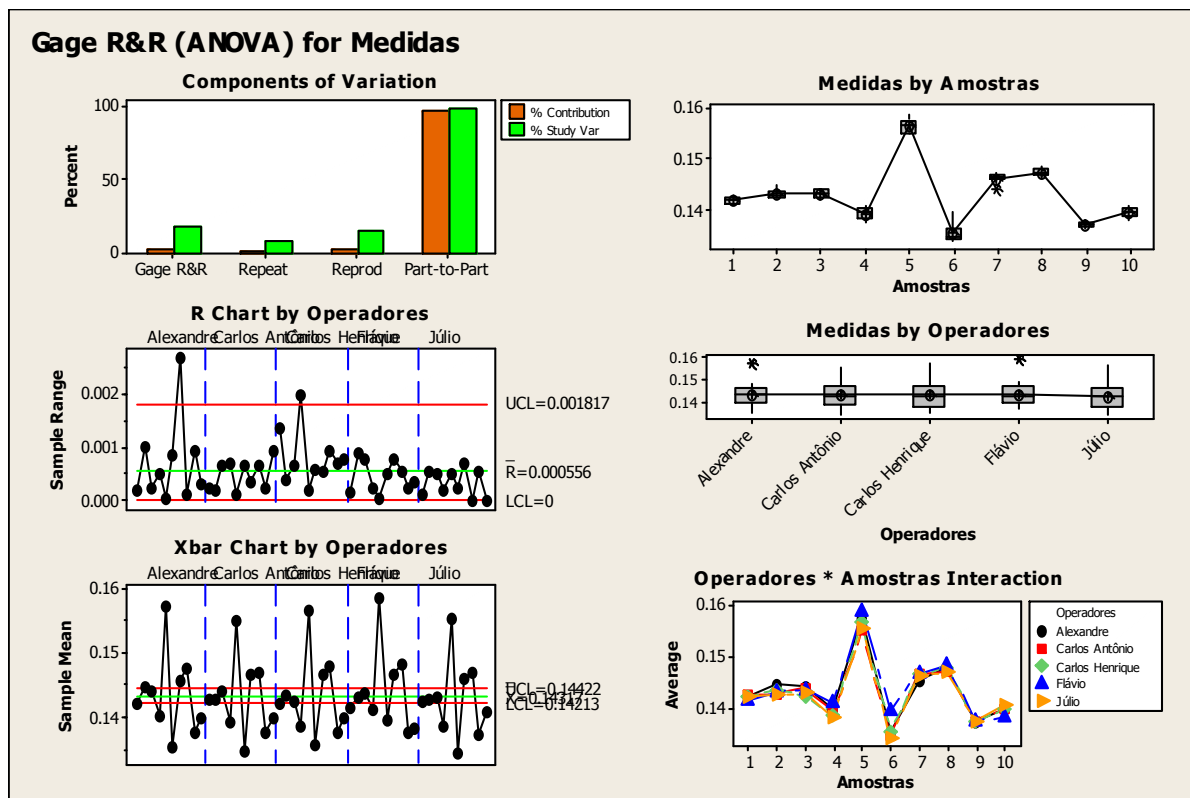


Figura 21 – 5º teste/1º turno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

Nessa fase, as medições do único operador do 3º turno foram coletadas e agrupadas na análise para fins de comparação.

- 2º turno

1º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0027710	0.0003079	88.2207	0.000
Nomes	3	0.0000856	0.0000285	8.1757	0.000
Amostras * Nomes	27	0.0000942	0.0000035	1.4584	0.137
Repeatability	40	0.0000957	0.0000024		
Total	79	0.0030466			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000042	9.93
Repeatability	0.0000024	5.66
Reproducibility	0.0000018	4.26
Nomes	0.0000013	2.96
Nomes*Amostras	0.0000005	1.30
Part-To-Part	0.0000381	90.07
Total Variation	0.0000422	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0020478	0.0122871	31.51
Repeatability	0.0015469	0.0092817	23.80
Reproducibility	0.0013419	0.0080513	20.65
Nomes	0.0011190	0.0067140	17.22
Nomes*Amostras	0.0007406	0.0044436	11.39
Part-To-Part	0.0061685	0.0370108	94.91
Total Variation	0.0064995	0.0389971	100.00

Number of Distinct Categories = **4**

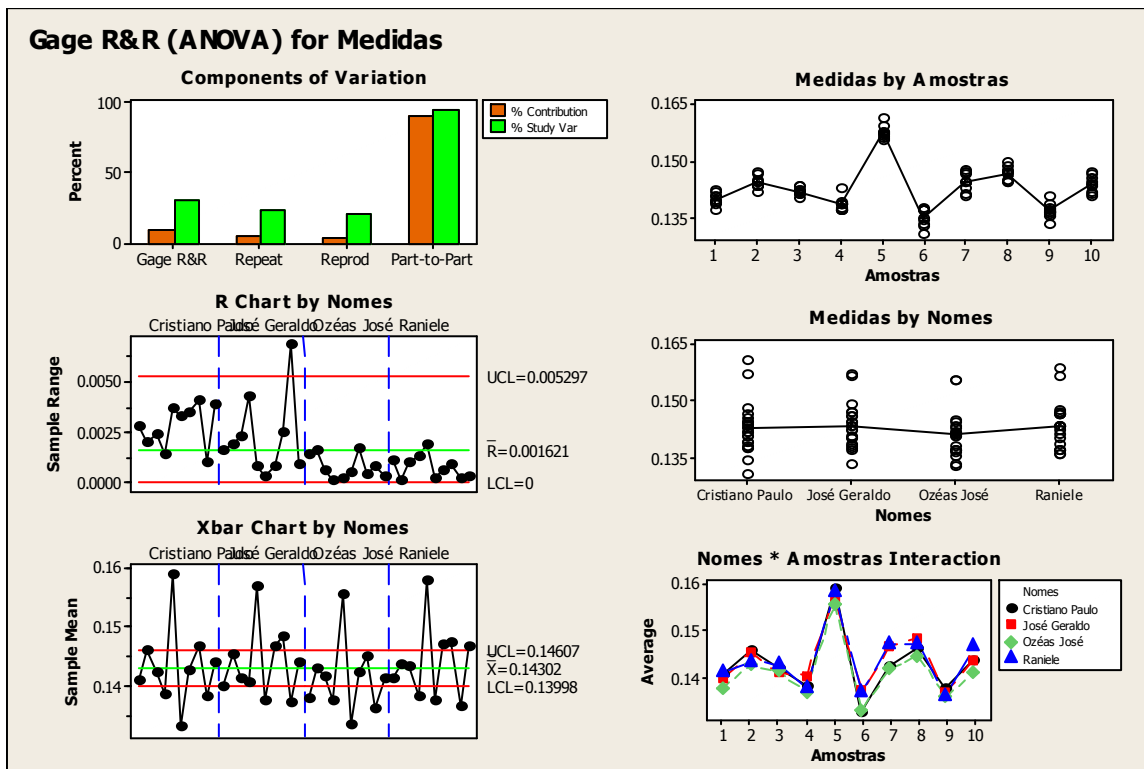


Figura 22 – 1º teste/2º turno – Teste de Medida do Flare
 Fonte: Minitab 15

Ao analisar os gráficos, verifica-se que o segundo operador apresentou uma alta variação entre as medições da mesma peça. Além disso, as medidas dos primeiro operador divergem das dos demais. Ambos foram comunicados antes da realização de uma nova bateria de testes.

2º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0030804	0.0003423	106.579	0.000
Nomes	3	0.0000246	0.0000082	2.552	0.076
Amostras * Nomes	27	0.0000867	0.0000032	1.275	0.238
Repeatability	40	0.0001008	0.0000025		
Total	79	0.0032924			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000031	6.85
Repeatability	0.0000025	5.54
Reproducibility	0.0000006	1.31
Nomes	0.0000002	0.55
Nomes*Amostras	0.0000003	0.76
Part-To-Part	0.0000424	93.15
Total Variation	0.0000455	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0017648	0.0105886	26.16
Repeatability	0.0015871	0.0095228	23.53
Reproducibility	0.0007716	0.0046297	11.44
Nomes	0.0004992	0.0029952	7.40
Nomes*Amostras	0.0005884	0.0035303	8.72
Part-To-Part	0.0065101	0.0390607	96.52
Total Variation	0.0067451	0.0404705	100.00

Number of Distinct Categories = 5

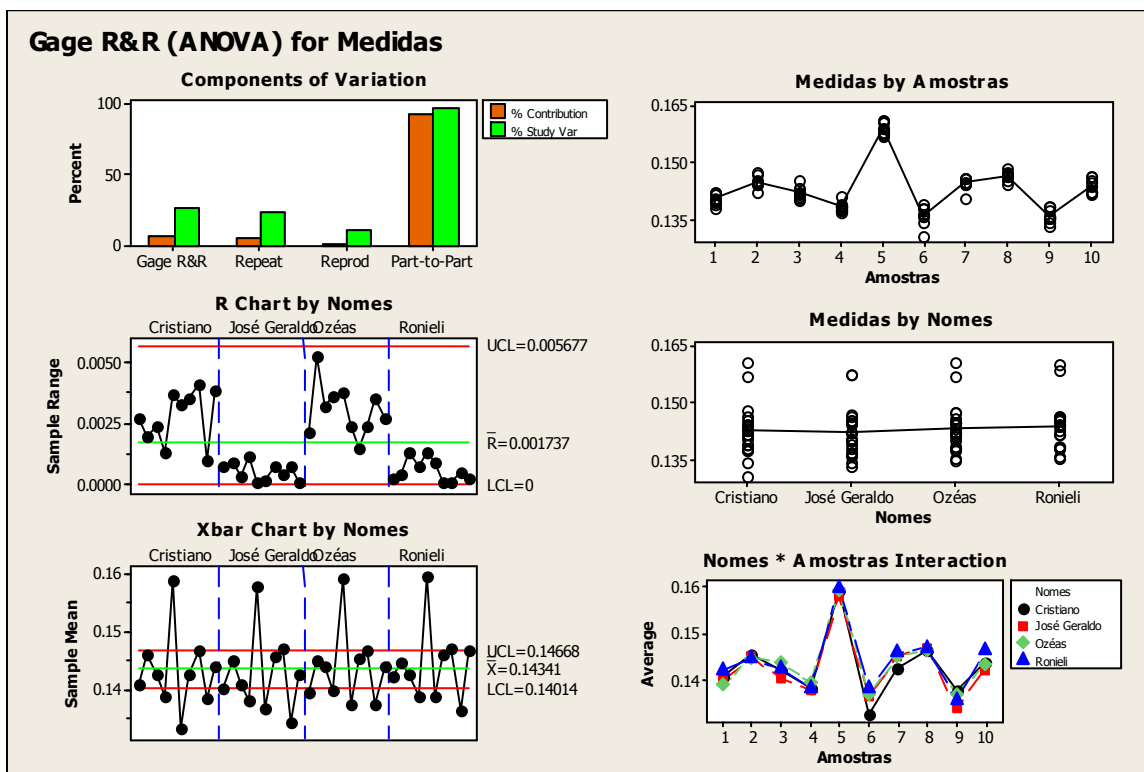


Figura 23 – 2º teste/2º turno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

Observando-se o gráfico de amplitudes, é possível verificar que o primeiro e terceiro operadores apresentaram uma variação muito grande em suas medições.

3º teste**Gage R&R Study - ANOVA Method****Two-Way ANOVA Table With Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0027309	0.0003034	102.121	0.000
Operadores	3	0.0003070	0.0001023	34.441	0.000
Amostras * Operadores	27	0.0000802	0.0000030	2.998	0.001
Repeatability	40	0.0000396	0.0000010		
Total	79	0.0031578			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000069	15.61
Repeatability	0.0000010	2.23
Reproducibility	0.0000060	13.39
Operadores	0.0000050	11.16
Operadores*Amostras	0.0000010	2.22
Part-To-Part	0.0000376	84.39
Total Variation	0.0000445	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0026362	0.0158171	39.51
Repeatability	0.0009955	0.0059729	14.92
Reproducibility	0.0024410	0.0146460	36.59
Operadores	0.0022290	0.0133738	33.41
Operadores*Amostras	0.0009951	0.0059705	14.92
Part-To-Part	0.0061285	0.0367708	91.86
Total Variation	0.0066714	0.0400284	100.00

Number of Distinct Categories = **3**

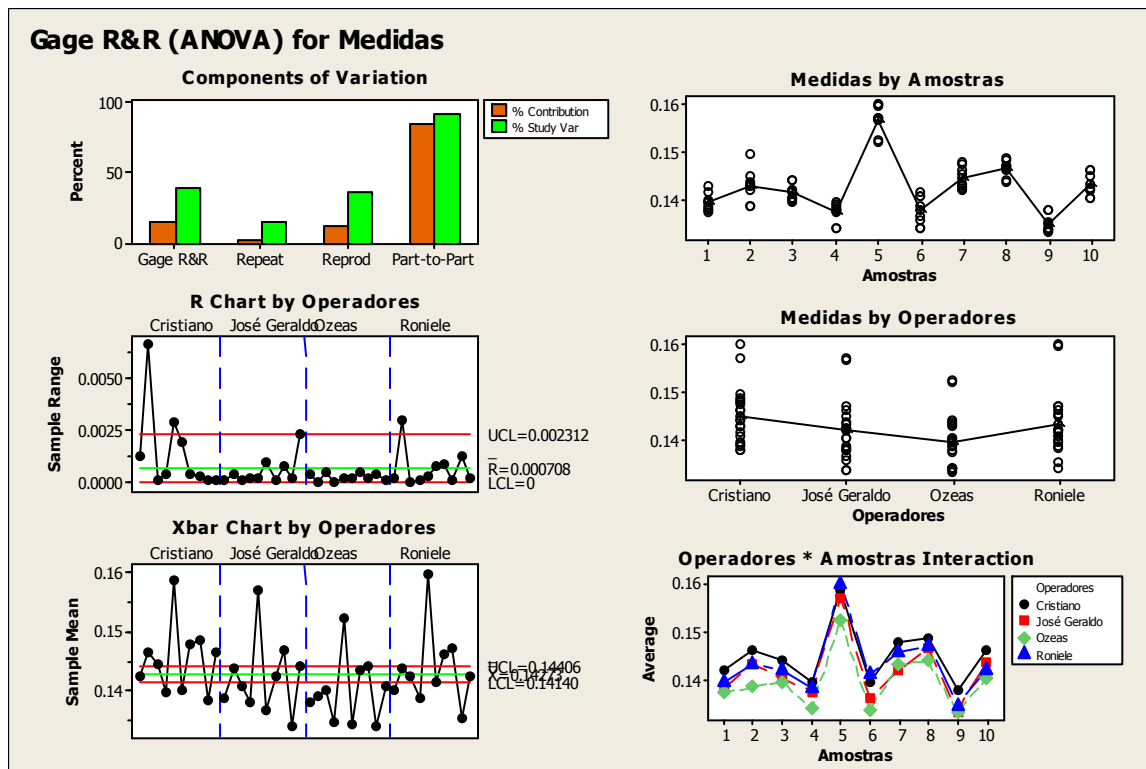


Figura 24 – 3º teste/2º turno – Teste de Medida do Flare
 Fonte: Minitab 15

Nessa terceira bateria de testes, a contribuição da reprodutibilidade para a variação foi maior, como é possível verificar através do gráfico de médias. Todos os operadores foram reunidos para que juntos verificassem as divergências existentes entre seus procedimentos e chegassem a um consenso.

4º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0028043	0.0003116	99.8695	0.000
Operadores	3	0.0001610	0.0000537	17.2027	0.000
Amostras * Operadores	27	0.0000842	0.0000031	5.3347	0.000
Repeatability	40	0.0000234	0.0000006		
Total	79	0.0030730			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000044	10.20
Repeatability	0.0000006	1.36
Reproducibility	0.0000038	8.84
Operadores	0.0000025	5.89
Operadores*Amostras	0.0000013	2.95
Part-To-Part	0.0000386	89.80
Total Variation	0.0000429	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0020928	0.0125571	31.94
Repeatability	0.0007648	0.0045885	11.67
Reproducibility	0.0019481	0.0116887	29.73
Operadores	0.0015898	0.0095390	24.26
Operadores*Amostras	0.0011259	0.0067552	17.18
Part-To-Part	0.0062096	0.0372574	94.76
Total Variation	0.0065528	0.0393166	100.00

Number of Distinct Categories = 4

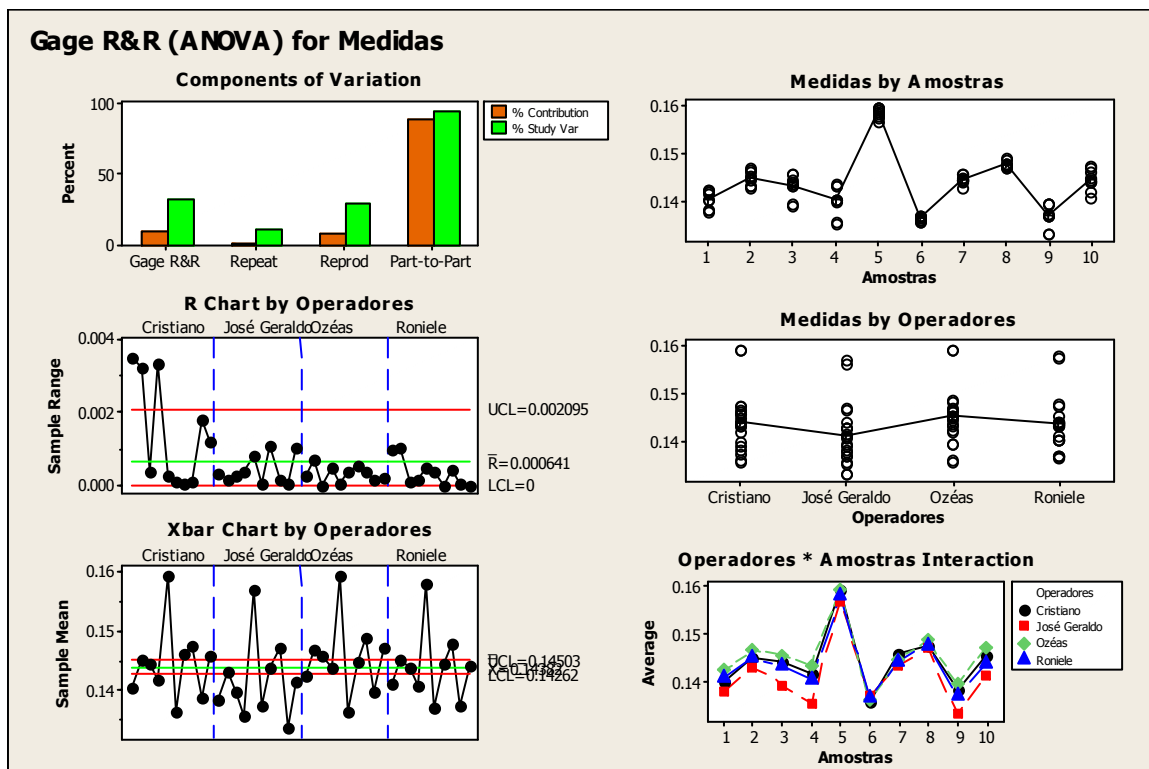


Figura 25 – 4º teste/2ºturno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

Novamente, o critério de aceitação para reprodutibilidade não foi atingido, visto que seu valor foi superior a 20%.

5º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0029579	0.0003287	424.381	0.000
Operadores	3	0.0000118	0.0000039	5.072	0.006
Amostras * Operadores	27	0.0000209	0.0000008	4.601	0.000
Repeatability	40	0.0000067	0.0000002		
Total	79	0.0029974			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000006	1.51
Repeatability	0.0000002	0.40
Reproducibility	0.0000005	1.11
Operadores	0.0000002	0.38
Operadores*Amostras	0.0000003	0.73
Part-To-Part	0.0000410	98.49
Total Variation	0.0000416	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0007931	0.0047588	12.29
Repeatability	0.0004103	0.0024616	6.36
Reproducibility	0.0006788	0.0040728	10.52
Operadores	0.0003971	0.0023826	6.16
Operadores*Amostras	0.0005505	0.0033031	8.53
Part-To-Part	0.0064020	0.0384120	99.24
Total Variation	0.0064509	0.0387057	100.00

Number of Distinct Categories = 11

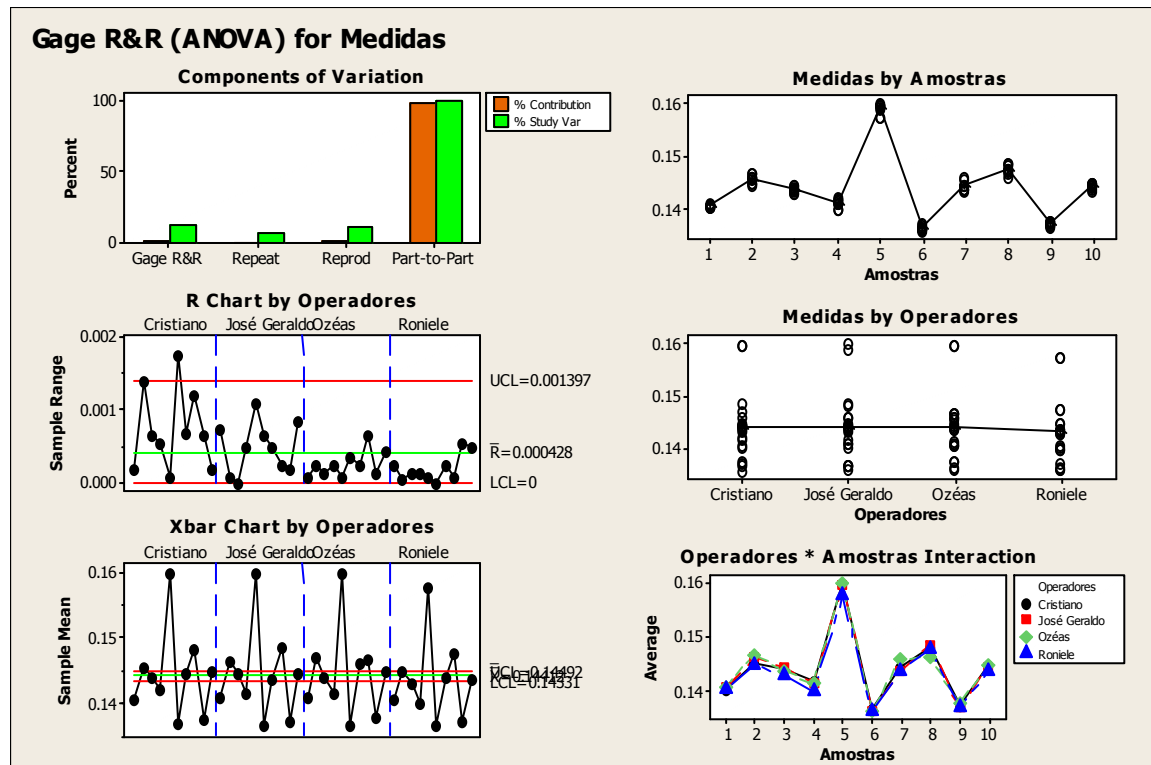


Figura 26 – 5º teste/2º turno – Teste de Medida do Flare
Fonte: Minitab 15

Nessa última bateria de testes, obteve-se uma melhor reprodutibilidade e repetibilidade por parte dos operadores.

4.1.5. RESUMO

Turno	Teste	Total Gage R&R	Nº de categorias distintas
1º	1º	99.69	1
1º	2º	29.77	4
1º	3º	23.48	5
1º	4º	24.86	5
1º	5º	18.02	7
2º	1º	31.51	4
2º	2º	26.16	5
2º	3º	39.51	3
2º	4º	31.94	4
2º	5º	12.29	11

Figura 27 – Tabela de resumo
Fonte: do autor

4.2. TESTE DE TRAÇÃO CATETER - ADAPTADOR

Para a realização deste MSA foi considerado o cateter 20G por se tratar do calibre que apresenta o maior índice de defeitos relacionados à tração baixa entre o cateter e o adaptador. O equipamento utilizado foi calibrado antes do início dos testes.

Todas as pessoas que participaram deste estudo (11 operadores das máquinas A-SAM e controles de qualidade) foram treinadas anteriormente, inclusive aquelas que desempenham a função esporadicamente.

A característica crítica para a qualidade (CTQ) analisada no teste é a fixação do cateter no adaptador. O teste de tração cateter adaptador é classificado como crítico, destrutivo e seu tipo de dado é variável.

4.2.1. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

A impossibilidade da elaboração de três grupos distintos de amostras, com medidas nitidamente diferentes e dentro da especificação fez com que o critério adotado fosse a análise das médias e do intervalo de confiança das amostras com tração baixa e tração normal.

Critério de Aceitação - MSA	
P-VALUE \geq 0.05	StDev \leq 0.200000

Figura 28 – Critério de Aceitação – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: do autor

4.2.2. EQUIPAMENTOS

- 2 Dinamômetros 50/0,05 lb

Antes do início dos testes, os equipamentos foram avaliados pelo laboratório de calibração com a finalidade de garantir que ambos os dinamômetros reproduzam os mesmos valores. Dessa maneira, devido a indisponibilidade de tempo, as avaliações foram feitas apenas em um equipamento.

4.2.3. EXECUÇÃO

Para a realização dos testes, foram confeccionadas 30 peças com tração baixa e 30 peças com tração normal para cada avaliado. As 60 peças foram tracionadas no dinamômetro e os valores registrados no formulário.

De acordo com o procedimento do teste e as observações realizadas, foi definido que antes de posicionar a peça no dinamômetro a mesma deveria ser colocada no alicate a aproximadamente 4 milímetros da extremidade do teflon. Quando posicionada no dinamômetro, a tração deveria ser feita na mesma direção da mesa, sem puxar a peça para baixo ou para cima. Ao puxar a peça para baixo, os valores de tração são mais altos, da mesma forma que puxando para cima, estes valores são menores. As amostras deveriam ser tracionadas até arrebentarem.

Por fim, os dados coletados foram analisados em um estudo de ANOVA, em um Teste de Igualdade de Variância. Estas análises foram realizadas no software Minitab 15.

4.2.4. RESULTADOS

- 1º turno

1º teste

Results for: Peças boas - 1 turno

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0,107674	0,143439	0,210470
2	30	0,219429	0,292315	0,428919
3	30	0,079518	0,105930	0,155433
4	30	0,102591	0,136668	0,200535

Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 36,77; p-value = 0,000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 15,51; p-value = 0,000

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	3	1.2122	0.4041	11.89	0.000
Error	116	3.9417	0.0340		
Total	119	5.1540			

S = 0.1843 R-Sq = 23.52% R-Sq(adj) = 21.54%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	30	3.3333	0.1434
2	30	3.4700	0.2923
3	30	3.4917	0.1059
4	30	3.6167	0.1367

3.30 3.40 3.50 3.60

Pooled StDev = 0.1843

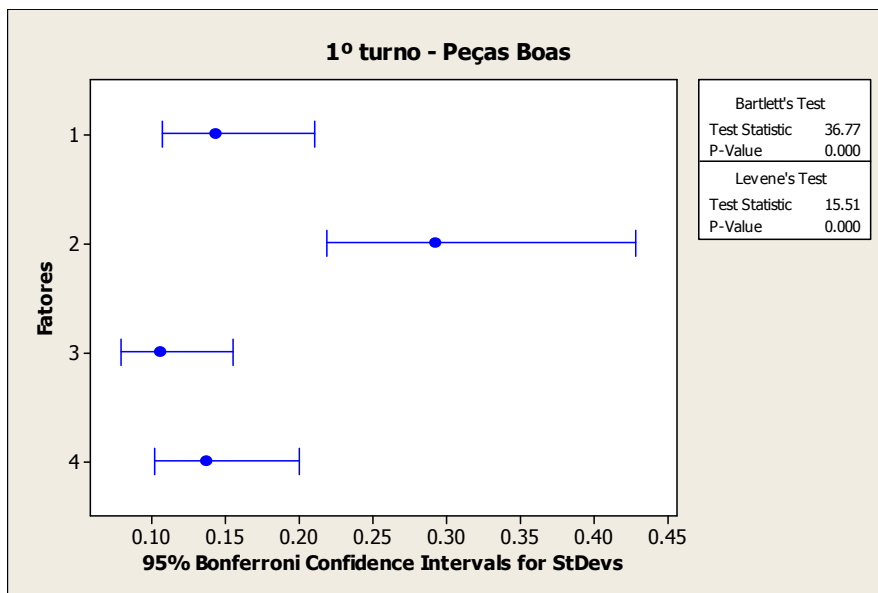


Figura 29 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: Peças ruins - 1 turno

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.175163	0.226930	0.319189
2	30	0.228682	0.296265	0.416712
3	30	0.085000	0.110120	0.154890
4	30	0.051013	0.066089	0.092958

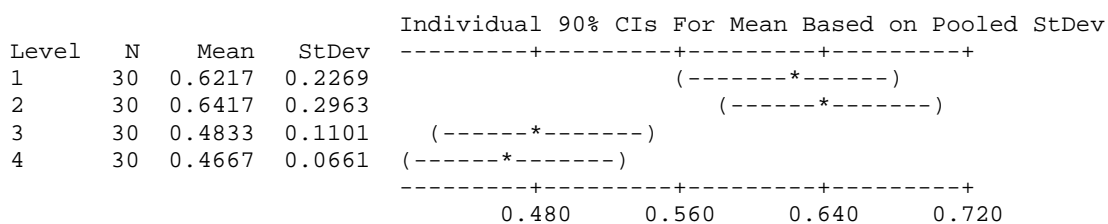
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 64.68, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 5.14, p-value = 0.002

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	3	0.7465	0.2488	6.39	0.000
Error	116	4.5172	0.0389		
Total	119	5.2637			

S = 0.1973 R-Sq = 14.18% R-Sq(adj) = 11.96%



Pooled StDev = 0.1973

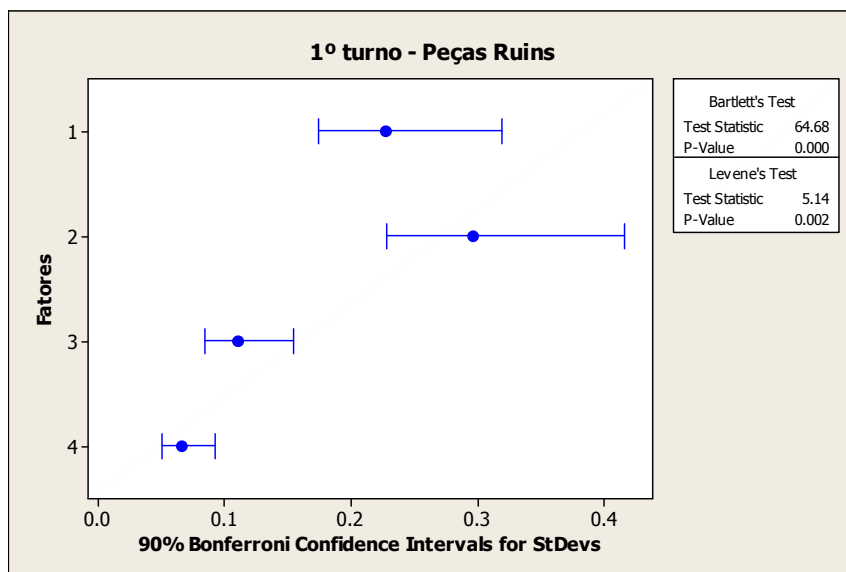


Figura 30 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Nesse 1º teste, é possível notar que a média das medidas de tração entre os operadores foi diferente, já que é o P_VALUE foi menor que 0,005.

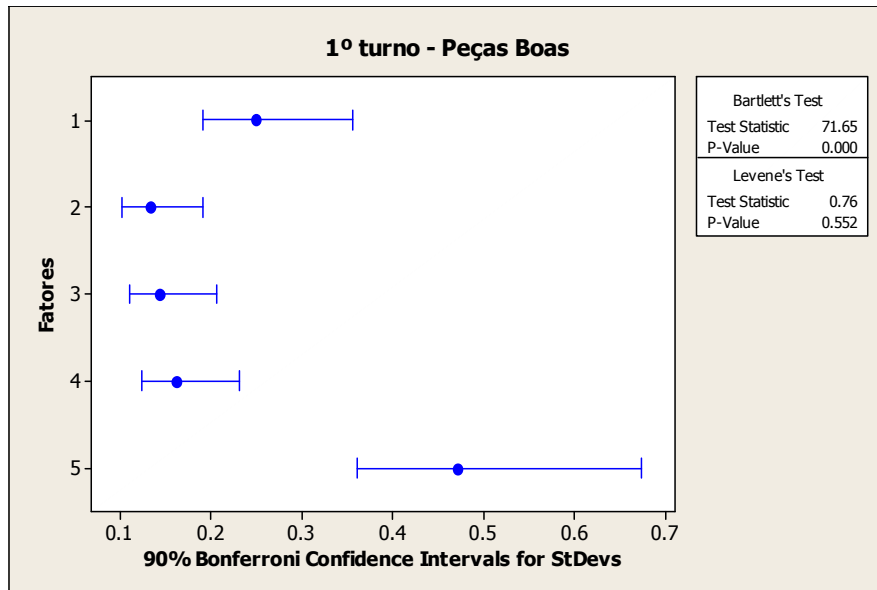


Figura 31 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 1 turno - Peças ruins

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.086224	0.112750	0.160809
2	30	0.141913	0.185571	0.264670
3	30	0.083702	0.109453	0.156106
4	30	0.092541	0.121011	0.172591
5	30	0.216703	0.283371	0.404155

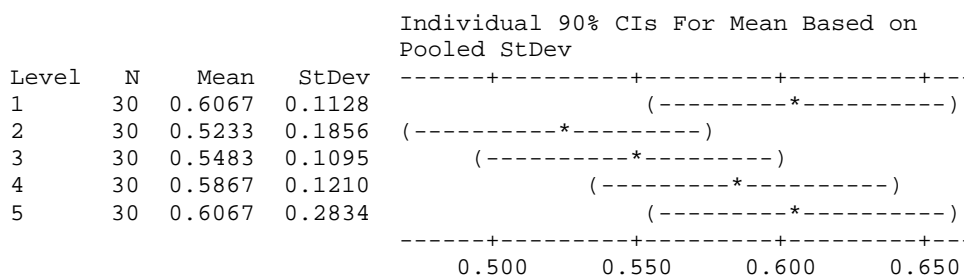
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 43.06, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.86, p-value = 0.488

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.1656	0.0414	1.34	0.257
Error	145	4.4681	0.0308		
Total	149	4.6337			

S = 0.1755 R-Sq = 3.57% R-Sq(adj) = 0.91%



Pooled StDev = 0.1755

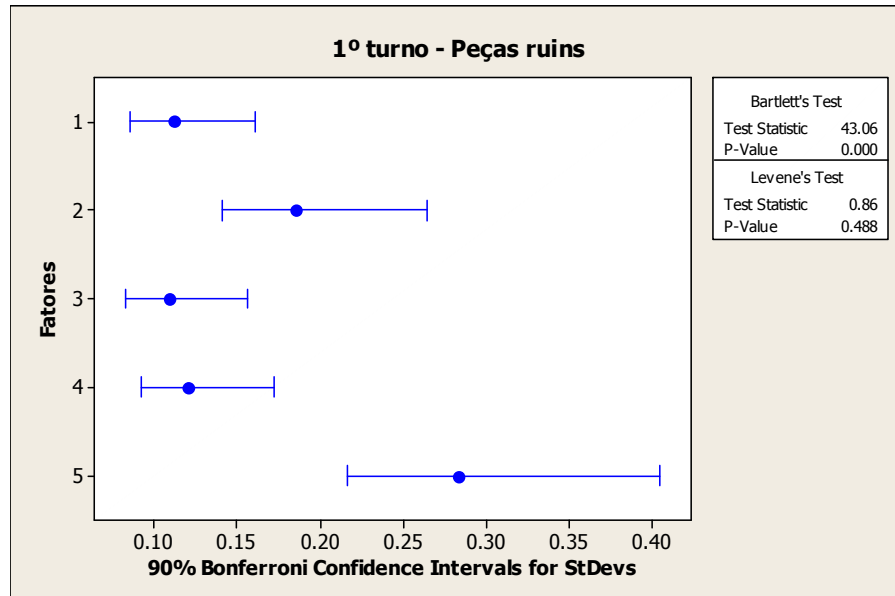


Figura 32 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (2º teste/1º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Neste 2º teste ainda não foi possível atingir um P_Value maior do que 0,005. Isso se deve ao fato de que a metodologia da operação adotada pelos diferentes operadores foi diferente, alguns tracionando a peça mais lentamente e outros rapidamente.

3º teste

Results for: 1 turno - Peças Boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.095868	0.125362	0.178796
2	30	0.103131	0.134858	0.192341
3	30	0.110790	0.144874	0.206626
4	30	0.124483	0.162779	0.232163
5	27	0.375767	0.497866	0.726862

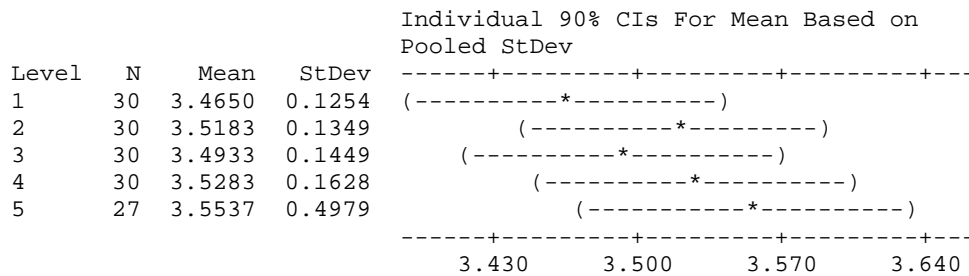
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 94.09, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 1.13, p-value = 0.344

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.1327	0.0332	0.54	0.710
Error	142	8.8049	0.0620		
Total	146	8.9376			

S = 0.2490 R-Sq = 1.48% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 0.2490

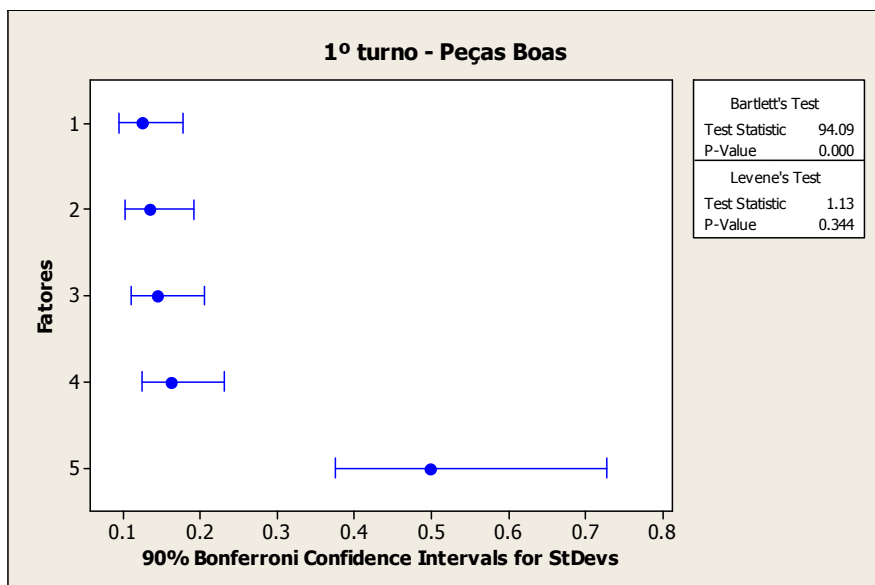


Figura 33 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 1 turno - Peças ruins

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.086224	0.112750	0.160809
2	30	0.114813	0.150134	0.214127
3	30	0.083702	0.109453	0.156106
4	30	0.092541	0.121011	0.172591
5	30	0.216703	0.283371	0.404155

Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 43.69, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 1.00, p-value = 0.412

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.0707	0.0177	0.62	0.648
Error	145	4.1231	0.0284		
Total	149	4.1937			

S = 0.1686 R-Sq = 1.69% R-Sq(adj) = 0.00%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	30	0.6067	0.1128	0.5500	0.6634
2	30	0.5767	0.1501	0.5000	0.6534
3	30	0.5483	0.1095	0.4800	0.6166
4	30	0.5867	0.1210	0.5000	0.6734
5	30	0.6067	0.2834	0.5000	0.7134

0.500 0.550 0.600 0.650

Pooled StDev = 0.1686

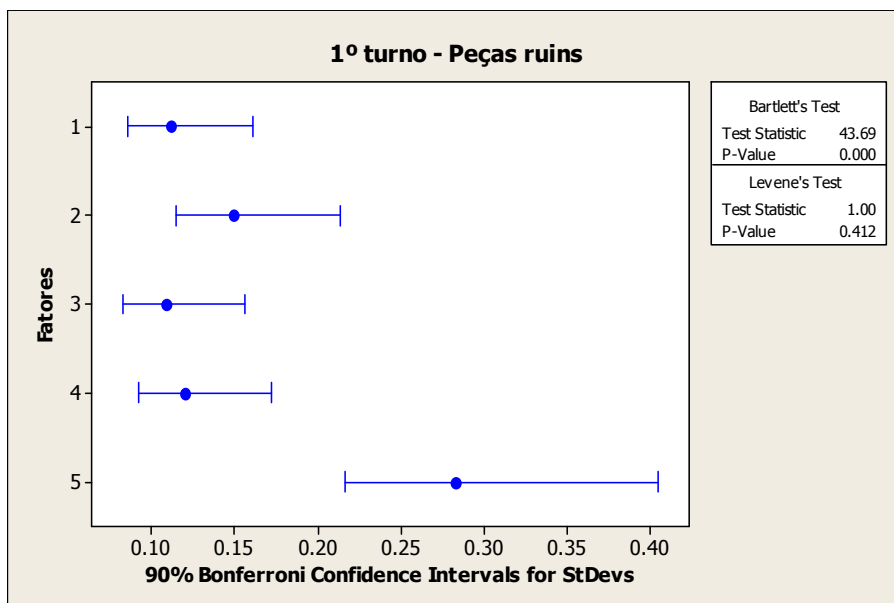


Figura 34 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (3º teste/1º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Apesar da obtenção de um P_VALUE satisfatório, analisando-se isoladamente o gráfico de intervalo de confiança, nota-se que o 5º operador obteve um intervalo divergente dos demais. Portanto, tornou-se necessária a realização de um novo teste apenas com esse operador, após um novo treinamento.

4º teste

Results for: 1 turno - Peças Boas(Gustavo)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.095868	0.125362	0.178796
2	30	0.103131	0.134858	0.192341
3	30	0.110790	0.144874	0.206626
4	30	0.124483	0.162779	0.232163
5	30	0.114791	0.150105	0.214087

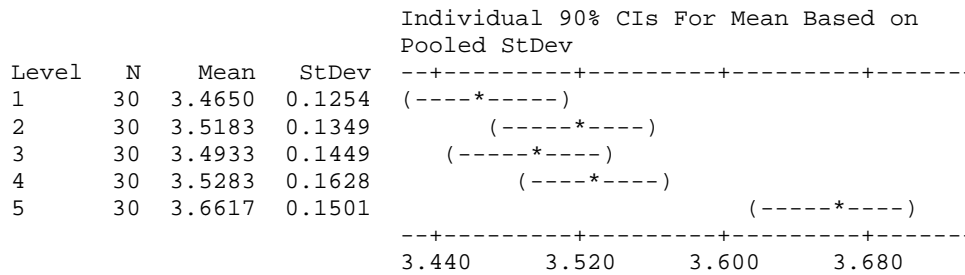
Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 2.28, p-value = 0.685

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 0.50, p-value = 0.734

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.6897	0.1724	8.30	0.000
Error	145	3.0137	0.0208		
Total	149	3.7033			

S = 0.1442 R-Sq = 18.62% R-Sq(adj) = 16.38%



Pooled StDev = 0.1442

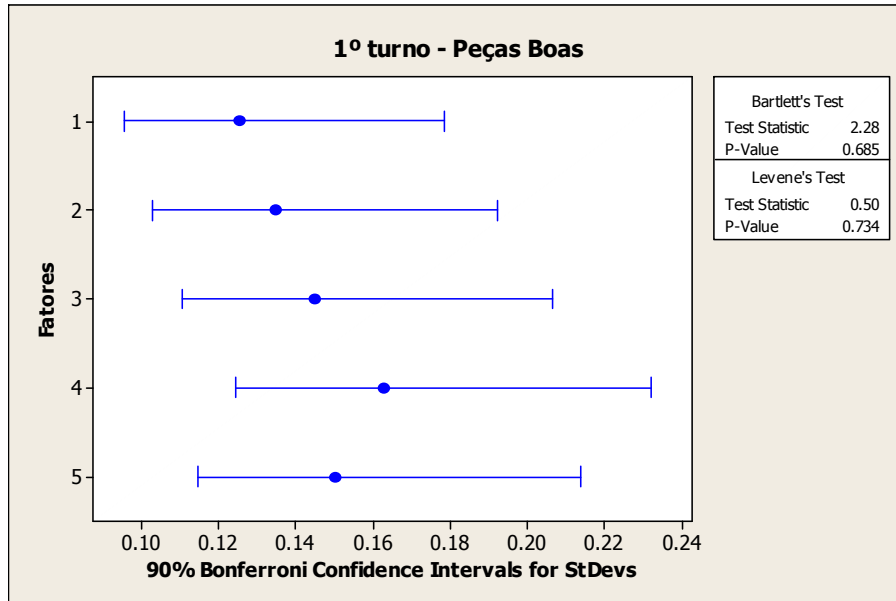


Figura 35 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 1 turno - Peças ruins (Gustavo)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.086224	0.112750	0.160809
2	30	0.114813	0.150134	0.214127
3	30	0.083702	0.109453	0.156106
4	30	0.092541	0.121011	0.172591
5	30	0.155264	0.203030	0.289570

Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 16.79, p-value = 0.002

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 1.07, p-value = 0.373

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.2019	0.0505	2.45	0.049
Error	145	2.9898	0.0206		
Total	149	3.1917			

S = 0.1436 R-Sq = 6.33% R-Sq(adj) = 3.74%

Level	N	Mean	StDev	Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	30	0.6067	0.1128	(-----*-----)
2	30	0.5767	0.1501	(-----*-----)
3	30	0.5483	0.1095	(-----*-----)
4	30	0.5867	0.1210	(-----*-----)
5	30	0.6583	0.2030	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----+
0.550 0.600 0.650 0.700

Pooled StDev = 0.1436

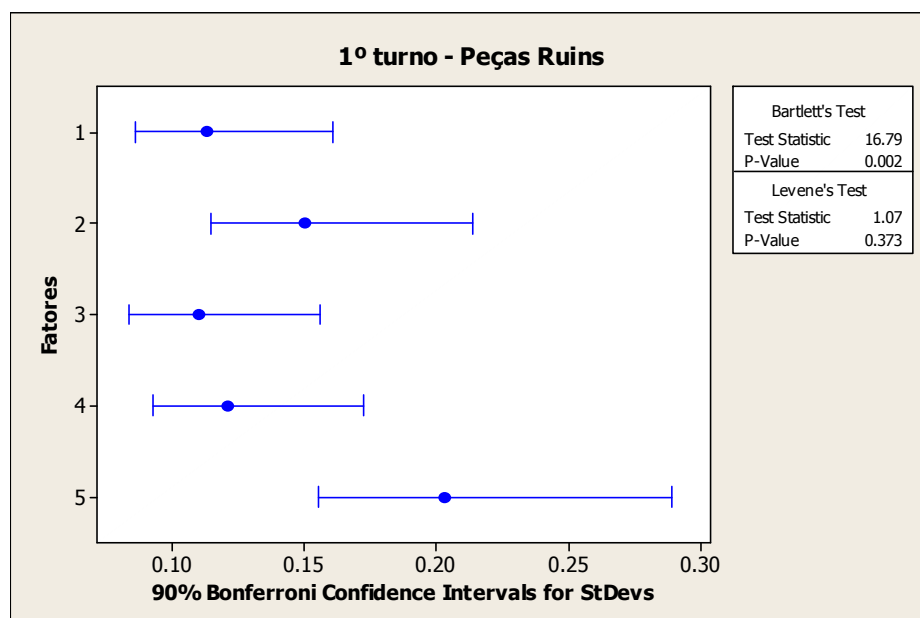


Figura 36 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (4º teste/1º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Mesmo depois de tomadas as ações corretivas, o 5º operador ainda obteve um resultado de suas medições divergente dos demais operadores, tornando-se necessário um novo teste.

5º teste

Results for: 1 turno - Peças boas (Gustavo 2)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.095868	0.125362	0.178796
2	30	0.103131	0.134858	0.192341
3	30	0.110790	0.144874	0.206626
4	30	0.124483	0.162779	0.232163
5	30	0.072919	0.095352	0.135995

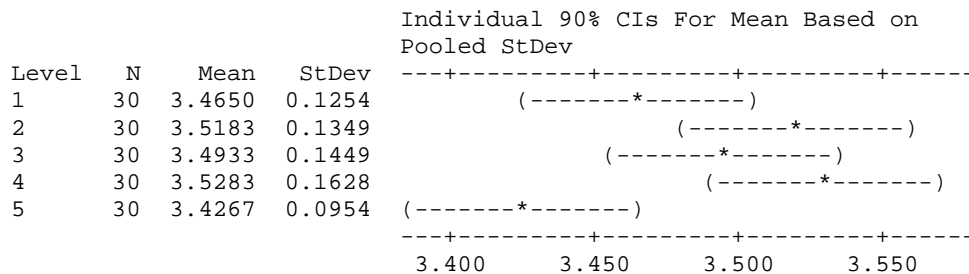
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 8.43, p-value = 0.077

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 2.41, p-value = 0.052

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.2056	0.0514	2.84	0.026
Error	145	2.6239	0.0181		
Total	149	2.8295			

S = 0.1345 R-Sq = 7.27% R-Sq(adj) = 4.71%



Pooled StDev = 0.1345

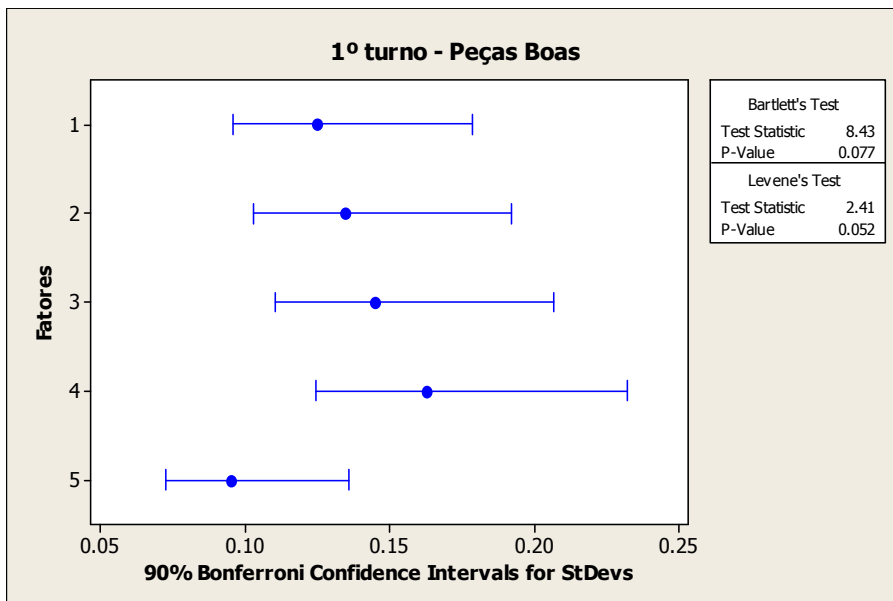


Figura 37 – Intervalo de Confiança Peças Boas (5º teste/1º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 1 turno - Peças ruins (Gustavo 2)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.086224	0.112750	0.160809
2	30	0.114813	0.150134	0.214127
3	30	0.083702	0.109453	0.156106
4	30	0.092541	0.121011	0.172591
5	30	0.095649	0.125075	0.178387

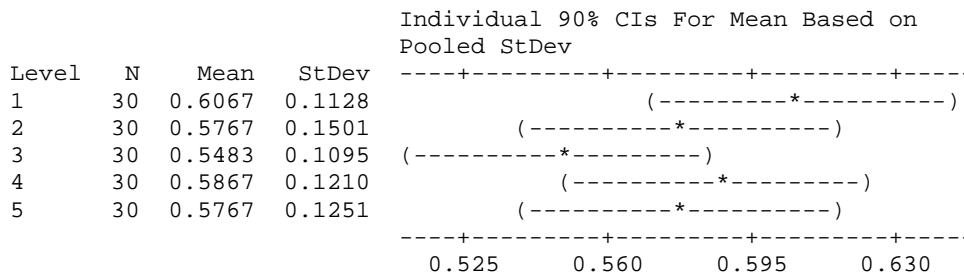
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 3.73, p-value = 0.444

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.45, p-value = 0.775

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.0533	0.0133	0.86	0.490
Error	145	2.2481	0.0155		
Total	149	2.3013			

S = 0.1245 R-Sq = 2.31% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 0.1245

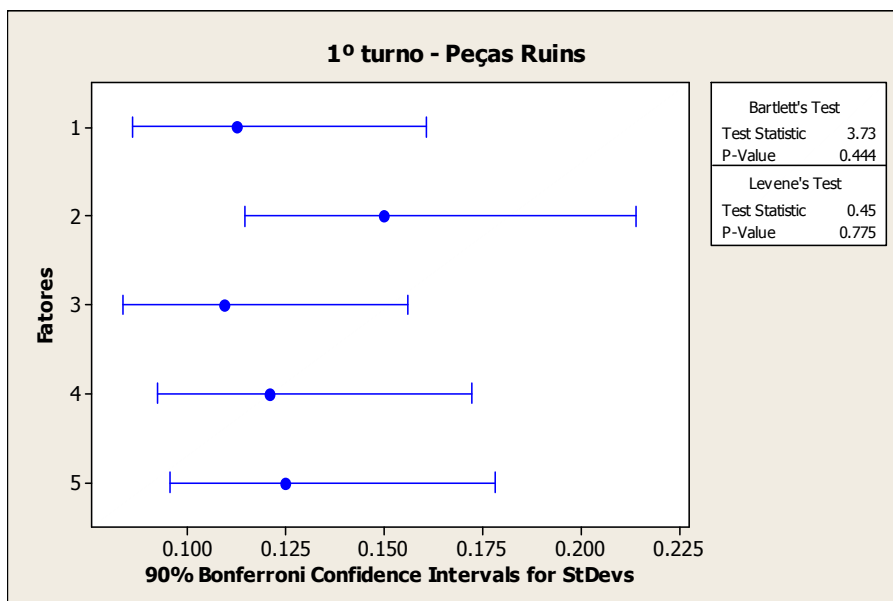


Figura 38 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (5º teste/1º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Na realização dos testes para peças boas, o 5º operador não obteve uma média de seus valores estatisticamente igual aos demais, portanto, tornou-se necessário a realização de mais um teste apenas para as peças boas.

6º teste

Results for: 1 turno - Peças boas (Gustavo 3)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.095868	0.125362	0.178796
2	30	0.103131	0.134858	0.192341
3	30	0.110790	0.144874	0.206626
4	30	0.124483	0.162779	0.232163
5	30	0.100381	0.131263	0.187212

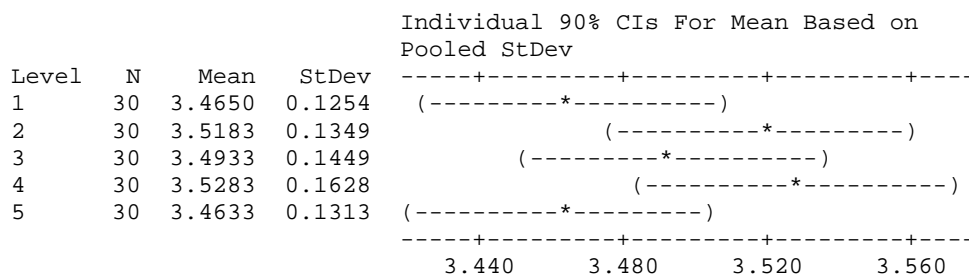
Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 2.46, p-value = 0.651

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 0.59, p-value = 0.672

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.1066	0.0266	1.35	0.254
Error	145	2.8599	0.0197		
Total	149	2.9665			

S = 0.1404 R-Sq = 3.59% R-Sq(adj) = 0.93%



Pooled StDev = 0.1404

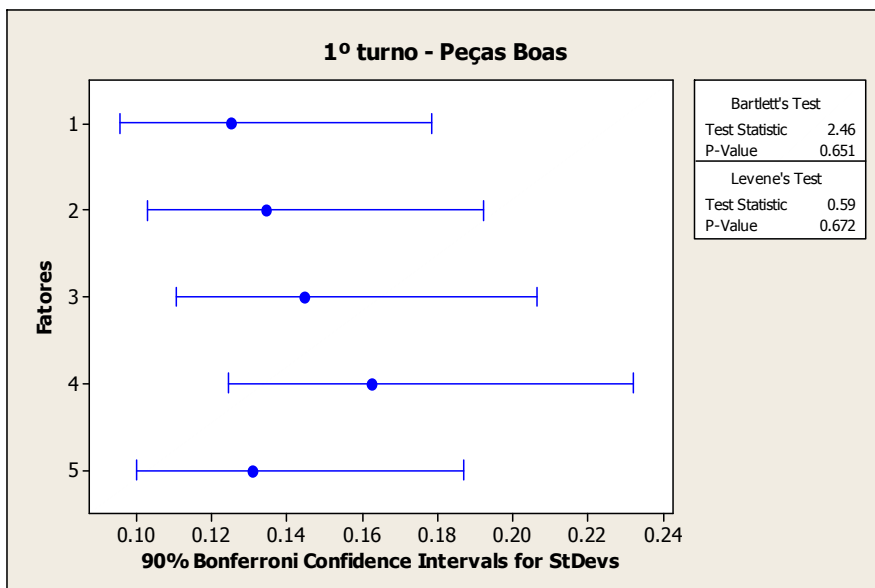


Figura 39 – Intervalo de Confiança Peças Boas (6º teste/1ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Após os devidos treinamentos, o quinto operador conseguiu obter medidas estatisticamente iguais aos demais.

- **2º turno**

1º teste

Results for: Peças boas - 2 turno

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.115630	0.151202	0.215651
2	30	0.094944	0.124152	0.177071
3	30	0.104064	0.136078	0.194080
4	30	0.090568	0.118431	0.168911
5	30	0.110790	0.144874	0.206626

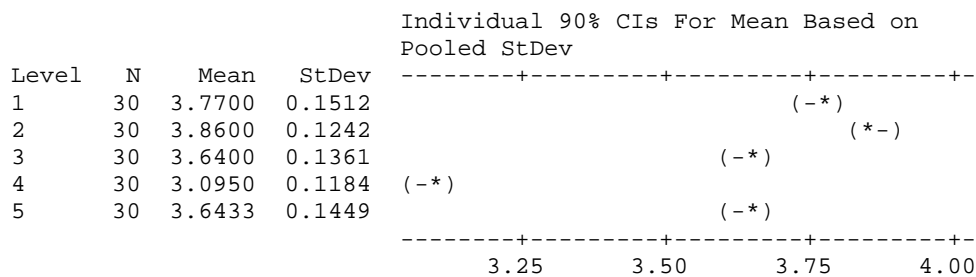
Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 2.37, p-value = 0.668

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.55, p-value = 0.698

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	10.6497	2.6624	145.00	0.000
Error	145	2.6624	0.0184		
Total	149	13.3121			

S = 0.1355 R-Sq = 80.00% R-Sq(adj) = 79.45%



Pooled StDev = 0.1355

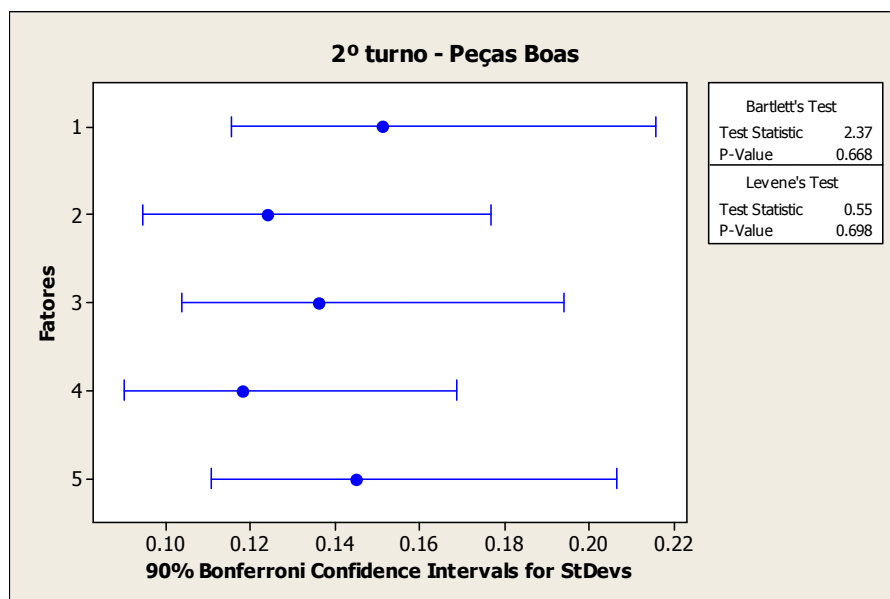


Figura 40 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: Peças ruins - 2 turno

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.229801	0.300498	0.428582
2	30	0.211750	0.276893	0.394916
3	30	0.305424	0.399385	0.569620
4	30	0.163982	0.214429	0.305828
5	30	0.103546	0.135401	0.193114

Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 32.67, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 2.00, p-value = 0.097

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	3.0242	0.7560	9.67	0.000
Error	145	11.3329	0.0782		
Total	149	14.3571			

S = 0.2796 R-Sq = 21.06% R-Sq(adj) = 18.89%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	30	0.8433	0.3005	0.45	0.90
2	30	0.5217	0.2769	0.45	0.60
3	30	0.7650	0.3994	0.60	0.75
4	30	0.6617	0.2144	0.60	0.75
5	30	0.4667	0.1354	0.45	0.60

Pooled StDev = 0.2796

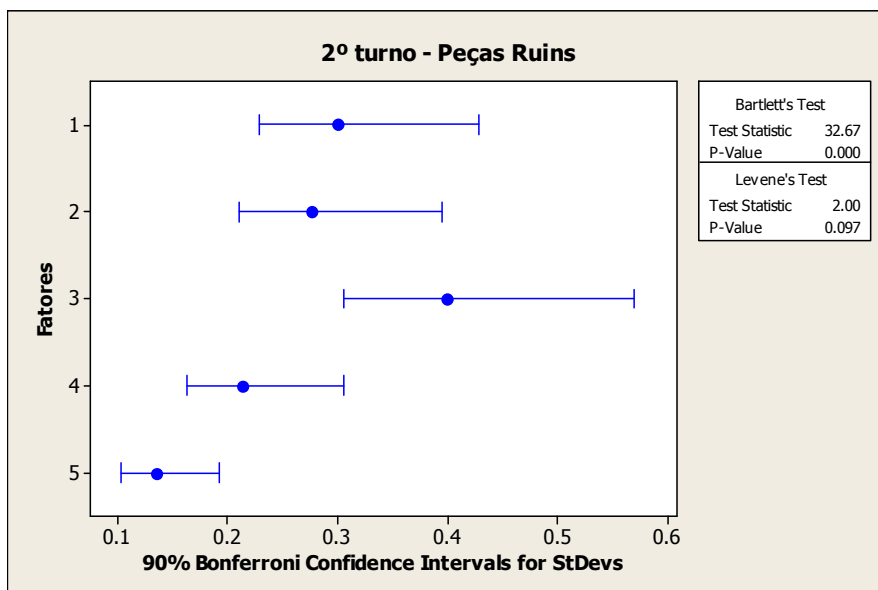


Figura 41 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/2º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Tanto para as peças boas quanto para as ruins, verificou-se que os operadores não realizavam as medições da mesma maneira. Sendo assim, as mesmas medidas tomadas para os operadores do 1º turno foram implementadas com os do 2º turno.

2º teste

Results for: 2 turno - Peças Boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.099101	0.129588	0.184824
2	30	0.164304	0.214851	0.306429
3	30	0.087357	0.114232	0.162922
4	30	0.153501	0.200724	0.286281
5	30	0.102247	0.133703	0.190693

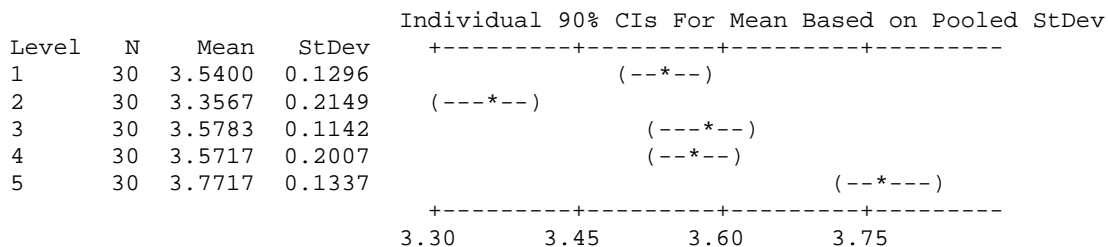
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 18.51, p-value = 0.001

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 1.78, p-value = 0.135

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	2.6086	0.6521	24.30	0.000
Error	145	3.8909	0.0268		
Total	149	6.4995			

S = 0.1638 R-Sq = 40.13% R-Sq(adj) = 38.48%



Pooled StDev = 0.1638

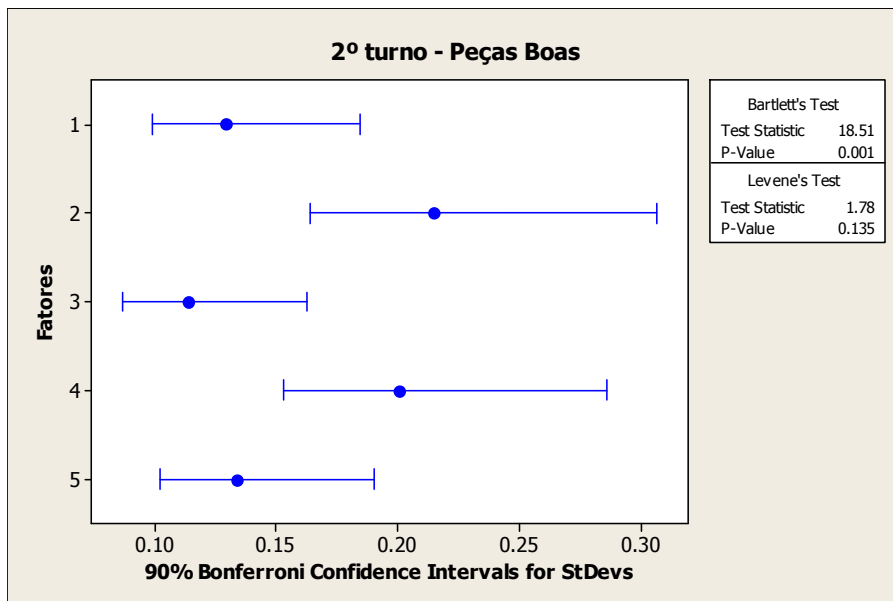


Figura 42 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 2 turno - Peças ruins

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.187483	0.245160	0.349658
2	30	0.121498	0.158875	0.226595
3	30	0.161003	0.210534	0.300273
4	30	0.343461	0.449124	0.640560
5	30	0.196618	0.257106	0.366695

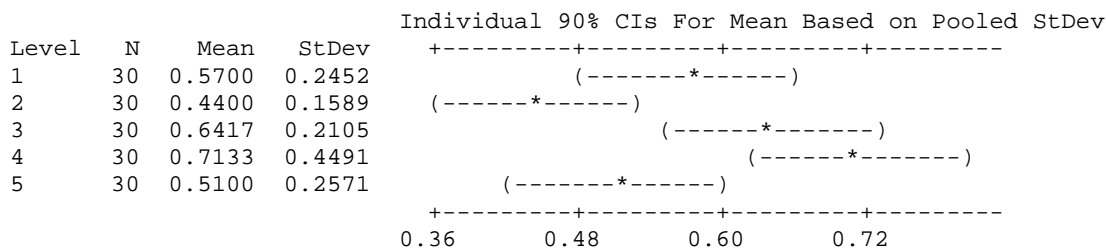
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 36.17, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.43, p-value = 0.788

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	1.3817	0.3454	4.35	0.002
Error	145	11.5271	0.0795		
Total	149	12.9087			

S = 0.2820 R-Sq = 10.70% R-Sq(adj) = 8.24%



Pooled StDev = 0.2820

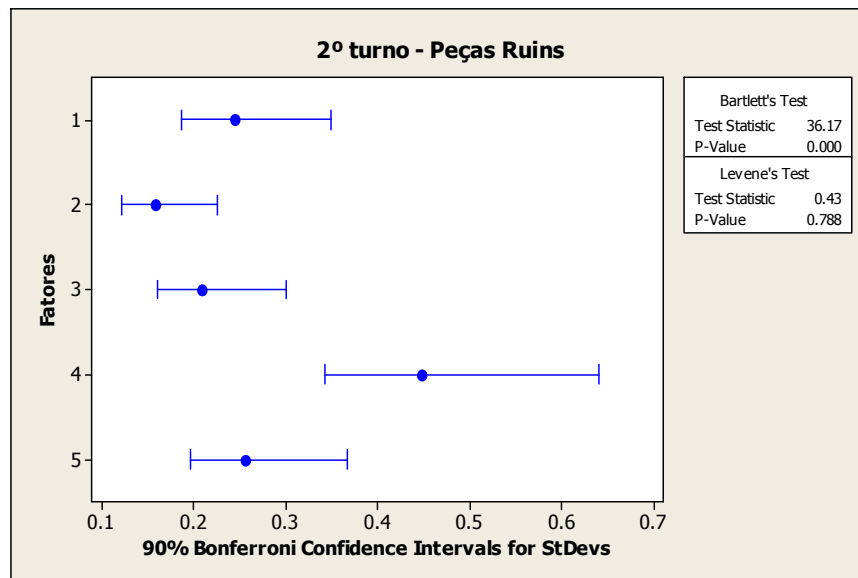


Figura 43 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (2º teste/2º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

3º teste

Results for: 2 turno - Peças Boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.103716	0.135623	0.193432
2	30	0.238175	0.311448	0.444201
3	30	0.084849	0.110952	0.158244
4	30	0.083017	0.108556	0.154828
5	30	0.097399	0.127363	0.181650

Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 55.57, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 5.66, p-value = 0.000

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.3661	0.0915	2.94	0.023
Error	145	4.5156	0.0311		
Total	149	4.8817			

S = 0.1765 R-Sq = 7.50% R-Sq(adj) = 4.95%

Level	N	Mean	StDev	Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
1	30	3.7717	0.1356	(-----+-----+-----+-----+)	(-----*-----)
2	30	3.6300	0.3114	(-----*-----)	(-----*-----)
3	30	3.6900	0.1110	(-----+-----+-----+-----+)	(-----*-----)
4	30	3.6450	0.1086	(-----+-----+-----+-----+)	(-----*-----)
5	30	3.6917	0.1274	(-----+-----+-----+-----+)	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
3.640 3.710 3.780 3.850

Pooled StDev = 0.1765

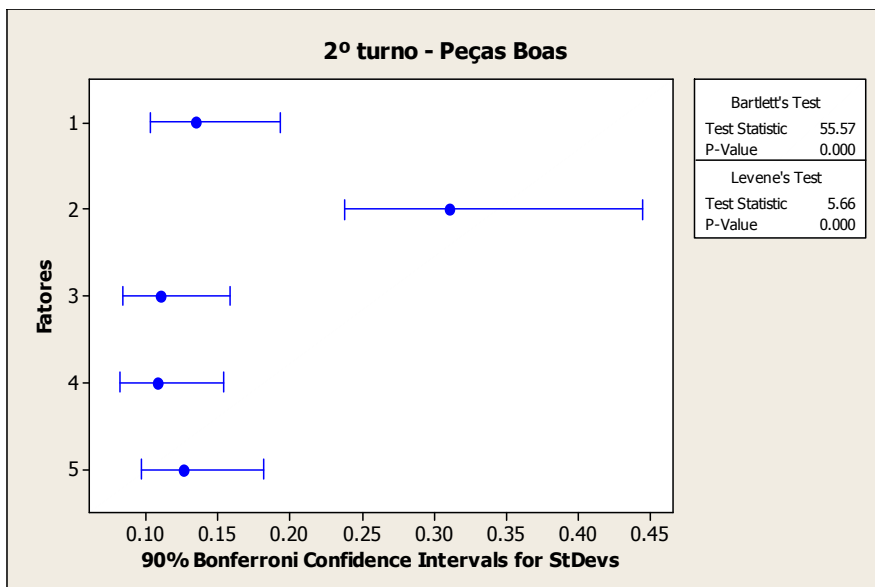


Figura 44 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

Results for: 2 turno - Peças ruins
Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.187483	0.245160	0.349658
2	30	0.121498	0.158875	0.226595
3	30	0.161003	0.210534	0.300273
4	30	0.236423	0.309156	0.440932
5	30	0.196618	0.257106	0.366695

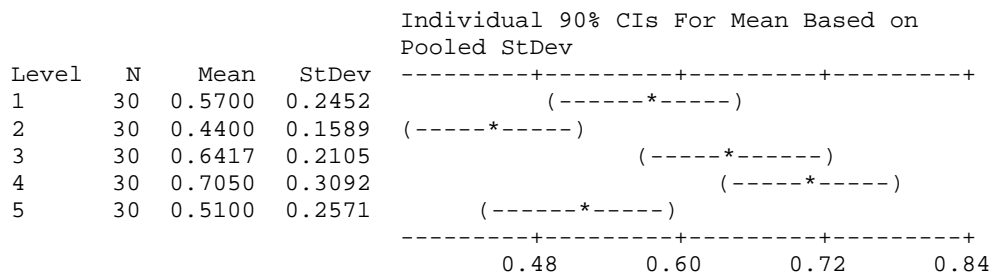
Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 13.11, p-value = 0.011

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
Test statistic = 0.84, p-value = 0.504

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	1.3142	0.3285	5.64	0.000
Error	145	8.4492	0.0583		
Total	149	9.7633			

S = 0.2414 R-Sq = 13.46% R-Sq(adj) = 11.07%



Pooled StDev = 0.2414

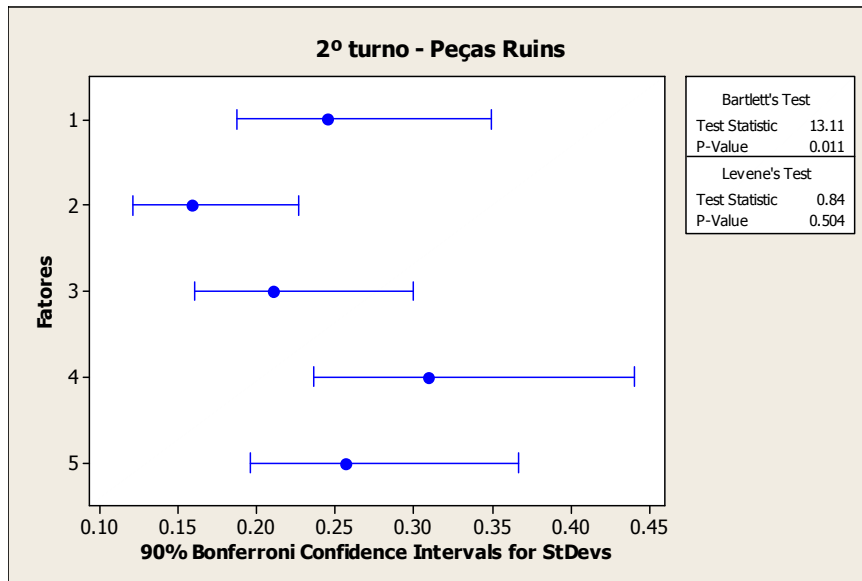


Figura 45 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

4º teste

Results for: 2 turno - Peças boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.090446	0.119144	0.171834
2	30	0.107695	0.141868	0.204606
3	30	0.084227	0.110952	0.160019
4	30	0.082408	0.108556	0.156564
5	30	0.096684	0.127363	0.183687
6	30	0.180506	0.237782	0.342937

Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 30.20, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.61, p-value = 0.695

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	5	5.3223	1.0645	48.69	0.000
Error	174	3.8042	0.0219		
Total	179	9.1264			

S = 0.1479 R-Sq = 58.32% R-Sq(adj) = 57.12%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	30	3.6333	0.1191	3.4142	3.8524
2	30	3.6433	0.1419	3.4014	3.8852
3	30	3.6900	0.1110	3.4790	3.9010
4	30	3.6450	0.1086	3.4364	3.8536
5	30	3.6917	0.1274	3.4643	3.9191
6	30	3.2033	0.2378	2.7285	3.6781

Pooled StDev = 0.1479

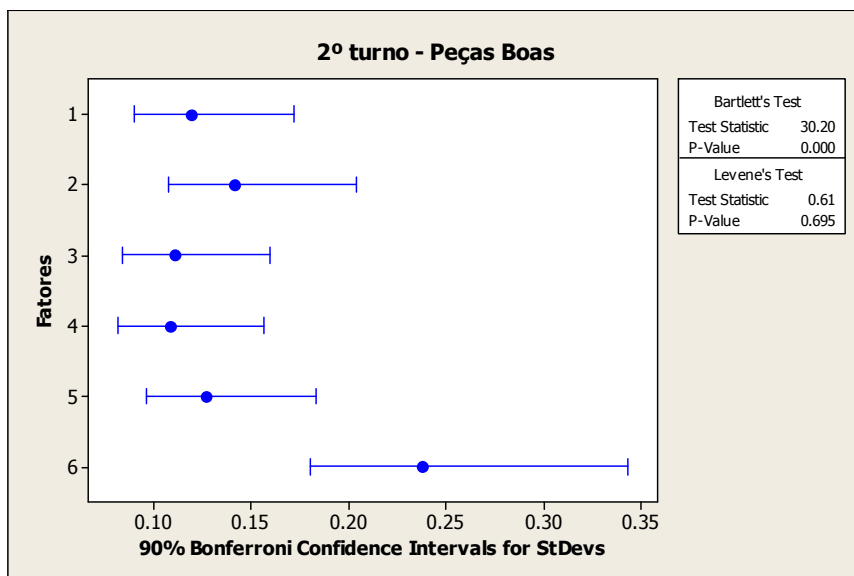


Figura 46 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 2 turno - Peças ruins

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.187483	0.245160	0.349658
2	30	0.158960	0.207863	0.296463
3	30	0.161003	0.210534	0.300273
4	30	0.147014	0.192242	0.274183
5	30	0.196618	0.257106	0.366695

Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 3.42, p-value = 0.491

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.26, p-value = 0.906

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	4	0.2858	0.0714	1.42	0.229
Error	145	7.2702	0.0501		
Total	149	7.5559			

S = 0.2239 R-Sq = 3.78% R-Sq(adj) = 1.13%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	30	0.5700	0.2452	0.490	0.630
2	30	0.5700	0.2079	0.490	0.630
3	30	0.6417	0.2105	0.560	0.670
4	30	0.6050	0.1922	0.560	0.630
5	30	0.5100	0.2571	0.490	0.630

Pooled StDev = 0.2239

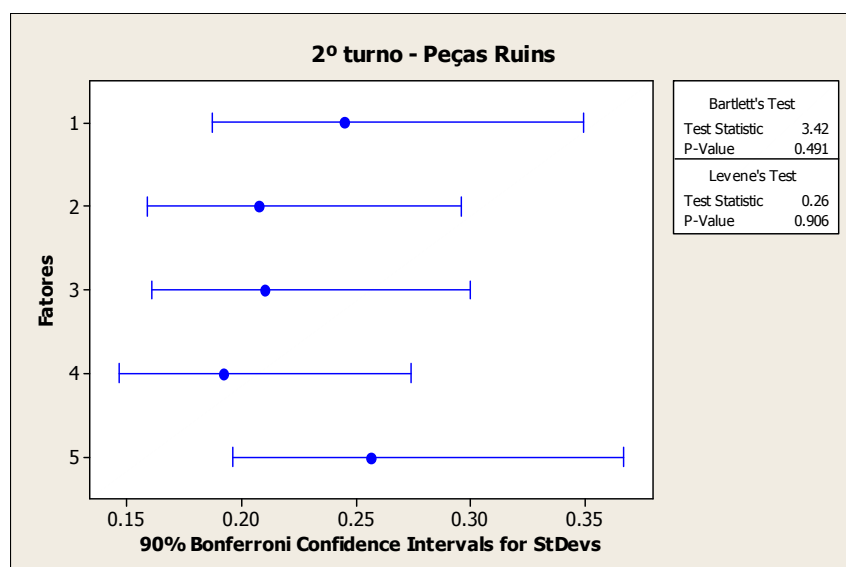


Figura 47 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (4º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

- **3º turno**

1º teste

Results for: 3 turno - Peças boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.185851	0.237782	0.328363
2	30	0.141688	0.181279	0.250336
3	30	0.096784	0.123828	0.170999

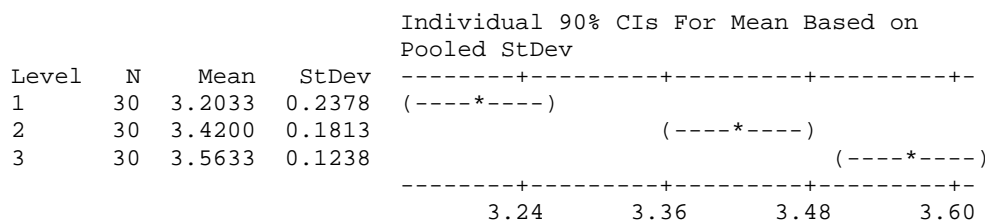
Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 11.46, p-value = 0.003

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.82, p-value = 0.444

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	2	1.9709	0.9854	28.23	0.000
Error	87	3.0373	0.0349		
Total	89	5.0082			

S = 0.1868 R-Sq = 39.35% R-Sq(adj) = 37.96%



Pooled StDev = 0.1868

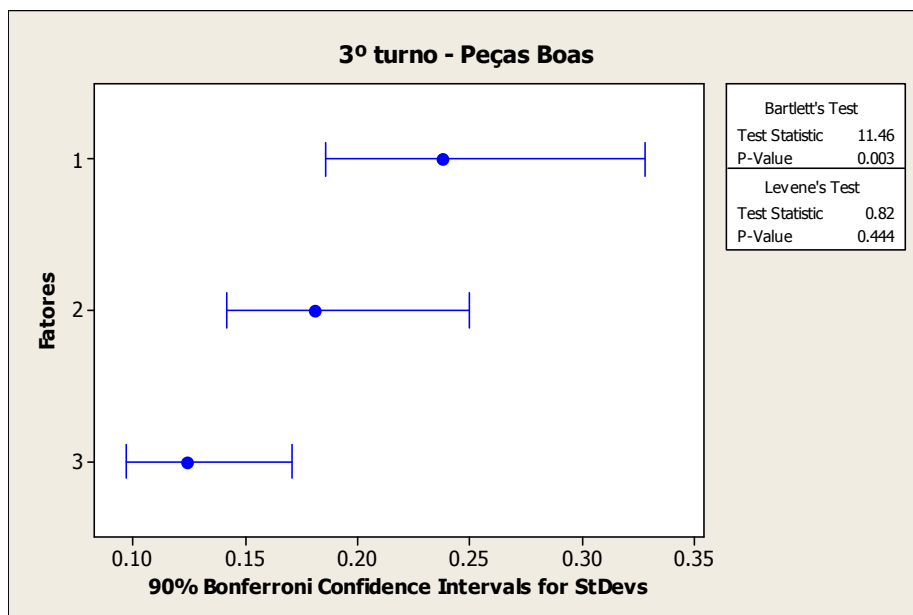


Figura 48 – Intervalo de Confiança Peças Boas (1º teste/3ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

Results for: 3 turno - Peças ruins
Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.159434	0.203983	0.281689
2	30	0.158822	0.203200	0.280608
4	30	0.151560	0.193909	0.267777

Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 0.09, p-value = 0.956

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.21, p-value = 0.808

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	2	0.2067	0.1034	2.57	0.082
Error	87	3.4945	0.0402		
Total	89	3.7012			

S = 0.2004 R-Sq = 5.59% R-Sq(adj) = 3.41%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev				
Level	N	Mean	StDev	
1	30	0.5333	0.2040	(-----*-----)
2	30	0.5483	0.2032	(-----*-----)
4	30	0.6417	0.1939	(-----*-----)

0.480 0.540 0.600 0.660

Pooled StDev = 0.2004

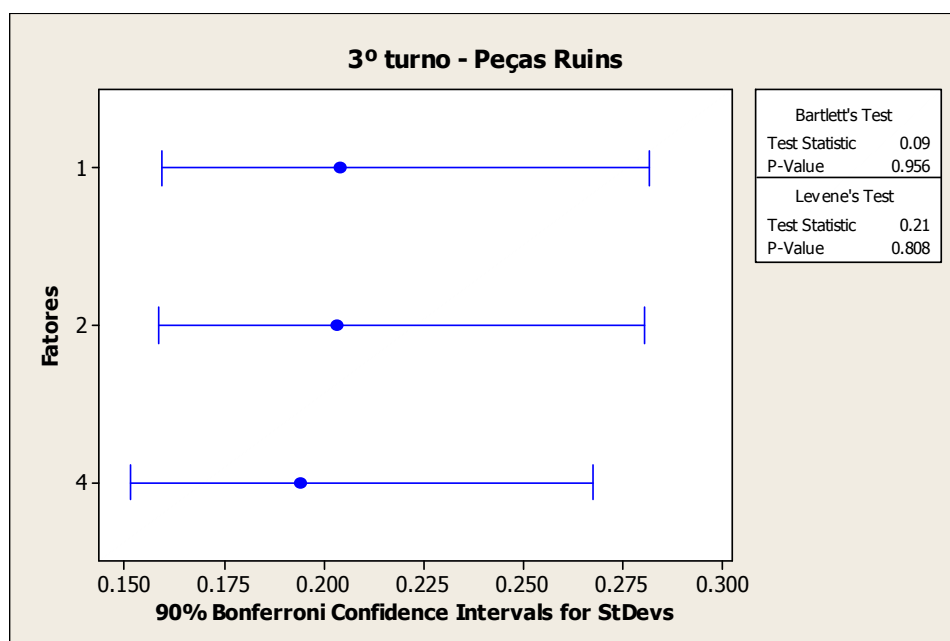


Figura 49 – Intervalo de Confiança Peças Ruins (1º teste/3º turno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
Fonte: Minitab 15

2º teste

Results for: 3 turno - Peças Boas

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.185851	0.237782	0.328363
2	30	0.067050	0.085786	0.118465
4	30	0.081718	0.104552	0.144380

Bartlett's Test (Normal Distribution)
Test statistic = 35.06, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 1.63, p-value = 0.202

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	2	3.2552	1.6276	65.25	0.000
Error	87	2.1701	0.0249		
Total	89	5.4252			

S = 0.1579 R-Sq = 60.00% R-Sq(adj) = 59.08%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	30	3.2033	0.2378
2	30	3.6217	0.0858
4	30	3.5900	0.1046

3.15 3.30 3.45 3.60

Pooled StDev = 0.1579

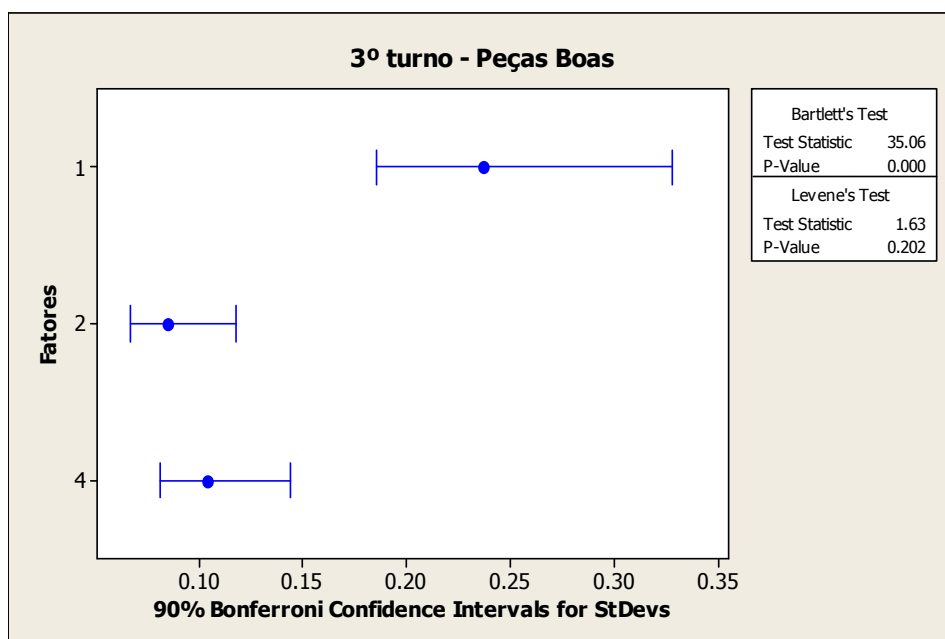


Figura 50 – Intervalo de Confiança Peças Boas (2º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

3º teste

**Results for: 3 turno - Peças Boas (2)
 Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores**

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.0842562	0.107799	0.148865
2	30	0.0670504	0.085786	0.118465
3	30	0.0817178	0.104552	0.144380

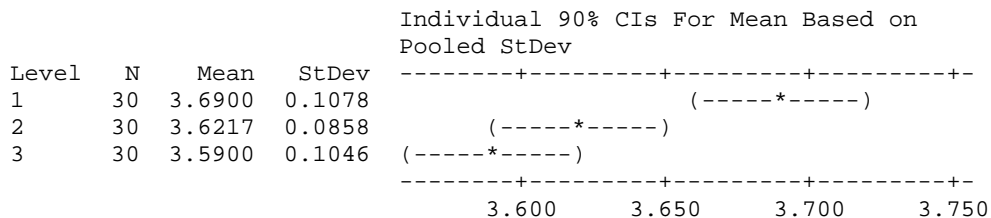
Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 1.67, p-value = 0.434

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.27, p-value = 0.766

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	2	0.15672	0.07836	7.86	0.001
Error	87	0.86742	0.00997		
Total	89	1.02414			

S = 0.09985 R-Sq = 15.30% R-Sq(adj) = 13.36%



Pooled StDev = 0.0999

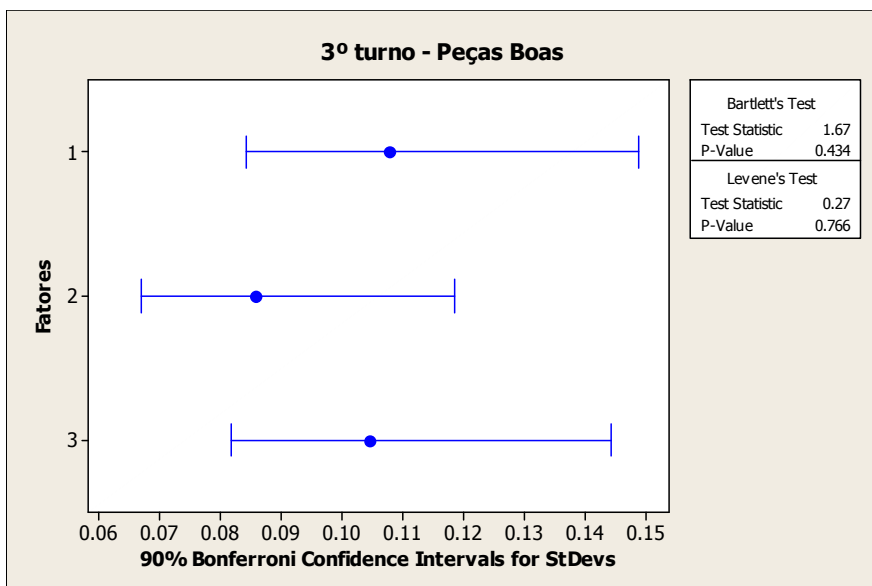


Figura 51 – Intervalo de Confiança Peças Boas (3º teste/2ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

4º teste

Results for: 3 turno - Peças Boas (3)

Test for Equal Variances: Resposta versus Fatores

90% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Fatores	N	Lower	StDev	Upper
1	30	0.0858250	0.109807	0.151637
2	30	0.0670504	0.085786	0.118465
3	30	0.0817178	0.104552	0.144380

Bartlett's Test (Normal Distribution)
 Test statistic = 1.86, p-value = 0.395

Levene's Test (Any Continuous Distribution)
 Test statistic = 0.80, p-value = 0.454

One-way ANOVA: Resposta versus Fatores

Source	DF	SS	MS	F	P
Fatores	2	0.0341	0.0170	1.68	0.192
Error	87	0.8801	0.0101		
Total	89	0.9141			

S = 0.1006 R-Sq = 3.73% R-Sq(adj) = 1.51%

Individual 90% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	30	3.6367	0.1098
2	30	3.6217	0.0858
3	30	3.5900	0.1046

-----+-----+-----+-----+-----
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+-----
 3.570 3.600 3.630 3.660

Pooled StDev = 0.1006

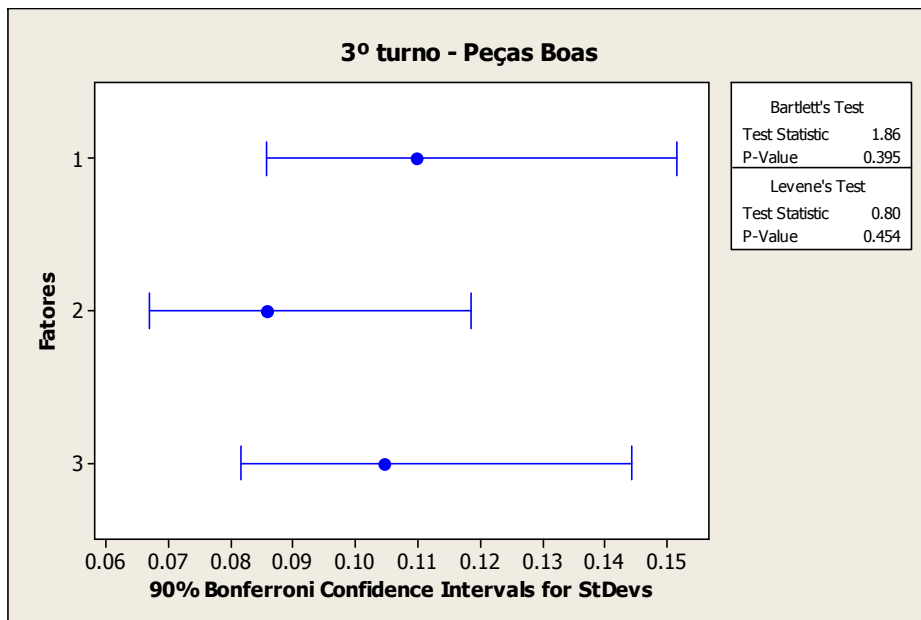


Figura 52 – Intervalo de Confiança Peças Boas (4º teste/3ºturno) – Teste de Tração Cateter Adaptador
 Fonte: Minitab 15

4.2.5. RESUMO

Turno	Teste	P_Value		Desvio Padrão	
		Boas	Ruins	Boas	Ruins
1º	1º	0.000	0.000	0.1843	0.1973
1º	2º	0.021	0.257	0.2654	0.1755
1º	3º	0.710	0.648	0.2490	0.1686
1º	4º	0.000	0.049	0.1442	0.1436
1º	5º	0.026	0.490	0.1345	0.1245
1º	6º	0.254	-	0.1404	-
2º	1º	0.000	0.000	0.1355	0.2796
2º	2º	0.000	0.002	0.1638	0.2820
2º	3º	0.023	0.000	0.1765	0.2414
2º	4º	0.000	0.229	0.1479	0.2239
3º	1º	0.000	0.082	0.1868	0.2004
3º	2º	0.000	-	0.1579	-
3º	3º	0.001	-	0.0999	-
3º	4º	0.192	-	0.1006	-

Figura 53 – Tabela de resumo
Fonte: do autor

4.3. TESTE DE PROFUNDIDADE DO METAL WEDGE

Para a realização deste MSA foi considerado o cateter 22G, por se tratar do calibre mais produzido. O equipamento utilizado foi calibrado antes do início dos testes.

Todas as pessoas que participaram deste estudo (9 operadores das máquinas A-SAM) foram treinadas anteriormente, inclusive aquelas que desempenham a função esporadicamente.

A característica crítica para a qualidade (CTQ) analisada no teste é a profundidade do metal wedge. O teste de profundidade do metal wedge é classificado como crítico, não destrutivo e seu tipo de dado é variável.

4.3.1. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O Critério de aceitação para este MSA foi determinado segundo a criticidade da operação e dos itens que serão testados. Este valor considerou a precisão e a adequação do instrumento que será utilizado e foi definido na tabela abaixo de acordo com a classificação do nível de defeito:

Critério de Aceitação - MSA	
% da Variação Total <= 20% "Total Gage R&R"	Número de Categorias Distintas >= 4 "Number of Distinct Categories"

Figura 54 – Critério de Aceitação – Teste de Profundidade do Metal Wedge
Fonte: do autor

4.3.2. EQUIPAMENTOS

- Relógio Comparador .980/.00005

Antes do início dos testes, os equipamentos foram avaliados pelo laboratório de calibração com a finalidade de garantir que ambos os relógios reproduzem os mesmos valores. Dessa maneira, devido a indisponibilidade de tempo, as avaliações foram feitas apenas em um equipamento.

4.3.2. EXECUÇÃO

Para a realização dos testes, foram confeccionadas 10 amostras. Cada peça possuía uma identificação numérica, de 1 a 10. Foi solicitado aos participantes que medissem a mesma peça duas vezes em ordem aleatória.



Figura 55 – Amostras – Teste de Profundidade do Metal Wedge
Fonte: do autor

De acordo com o procedimento do teste e as observações realizadas, foi definido que o cateter deve ser posicionado no relógio com as “abas” do adaptador paralelas ao suporte do relógio. Só depois, o pino deve ser abaixado pesando sobre a peça e a medida do leitor digital anotada.

Por fim, os dados coletados foram analisados em um estudo de GAGE R&R Cruzado. Estas análises foram feitas no software Minitab 15.

4.3.3. RESULTADOS

- 1º turno

1º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0054661	0.0006073	916.881	0.000
Operador	4	0.0000225	0.0000056	8.482	0.000
Amostras * Operador	36	0.0000238	0.0000007	2.365	0.002
Repeatability	50	0.0000140	0.0000003		
Total	99	0.0055264			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000007	1.17
Repeatability	0.0000003	0.46
Reproducibility	0.0000004	0.72
Operador	0.0000002	0.40
Operador*Amostras	0.0000002	0.31
Part-To-Part	0.0000607	98.83
Total Variation	0.0000614	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0008480	0.0050878	10.82
Repeatability	0.0005292	0.0031753	6.75
Reproducibility	0.0006625	0.0039753	8.46
Operador	0.0004978	0.0029868	6.35
Operador*Amostras	0.0004372	0.0026233	5.58
Part-To-Part	0.0077890	0.0467340	99.41
Total Variation	0.0078350	0.0470101	100.00

Number of Distinct Categories = **12**

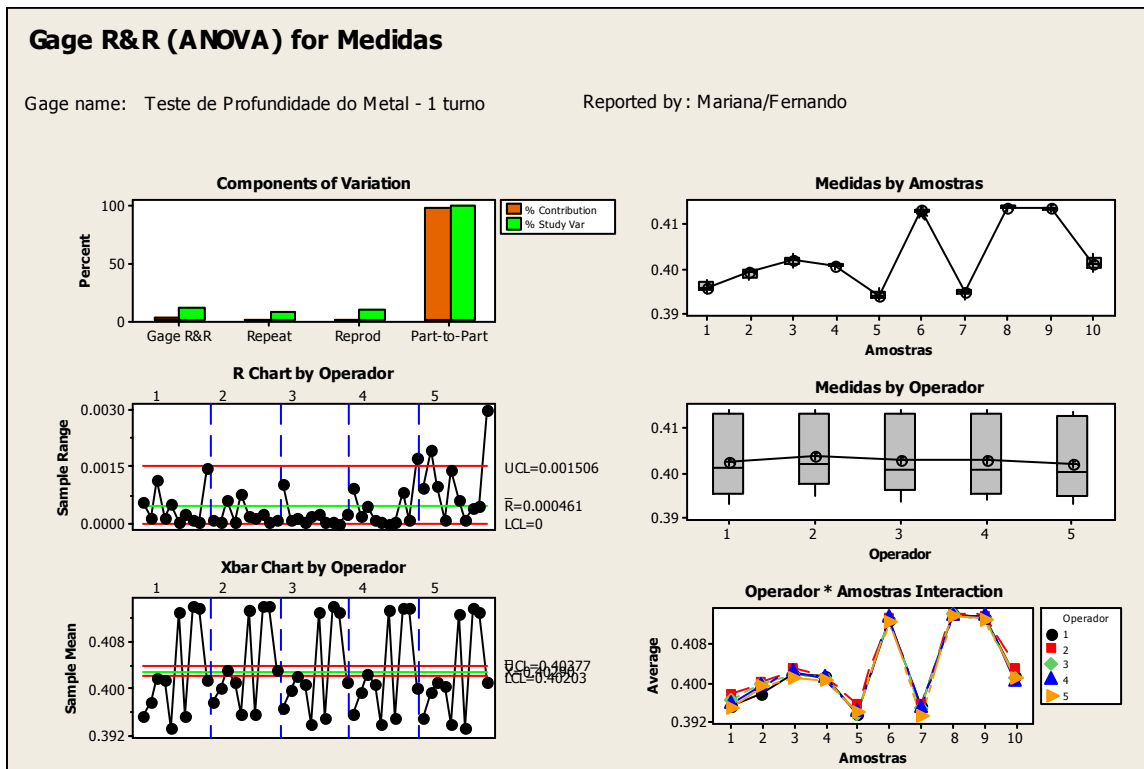


Figura 56 – 1º teste/1º turno – Teste de Profundidade do Metal Wedge
Fonte: do autor

Como o 3º turno possui apenas um operador nas A-SAM, optou-se por avaliá-lo junto aos operadores do 1º turno.

• 2º turno

1º teste

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostras	9	0.0045576	0.0005064	1158.25	0.000
Operador	3	0.0000075	0.0000025	5.71	0.004
Amostras * Operador	27	0.0000118	0.0000004	2.68	0.002
Repeatability	40	0.0000065	0.0000002		
Total	79	0.0045834			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000004	0.63
Repeatability	0.0000002	0.26
Reproducibility	0.0000002	0.38
Operador	0.0000001	0.16
Operador*Amostras	0.0000001	0.22
Part-To-Part	0.0000632	99.37
Total Variation	0.0000636	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0006350	0.0038102	7.96
Repeatability	0.0004042	0.0024249	5.07
Reproducibility	0.0004898	0.0029389	6.14
Operador	0.0003209	0.0019255	4.02
Operador*Amostras	0.0003700	0.0022203	4.64
Part-To-Part	0.0079527	0.0477162	99.68
Total Variation	0.0079780	0.0478681	100.00

Number of Distinct Categories = 17

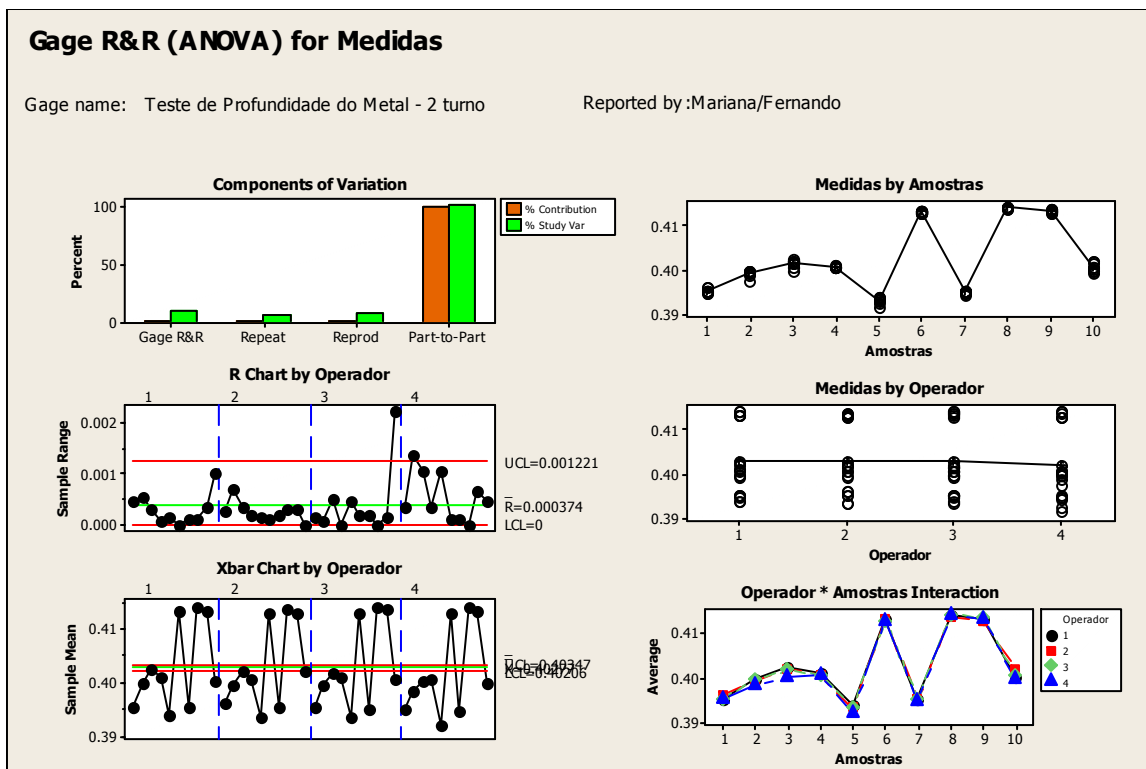


Figura 57 – 1ºteste/2ºturno – Teste de Profundidade do Metal Wedge
 Fonte: do autor

CAPÍTULO V

ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. TESTE DE MEDIDA DO FLARE

Na primeira fase de medição foi possível distinguir falhas no procedimento adotado por alguns operadores. Para os calibres 14G, 16G, 18G e 20G, os pontos de referência no metal (ponto onde o leitor é zerado) são diferentes do adotado para os calibres 22G e 24G. Dessa forma, os operadores acostumados a realizar os testes com os calibres menores apresentaram uma variação maior em relação aos que já mediam os cateteres dos calibres maiores.

Além disso, o teflon é mais largo que o suporte do microscópio, fazendo com que o cateter fique ligeiramente inclinado. Ao ajustarem a reta vertical do microscópio a essa inclinação, alguns se orientavam no extremo esquerdo e outros no extremo direito. Foi então definido que o ajuste do ponto de interseção das retas seria mais adequado do que o ajuste da reta vertical em relação ao metal.

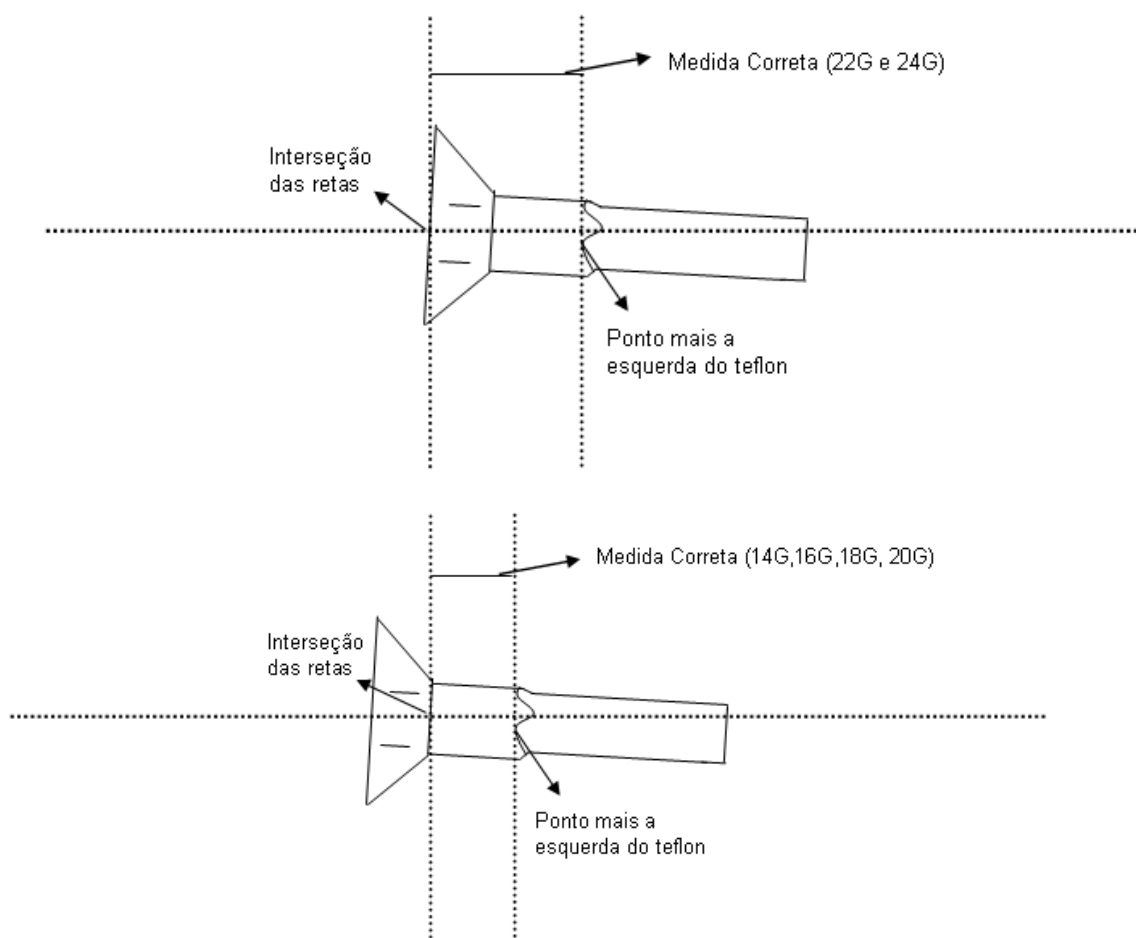


Figura 58 – Posicionamento da peça no microscópio
Fonte: do autor

A variação devido às imperfeições do corte do teflon também foi minimizada através da adoção deste critério.

Por fim, um fator determinante para a redução das variações entre os operadores foi o ajuste do foco. Foi identificado que os operadores que ajustavam o foco do microscópio antes de fixar os pontos tanto no metal quanto no teflon, apresentavam menores variações nas suas medições. O foco ótimo distingue a peça da própria sombra e da solda do suporte.

5.2. TESTE DE TRAÇÃO CATETER ADAPTADOR

Foi encontrada uma maior dificuldade na realização do MSA para o teste de tração devido a impossibilidade de padronizar a velocidade e a força exercida por cada operador ao puxar a peça. Quanto mais rapidamente as peças eram tracionadas, menores eram os valores de tração. A aproximação dos valores se deu através do consenso de uma velocidade ideal entre os envolvidos.

A confecção das amostras também contribuiu como um obstáculo. É conhecido que para o caso de testes destrutivos com dados variáveis, três grupos de amostras distintos com as médias de seus valores diferentes e dentro da especificação devem ser confeccionados de modo que possa ser verificado se as pessoas avaliadas são capazes de distinguir a diferença entre pequenos valores. No entanto, o processo de fabricação dos cateteres impede que esses grupos sejam produzidos conscientemente. Dessa forma, a única maneira de garantir a distinção entre eles é com a utilização de apenas dois grupos, um com peças cujo teflon foi propositalmente cravado mais distante da cavidade do metal e outro grupo de peças com cravamento normal.

Outro fator de variação localizado foi a interrupção do movimento antes do rompimento do teflon. Como os valores de tração são registrados para o posterior controle do processo é necessário que, ainda que o valor tenha superado o especificado para a aprovação, a peça seja tracionada até se romper.

Observou-se também que os avaliados que apresentavam a média das suas medidas mais alta que a dos demais costumavam apoiar a peça com a outra mão para que a mesma não se desprendesse do equipamento. Isso fazia com que a força de apoio influenciasse na leitura.

5.3. TESTE DE PROFUNDIDADE DO METAL WEDGE

Na primeira bateria de testes, cada operador realizou a medição como de costume. Suas medidas, bem como os números das amostras foram registrados pelo próprio avaliado no formulário.

Como se trata de um teste simples, não foram localizados muitos fatores de variação. O posicionamento do adaptador no equipamento foi adotado da mesma maneira por todos os operadores. A fixação da peça independe da ação do executor, portanto, as leituras foram muito semelhantes (salvando as variações do próprio relógio-comparador e o desgaste das amostras).

O % de variação total para ambos os turnos foi satisfatório se comparado ao limite pré-estabelecido de 20% (10.82% para o 1º turno e 7.96% para o 2º turno). Portanto, todos os avaliados foram aprovados na primeira bateria de testes.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

Através da análise dos dados, é possível verificar que os objetivos do estudo foram atingidos com êxito.

A partir da realização do trabalho, foi possível identificar falhas na operação dos testes e promover a padronização de seus procedimentos. Além disso, esse estudo pôde proporcionar uma maior conscientização por parte de todos os envolvidos, que participaram ativamente do processo e puderam visualizar melhorias em seus trabalhos.

Um passo futuro será a execução de estudos de linearidade e vício. Além deles, a redução do critério de aceitação em busca da melhoria contínua.

A Análise do Sistema de Medição trata-se de uma ferramenta nova de qualidade, no entanto, quando empregada com seriedade, pode representar grandes saltos em termos de custos, produtividade e qualidade de produtos. Aliada a validação de processos e projetos Six Sigma, pode prolongar os resultados obtidos e validar as operações relacionadas ao controle de qualidade.

Cabe ressaltar que a maior dificuldade encontrada no projeto foi promover a disponibilidade por parte dos avaliados, visto que uma grande bateria de testes repetitivos se fez necessária. Durante o desenvolvimento do estudo, os resultados de cada fase foram demonstrados ao grupo como forma de motivá-lo a otimizar seus resultados. Esse esforço foi essencial para a colaboração dos mesmos.

Além disso, os benefícios do MSA só poderão ser enxergados a longo prazo e por conta disso, há uma grande resistência da alta gerência em empregar recursos como pessoas e materiais para sua viabilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. *Análises de sistemas de medição – MSA, Manual de referência*. 3ª. Ed. São Paulo: IQA, 2002. 225 p.

LUIZ SILVA, WELBERT. *Experiência na implantação da rotina de análise de sistemas de medição em uma indústria de auto peças*. 2002. 22f. Artigo (2nd International Conference on Advanced Measurement Techniques and Sensory Systems for Automotive Automotive Applications) - Ancona, Itália. 2002.

WOODALL, WILLIAM H. *Controversies and Contradictions in Statistical Process Control*. 2000. 10f. Artigo (44th Annual Fall Technical Conference of the Chemical and Process Industries Division) – Minneapolis, Minnesota. 2000.

WERKEMA, MARIA CRISTINA CATARINO. *Avaliação de Sistemas de Medição*. 1ª. Ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006. 116 p.

MONTGOMERY, DOUGLAS C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4ª. Ed. Rio de Janeiro:LTC, 2004. 513 p.

BECTON DICKINSON. Disponível em <http://www.bd.com>. Acesso em Maio de 2008.

CARTA DE MÉDIAS E AMPLITUDE. Disponível em <http://www.ritme.com/fr>. Acesso em outubro de 2008.

RUN CHART. Disponível em <http://www.army.mil>. Acesso em outubro de 2008.

GRÁFICO DE DISPERSÃO. Disponível em <http://www.prevqualar.org>. Acesso em outubro de 2008.

GRÁFICO DE RESÍDUOS. Disponível em <http://www.minitab.com.br>. Acesso em outubro de 2008.

ANEXO

Itens	Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Pesquisa Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Identificação do foco	X																	
Elaboração do cronograma	X	X																
Elaboração da Proposta	X																	
Definição dos equipamentos e pessoas	X	X	X	X	X	X												
Elaboração do Qualify				X	X	X												
Apresentação do Qualify							X											
Coleta de Dados									X	X	X	X	X	X	X			
Análise dos dados										X	X							
Implementação de correções												X	X					
Nova análise estatística														X	X	X		
Apresentação dos resultados (TCC)																		X

Cronograma
Fonte: do autor