

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA – CAMPUS PONTA GROSSA
ENGENHARIA MECÂNICA**

ALEXANDRA BELLONI DE ASSIS

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM INSPEÇÃO VISUAL NA FABRICAÇÃO
DE COMPONENTES PARA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2020**

ALEXANDRA BELLONI DE ASSIS

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM INSPEÇÃO VISUAL NA
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES PARA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Péricles Secco Cancian

PONTA GROSSA

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Mecânica
Bacharelado em Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM INSPEÇÃO VISUAL NA FABRICAÇÃO DE COMPONENTES PARA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

por

ALEXANDRA BELLONI DE ASSIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 10 de novembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me.Péricles Secco Cancian
Orientador

Prof. Dr.Gilberto Zammar
Membro Titular

Profa. Ma.Sandra M. Kaminski Tramontin
Membro Titular

Prof.Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho**
Coordenador do Curso

– O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Péricles Secco Cancian, pelas orientações, ensinamentos, correções e atenção ao longo desse ano que desenvolvi o trabalho.

Aos meus pais e minha irmã, que sempre me confortaram e incentivaram da melhor e mais amorosa forma possível, eles são o principal motivo por eu ter chegado ao final dessa jornada.

Ao meu namorado, pelos cuidados que me prestou, por ser esta pessoa maravilhosa que me incentiva e me alegra no dia-a-dia.

Aos verdadeiros amigos, que me deram força pela e me tiraram o riso quando precisei, eles estão sempre em minhas orações. Fazendo um agradecimento especial à duas pessoas, meu amigo Juliano Miranda, que também me orientou e me guiou por toda essa jornada, tanto profissionalmente quanto espiritualmente e meu colega Erlânio que me deu uma ajuda imprescindível durante toda realização da parte prática.

À universidade, seu corpo docente, direção e administração que me acolheu e apoiou durante toda jornada.

À empresa estudada, por fornecer informações, tempo de seus colaboradores e o ambiente para que o estudo acontecesse.

Por último e mais importante agradeço a Deus, por todas as oportunidades que me deu, por todas as pessoas que colocou em minha vida para que me guiassem até esse momento e por todas as vitórias que me concedeu.

Dedico este trabalho à minha avó Áurea, esteja ela onde estiver nesse momento, grande fonte de inspiração para nunca desistir dos meus sonhos.

RESUMO

ASSIS, Alexandra Belloni. **Análise do sistema de medição aplicado à uma indústria automotiva. 2019.** Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

A ferramenta de Análise dos Sistemas de Medição (MSA) é uma das maneiras de se verificar a confiabilidade de medição para ensaios visuais. No trabalho em questão, foi utilizada a ferramenta de MSA por atributo, para examinar um processo de vulcanização, em uma indústria automotiva que utiliza como o principal método de controle de qualidade para essa etapa a inspeção visual. A partir de um estudo bibliográfico, foram apresentados conceitos básicos para que fosse possível compreender de forma mais abrangente a ferramenta MSA. Também foram apresentadas as equações utilizadas, termos técnicos para a medição por atributo sendo utilizada a metodologia de Análise de teste de hipótese – método da tabulação cruzada. Com o uso dessa metodologia foi possível mensurar a concordância entre avaliadores, probabilidade de falso alarme, probabilidade de falha de medição e avaliar a eficácia da inspeção visual como método de medição.

Palavras-chave: Análise do Sistema de Medição. Medição por atributo. Inspeção visual. Teste de hipótese. Tabulação cruzada.

ABSTRACT

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

The Measurement System Analysis (MSA) tool is one of the ways to verify a quality evaluation for visual tests. In this paper work, the attribute measurement tool was used to examine a process, called vulcanization, in an automotive industry that uses the visual inspection as the main method of quality control. From a bibliographic study, basic concepts were presented so that it was possible to comprehend the MSA tool. In this study was also deepened by presenting the equations used and more technical terms for the measurement by attribute, the methodology used was the Hypothesis Test Analysis - Cross Section Method. Through this methodology it was possible to measure the agreement between evaluators, the probability of false alarm, efficacy and probability of failure and it was possible to analyze the quality of the measurement system.

Keywords: Measurement System Analysis. Attribute Gage. Visual Inspection. Cross section. Hypothesis Test Analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVO GERAL	10
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE	12
2.1.2 Era da inspeção	13
2.1.2 Era do Controle estatístico da qualidade.....	13
2.1.3 Era da Garantia da Qualidade.....	13
2.1.4 Era da Gestão da Qualidade Total.....	14
2.2 NORMAS IMPORTANTES PARA O SETOR AUTOMOTIVO.....	14
2.3 CAPABILIDADE DE UM PROCESSO	15
2.4 CUSTOS DA QUALIDADE E NÃO QUALIDADE	17
2.4.1 Refugo.....	17
2.5 SISTEMA DE MEDIÇÃO	18
2.6 INSPEÇÃO VISUAL	19
2.6.1 Inspeção 100%	19
2.7 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MEDIÇÃO	19
2.7.1 Sistemas replicáveis e não replicáveis.....	20
2.7.2 Classificação dos tipos de leitura do sistema de medição	20
2.7.2.1 Medição por variável.....	20
2.7.2.2 Medição por atributo	20
2.7.3 Erros do sistema de medição.....	21
2.7.3.1 Estabilidade (ou desvio)	21
2.7.3.2 Tendência	21
2.7.3.3 Linearidade	21
2.7.3.4 R&R – Repetitividade e Reprodutibilidade.....	22
2.7.4 MSA – Análise do sistema de medição.....	22
2.7.4.1 Análise de teste de hipóteses – Método da Tabulação Cruzada.....	23
3. METODOLOGIA	28
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	28

3.2 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE ESTUDADO	28
3.3 PASSOS OPERACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MSA	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1. AVALIADORES vs. AVALIADORES.....	35
4.2 AVALIADORES vs. PADRÃO	39
5. CONCLUSÃO	45
5.2 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A ascensão do setor automobilístico no último século fez com que houvesse um aumento da competitividade entre indústrias fabricantes de automóveis. As empresas buscam metodologias para a melhoria de produtos e processos, devido ao fato de o cliente estar exigindo cada vez mais produtos e serviços de melhor qualidade.

O termo qualidade pode ser definido como um produto que apresenta conformidade com as especificações com menor variabilidade possível (MONTGOMERY, 2009), a filosofia do que é a qualidade, possui um importante ramo a ser estudado e melhorado continuamente, que inclui os métodos de medição utilizados durante todo o processo de manufatura automotiva, auxiliando na coleta de dados precisos para auxiliar no controle estatístico de processo, que por sua vez, tem a função de garantir a confiabilidade nos procedimentos levando a total credibilidade no produto final.

Todo processo de medição é constituído por mais que os próprios instrumentos de medição, envolve a utilização de padrões rastreáveis, métodos padronizados para medir, mão de obra qualificada e adequação do meio ambiente. Um bom sistema de medição deve ser acurado, ou seja, tão próximo à realidade quanto possível for, dentro de um custo acessível para a realização do produto. Um estudo crítico dos métodos de medição é um quesito que possui influência em todo processo industrial, pois todo meio de controle pode ser considerado como fator de influência no produto final, desde equipamentos simples como termômetros, paquímetros, micrômetros, durômetros até mesmo máquinas de maior complexidade como máquinas de medição de coordenadas ou máquinas de ensaios universal.

Quando há uma não conformidade, as consequências disso serão insatisfação do cliente, custos relacionados à não qualidade como retrabalho, reparo e itens rejeitados, gerando menor lucratividade e competitividade com a concorrência. Para evitar a ocorrência de não conformidades, existem ferramentas da gestão da qualidade que podem ser aplicadas, sendo uma delas a metodologia de Análise dos Sistemas de Medição (MSA) estudada e utilizada neste trabalho, esta metodologia do MSA, emprega métodos estatísticos para identificar e quantificar a variabilidade do

sistema de medição, auxiliando na escolha ou correção de sistemas de medição adequando-os para o uso definido pelos padrões da indústria automobilística.

Um bom planejamento de experimentos exige o conhecimento dos vários fatores que tem influência dentro de um processo de fabricação ou montagem, como matéria prima, tipos de ajustes de máquinas, condições de operações e sistemas de medição e controle de qualidade (MSA, 2010).

Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa aplicada da análise dos sistemas de medição, o MSA, em uma indústria fornecedora de componentes para indústrias automotivas, localizada na região dos campos gerais, com propósito de analisar a eficiência do sistema de medição por inspeção visual de um processo de vulcanização de acordo com os requisitos do cliente.

1.2 OBJETIVO GERAL

Realizar a análise do sistema de medição de componentes por inspeção visual em uma fábrica de autopeças na região dos campos gerais no Paraná.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar amostras para o estudo;
- Recolher dados junto aos avaliadores;
- Avaliar resultados obtidos;
- Concluir e propor melhorias.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em cinco capítulos.

O capítulo 1 traz a visão geral e introdutória do tema do trabalho, bem como o problema, a justificativa, objetivo geral e objetivos específicos.

O capítulo 2 apresenta uma breve revisão de literatura sobre o histórico da gestão da qualidade, sistema de medição e aprofunda um pouco mais sobre o que é o MSA e suas características focando mais sobre área a ser estudada.

O capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa, o descritivo do ambiente de estudo e os passos operacionais que foram realizados.

O capítulo 4 desenvolve resultados e discussões do estudo aplicado.

O capítulo 5 finaliza com as conclusões obtidas através dos passos anteriores e o capítulo 6 consta recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

A Qualidade tem se tornado um dos mais importantes atributos ao consumidor na seleção de produtos e serviços, conseqüentemente o entendimento e a melhoria do sistema da qualidade são a chave para um negócio de sucesso que pode crescer e ser competitivo quanto aos demais da mesma área (MONTGOMERY,2009). Por sua vez as ferramentas que compõem a Gestão da Qualidade possuem um papel imprescindível para que a teoria tenha êxito na prática, pois garantem a viabilidade da estrutura (CARVALHO, 2012).

Para Crosby (1994) a definição de Qualidade é definida como os requisitos em conformidade com as especificações previamente definidas pelo cliente, sendo esses requisitos mensuráveis, ele ainda diz que a falta de conformidade está ligada ao custo da qualidade.

Segundo Feigenbaum (1990) Qualidade é definida como atendimento as expectativas do cliente através da combinação entre características de produtos e serviços. Já Demming (1990) diz que não é só a ausência de não-conformidades que define a qualidade, mas a preferência do consumidor em relação à concorrência que será o critério de maior importância, que irá manter a empresa, hoje e no futuro.

Por sua vez, Garvin (2002) dividiu a qualidade em quatro diferentes eras: Era da inspeção, Era do Controle Estatístico do Processo, Era da Garantia da Qualidade e Era da Gestão da Qualidade Total.

2.1.1 Era da Inspeção

Nesta fase, que inicia no final do século XVIII e segue até o começo do século XIX a Qualidade era vista como sendo a uniformidade em todos os produtos, havia uma ênfase voltada para a conformidade e não havia uma preocupação em analisar criticamente os problemas ou defeitos, apenas segregar e eliminar, gerando um grande desperdício e também um alto número de refugos (GARVIN,2002).

Ainda segundo Garvin (2002) com o sistema de produção se tornando cada vez mais complexo com a estrutura norte-americana e a produção de peças utilizando maquinários, conforme o decorrer dos anos da Era da Inspeção foi buscando exatidão

e se aprimorando com a criação de um sistema racional de medidas. Então no início do século XIX foram criados gabaritos e acessórios que permitiam medidas efetivas e com maior precisão. Porém, segundo Kock (2000), o conceito de inspeção dessa época não era o correto por entender que a qualidade fica exclusivamente na mão de uma só pessoa, que seria o inspetor do final da linha de produção, e então, o conceito de que todos devem ser responsáveis pela qualidade acaba não ocorrendo.

2.1.2 Era do Controle estatístico da qualidade

No início no século XX, surgindo no cenário da Segunda Guerra Mundial em plena ascensão da Revolução Industrial foi iniciado o pensamento voltado a resolução dos problemas referentes a qualidade, no grupo pioneiro estava o nome destaque Walter A. Shewart, que junto de outros nomes deram o surgimento do Controle Estatístico de Processos. Através desses estudos se deu início a utilização de ferramentas técnicas estatísticas que avaliava o processo de produção através de amostragens (GARVIN,2002).

Nessa Era, o foco deixou de ser inteiramente no produto final e passou a ser também voltado para o processo. Surgiram os primeiros estudos sobre padronização de qualidade e mesmo em meio à Segunda Guerra Mundial foram introduzidos os Gráficos de controle de Shewart (ABRANTES, 2009).

O impacto do Controle estatístico na era anterior, foi que através dele era então possível definir o número de produtos nos quais seriam feitas inspeção e essas características encontradas seriam expandidas para o lote inteiro (GARVIN,2002).

2.1.3 Era da Garantia da Qualidade

Destacam-se nessa era dois nomes, Edwards Deming e logo depois Joseph Juran. Juran deu uma nova visão à Qualidade onde esta passou a ser voltada ao atendimento do cliente assim como toda a adequação do produto também foi voltada a essa abordagem (GARVIN,2002).

Entre 1970 e 1980 os japoneses começaram implantar métodos na área de produção e controle. Ocorreu o surgimento de ferramentas como Análise de Modo e Efeitos da Falha (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA), ou Método de Análise do

tipo e efeito de falha, utilizado pela primeira vez em 1977 e buscava a detectar falhas antes mesmo da produção da peça ou produto (ABRANTES,2009).

2.1.4 Era da Gestão da Qualidade Total

Originalmente chamada de Controle da Qualidade Total (Total Quality Control - TQC), esta era teve o nome adaptado e ficou conhecida como Gestão da Qualidade Total (Total Quality Management - TQM) apenas a partir da década de 1980 (Paladini, 2006).

Com início no final do século XX, a atual era consiste em um aperfeiçoamento na Garantia da Qualidade, possui foco nos processos e nos clientes. É baseada nos princípios de que todos devem estar engajados para um planejamento estratégico da Qualidade efetivo, deve haver trabalho em equipe, reconhecimento e valorização dos colaboradores e envolvimento de consumidores e fornecedores (ABRANTES,2009).

Segundo Montgomery (2009), é preciso ter equipes focadas na produção e equipes que saibam gerenciar problemas específicos da área para que se implementem uma abordagem de Gestão pela Qualidade Total.

Um conceito muito importante foi o ciclo PDCA, (Plan, Do, Check, Act) popularizado por Demming, que significa: Planejar, desenvolver, checar e agir corretivamente. O PDCA tem como objetivo de maneira mais simples, pois possui apenas quatro passos, fazer uma padronização das informações do controle de qualidade (ABRANTES,2009).

2.2 NORMAS IMPORTANTES PARA O SETOR AUTOMOTIVO

A indústria automotiva requer alto nível de qualidade do produto, além de produtividade e competitividade, como forma de padronizar, muitas montadoras de veículos vêm exigindo aos seus fornecedores, junto de seus requisitos básicos, certificação com a norma de gestão da qualidade do setor automotivo (CESQUA, 2018).

A organização internacional para padronização (ISO) elaborou as especificações técnicas específicas para o setor automotivo, lançando a ISO TS16949 (International Organization for Standardization/ Technical Specification) publicada

com o objetivo de unificar os requisitos adicionais impostos por montadores que dificultava o atendimento às exigências por parte dos fornecedores. Ela é baseada na ISO 9001 e inclui abordagens que o setor automotivo exige, como: controle estatístico do processo, custos de fabricação e processo de aprovação de peças de produção. (GUARNIERI; HATAKEYAMA, 2005).

Desenvolvida pelos principais fabricantes de automóveis a IATF 16949:2016 (International Automotive Task Force) que, assim como a ISO/TS 16949, baseia-se no padrão internacional do sistema de gestão da qualidade ISO 9001 e substituiu a ISO/TS 16949 e é uma norma que auxilia na implementação do sistema de gestão da qualidade (CESQUA, 2018).

Sobre o MSA a IATF (2016) diz que estudos estatísticos devem ser conduzidos para que seja analisada a variação que está presente nos resultados de cada tipo de sistema de inspeção, medição e também equipamentos de teste que estão constando no plano de controle. As referências para aceitação devem estar de acordo com os manuais de referência e caso existam outros critérios devem estar em conformidade com o cliente.

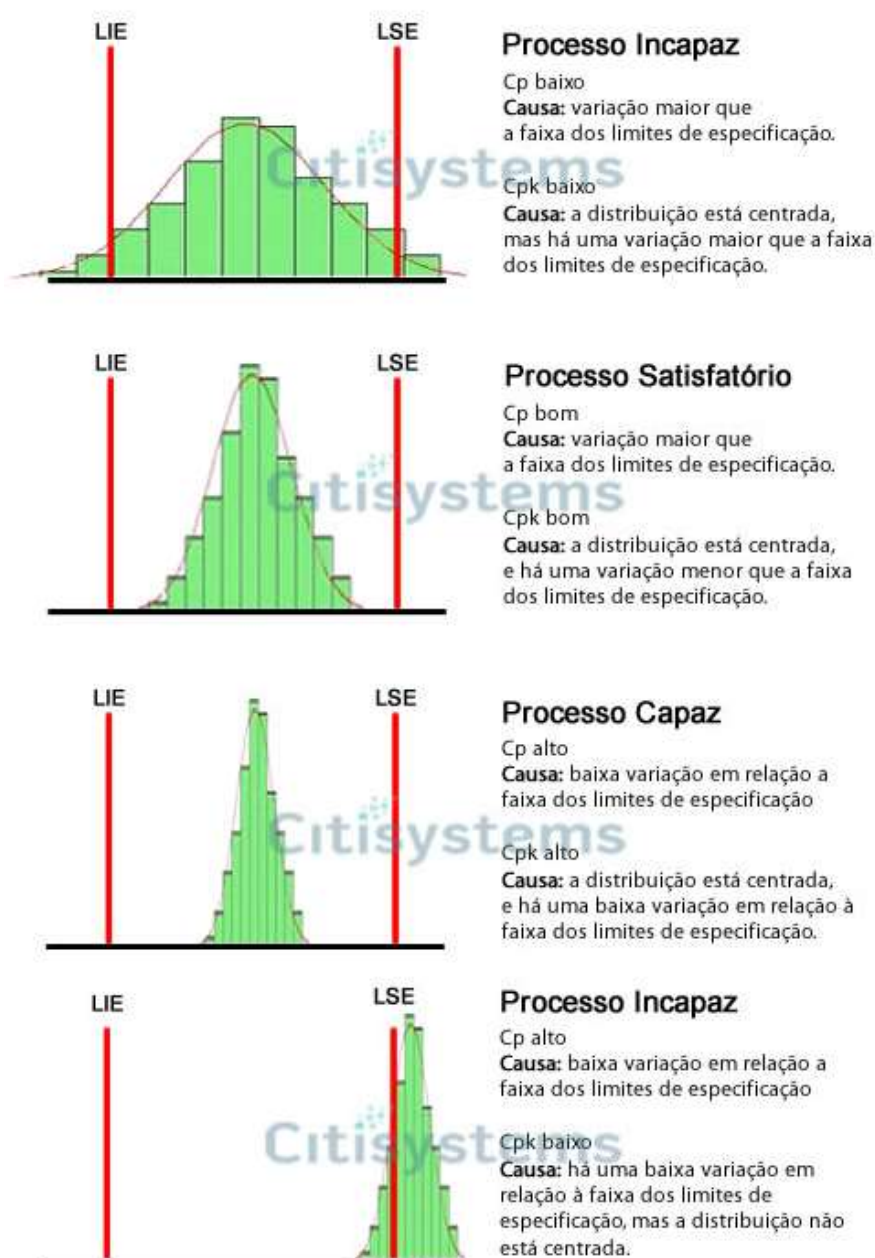
2.3 CAPABILIDADE DE UM PROCESSO

A capacidade de um processo está relacionada à capacidade desse processo em produzir itens que irão satisfazer requisitos do cliente ou de especificação. Para a indústria automotiva o cálculo de capacidade é feito apenas após o processo estar sob controle estatístico. Isso ocorre devido ao fato de que os resultados são usados como base para previsão de desempenho futuro do processo pois não há muito valor em realizar o estudo em um processo que não é estável com o tempo (AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP - AIAG, 2010).

O C_p e o C_{pk} são índices utilizados quando se trata de analisar a variabilidade do processo, a redução de variabilidade é o fator que orienta e a diminuição de não conformidade é a medida que irá trazer o sucesso (WU; PEARN e KOTZ, 2009). Quanto mais baixa for a variância do processo, maiores serão os índices de C_p e C_{pk} . É sugerido um $C_{pk} \geq 1,33$ para processos existentes, $C_{pk} \geq 1,5$ para novos processos ou para aqueles existentes que envolvem parâmetros críticos de segurança (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

O índice C_p é considerado o índice de capacidade potencial do processo, utilizado para avaliar a largura da amplitude do processo em comparação com a largura da especificação. Já o índice C_{pk} foi criado com o objetivo de medir a distância da média do processo em relação aos limites de especificação (MONTGOMERY e RUNGER, 2011). Uma maneira de expressar a capacidade do processo é em termos dos limites superior e inferior de especificação LSE e LIE, conforme observado na figura 1 um processo considerado capaz deve estar dentre os limites superior e inferior (MSA,2010).

Figura 1 – Índices de capacidade de um processo C_p e C_{pk}



2.4 CUSTOS DA QUALIDADE E NÃO QUALIDADE

A qualidade não pode e não deve ser vista como um custo, mas sim como um investimento que irá ter um retorno garantido (CROSBY,1994). Feigenbaum (1994) complementa dizendo os custos relacionados a operação da qualidade devem ser vistos como associados a confiabilidade, segurança, cumprimento de exigências internas e também as consequências vindas de falhas, em relação com cumprimento dessas exigências, sendo elas internas ou diretamente no cliente final.

Os custos relacionados a qualidade podem ser divididos em tópicos, segundo Barro (1998):

1. Custos de Prevenção: São as despesas relacionadas a precaução de falhas.
2. Custos de Avaliação: São as despesas que são empreendidas periodicamente a fim de que seja garantida a qualidade do serviço prestado ou do produto oferecido.
3. Custos de Falhas Internas: São as despesas com o serviço ou produto que foram descobertas logo após avaliação da qualidade.
4. Custos de Falhas Externas: São as despesas reclamadas pelo cliente final.

Para completar, Crosby (1994) relata que todos os erros podem ser evitados, ele traz o conceito Zero Defeito e conclui que cabem aos gestores desenvolver o compromisso em prevenir e focar no objetivo, mensurando custos e criando ações para solução dos problemas.

2.4.1 Refugo

O refugo é considerado como toda peça produzida que não satisfaz os requisitos do cliente e não podem ser retrabalhadas ou reclassificadas por esse motivo são descartadas. O seu descarte é feito através de empresas que fazem a coleta de resíduos industriais e o valor de venda é inferior ao de uma peça sem quaisquer defeitos. O custo líquido do refugo é dado pelo valor acumulado pelos processos até o momento de rejeição, subtraído pelo valor da venda do mesmo (STARK,2007).

2.5 SISTEMA DE MEDIÇÃO

Sistema de medição consiste em um conjunto com um ou mais instrumentos de medição que irão fornecer informações de valores medidos dentro do intervalo especificado (INMETRO, 2012), tendo como uma de suas características o Erro de medição que é a variação entre o valor verdadeiro ou de referência utilizado e o valor que foi medido de fato (VIEIRA, 1999).

O sistema de medição é utilizado para quantificar, corrigir ou avaliar uma característica do produto, um exemplo de influência direta pode ser a decisão de ajustar ou não um processo de fabricação, pois os dados de medição obtidos desse determinado processo quando inseridos no controle estatístico do processo pode indicar uma não conformidade e ajustes poderão e deverão ser feitos, caso contrário custos resultantes do problema serão gerados junto a empresa (LEÃO, 2012).

Resumidamente, é possível dizer que os instrumentos de medição são utilizados para obtenção de resultados que irão auxiliar na decisão sobre a qualidade de determinado processo e conseqüentemente, sobre determinado produto decidindo assim sobre o foco que será dado a fim de que satisfaça o cliente. AIAG (2010) diz que a utilização da estatística orienta de forma a tornar-se mais fácil o entendimento de quem utiliza e assim seja possível buscar uma conseqüente melhoria.

Existem alguns pontos chaves que podem definir um bom sistema de medição, sendo eles:

1. Sensibilidade e incrementação dos instrumentos adequados ao processo: A menor leitura de um instrumento de medição deve ser no mínimo a divisão da tolerância em dez partes
2. Instrumento com estabilidade estatística: Em condições reproduzíveis apenas causas comuns devem possuir efeitos sob a variação de medição.
3. Pouca variabilidade do sistema em comparação com os limites especificados do produto.
4. A variabilidade do sistema deve ser pequena e possuir resolução eficaz quando em comparação com o processo.

2.6 INSPEÇÃO VISUAL

A norma brasileira NBR 5426 – Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação de qualidade (1985) define como inspeção o processo de ensaiar, examinar e medir a unidade do produto ou comparar suas características com as especificações já determinadas.

A inspeção visual consiste em um ensaio não destrutivo, ensaio esse onde a peça não sofre danos, onde são avaliadas as condições de uma peça. É simples e de baixo custo não exigindo grandes investimentos, apenas uma boa iluminação e boas condições ambientes (COSTA, 2017).

Para que o ensaio visual saia da melhor maneira, é necessário que todo procedimento tenha um apoio visual na forma de fotos ou ilustrações aprovado pelo departamento da qualidade e de conhecimento do operador que executará o serviço. Além do mais a pessoa no encargo do ensaio deve estar com total conhecimento dos documentos aplicado ao produto ou serviço (SENAI, 1997).

A inspeção visual, pode gerar até cinco classificações distintas, sendo elas: muito bom, bom, suficiente, ruim e muito ruim (MSA, 2010).

2.6.1 Inspeção 100%

A NBR 5425 (1985) define como inspeção 100% como inspeção de todas as unidades de um determinado produto, onde cada uma é aceita ou rejeitada individualmente de acordo com cada característica de qualidade. Tal inspeção pode ser exigida pelo cliente, com exceção de casos onde são feitos ensaios destrutivos ou onde os custos de medição são excessivamente caros.

2.7 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MEDIÇÃO

Quando se trata de melhorar a qualidade de um produto, é necessária uma análise sobre as causas de variação que vão interferir no processo de produção, mas a variabilidade não pode ser considerada somente dados de medição como também erros associados (VIEIRA, 1999). Para isso deve-se conhecer os modos de medição e os tipos de erros associados aos sistemas.

2.7.1 Sistemas replicáveis e não replicáveis

É definido como um sistema de medição replicável todo aquele que a mesma característica é medida diversas vezes sem qualquer dano a peça (LEÃO, 2012).

Um sistema de medição não replicável aquele em que a característica não pode ser medida mais de uma vez pois o ensaio acaba danificando ou até mesmo destruindo a peça. Para esse sistema, os estudos admitidos são apenas os de estabilidade e R&R (LEÃO, 2012).

2.7.2 Classificação dos tipos de leitura do sistema de medição

Em estudos estatísticos, existem duas classificações quanto ao sistema de medição, são elas variável e atributo (MSA, 210).

2.7.2.1 Medição por variável

São características nas quais o resultado pode variar e é mensurável em uma escala contínua. Podem ser caracterizados como inspeções que precisam de valores numéricos e o resultado pode ser facilmente interpretado, caso os números estejam dentro da tolerância especificada o lote está aprovado, caso contrário está reprovado. (MSA, 2010).

2.7.2.2 Medição por atributo

São inspeções onde se detectam defeitos que são considerados subjetivos, geralmente essa medição classifica a peça em conforme ou não conforme, podendo ser uma inspeção visual ou utilizando um instrumento, como o calibrador tampão (MSA, 2010).

Um estudo de medição por atributos, em geral, consiste em um grupo de operadores fazendo avaliações de acordo com as referências das peças escolhidas um certo número de vezes, a partir dos resultados obtidos e possível fazer os estudos de repetitividade e tendência (MSA,2010).

Complementando, Costa, Eppretch e Carpinetti (2008) concordam dizendo que é possível fazer uma avaliação de um sistema de medição por atributos através do R&R, dizendo se esse é adequado ou não.

2.7.3 Erros do sistema de medição

Os erros de medição são associados a todas as imperfeições presentes em resultados provenientes da avaliação (MSA,2010).

2.7.3.1 Estabilidade (ou desvio)

Definida como a variação da tendência ao longo do tempo, ou seja, a variação entre o valor de referência e os valores obtidos através da medição (MSA,2010).

A estabilidade de um sistema de medição avalia o desempenho desse sistema ao longo de um certo período, cuja avaliação ocorrerá através de cartas de controle (MONTGOMERY, 2009).

2.7.3.2 Tendência

O estudo da tendência segundo Saleme e Stadler (2012), avalia a aptidão geral dos dados, ou seja, avalia o comportamento desses dados em um dado espaço de tempo se eles irão variar para mais, para menos ou irão se manter estagnados.

Define-se tendência como a diferença entre o valor de referência e a média dos valores obtidos através da medição. Podendo ser entendida como um erro sistemático (LEÃO,2012).

2.7.3.3 Linearidade

Segundo Montgomery (2009), a linearidade verifica o desempenho do dispositivo ao longo de sua faixa de uso.

Pode ser entendida como a diferença entre a média das medidas de uma grandeza em relação ao valor de referência, quando realizadas com mesmo

equipamento, método e avaliador. Ou seja, ela mede a variação da tendência. (LEÃO,2012).

2.7.3.4 R&R – Repetitividade e Reprodutibilidade

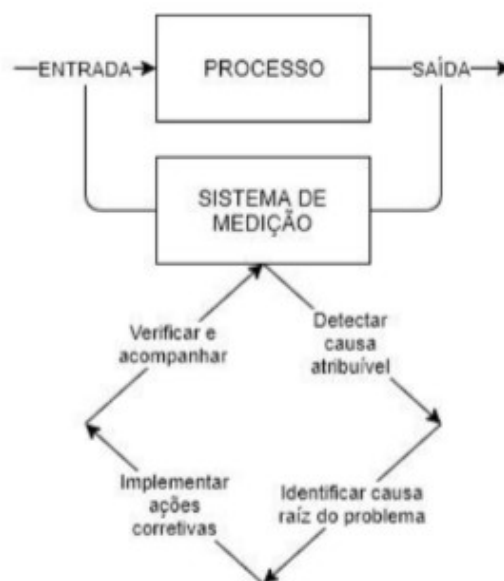
A Repetitividade consiste em estudar a variação das medidas obtidas por uma única pessoa que irá repetir esse processo diversas vezes para uma mesma grandeza. Já a Reprodutibilidade são diferentes pessoas utilizando o mesmo equipamento para medir diversas vezes uma mesma grandeza, porém em uma única peça (LEÃO,2012).

2.7.4 MSA – Análise do sistema de medição

MSA é o estudo estatístico que analisa a variação presente nos resultados dos dados obtidos de cada determinado processo. Nessa análise divide-se os tópicos: Sistema de medição replicáveis, não replicáveis e medição por atributo (AIAG,2010).

Na figura 2, observa-se de que maneira o MSA interage com o processo produtivo segundo Montgomery (2009).

Figura 2 - MSA e o processo produtivo



Fonte: Adaptado de Montgomery (2009)

2.7.4.1 Análise de teste de hipóteses – Método da Tabulação Cruzada

A análise de teste de Hipótese ou Método de Tabulação Cruzada, consiste em um estudo que pode ser feito para medições por atributo. Esse estudo baseia-se em desenvolver tabelas cruzadas a fim de comparar cada avaliador com os demais e também com o padrão. A tabela apresentando os resultados irá ilustrar a correlação entre variáveis (MSA,2010).

Para seleção de amostras o manual MSA (2010) diz que deve ser utilizada uma quantidade suficiente para que se consiga analisar as propriedades do sistema de medição, esse número precisa cobrir a amplitude de operação esperada. Como auxílio pode ser utilizado o Cp e Cpk onde para capacidade do processo boa uma amostra pequena deve ser suficiente.

Conforme o Automotive Industry Action Group - AIAG (2010) a primeira etapa dessa análise consiste em agrupar todos os dados obtidos, apresentando esses em formato de tabela onde 50 peças são avaliadas 3 vezes por cada avaliador a, b c e d (tabela 1). Os símbolos utilizados para a tabela possuem os respectivos significados:
 + Concordância entre todos os avaliadores de que a peça é conforme.
 - Concordância entre todos os avaliadores de que a peça é não conforme.
 x Desacordo entre os avaliadores.

Tabela 1 - Modelo para Análise de teste de hipótese

Peça	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Referência	Valor Ref.	Código
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,476901	+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,509015	+
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,576459	-
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,566152	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,570360	-
6	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0,544951	x
7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,465454	x
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,502295	+
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,437817	-
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,515573	+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,488905	+
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,559918	x
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,542704	+
14	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0,454518	x
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,517277	+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,531939	+
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,519694	+
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,484167	+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,520496	+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,477236	+
21	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,452310	x

22	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0,545604	x
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,529065	+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,514192	+
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,599581	-
26	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,547204	-
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,502436	+
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,521642	+
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,523754	+
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,561457	x
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,503091	+
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,505850	+
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,487613	+
34	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0,449696	x
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,498698	+
36	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0,543077	x
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,409238	-
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,488184	+
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,427687	-
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,501132	+

Fonte: Adaptado de AIAG (2010)

O próximo passo consiste em resumir todas as informações apresentadas na tabela 1 em uma tabela de frequências onde é possível ter acesso a todas as informações com mais clareza. No quadro 1 é exemplificado acordos e desacordos entre avaliadores A e B, mas o mesmo deve ser aplicado entre os demais até que a comparação entre todos os avaliadores seja concluída (AIAG,2010).

Quadro 1 – Disposição dos dados para tabela de frequências

	Operador B		
Operador A	Conforme	Não Conforme	Total
Conforme	o_{11}	o_{12}	o_1
Não Conforme	o_{21}	o_{22}	q_1
Total	o_2	q_2	n

Fonte: AIAG (2010)

Onde:

o_{11} : número de classificações aprovadas para o avaliador A e aprovadas para o avaliador B;

o_{12} : número de classificações aprovadas para o avaliador A e reprovadas para o avaliador B;

o_{21} : número de classificações reprovadas para o avaliador A e aprovadas para o avaliador B;

o_{22} : número de classificações reprovadas para o avaliador A e reprovadas para o avaliador B;

$o_1 = o_{11} + o_{12}$: total de aprovações do avaliador A;
 $q_1 = o_{21} + o_{22}$: total de reprovações do avaliador A;
 $o_2 = o_{11} + o_{21}$: total de aprovações do avaliador B;
 $q_2 = o_{12} + o_{22}$: total de reprovações do avaliador B;
 n : total de medições por avaliador $= o_1 + q_1 = o_2 + q_2$

Em primeiro momento são calculadas as proporções observadas (Quadro 2), onde as frequências que os dois avaliadores concordam encontram-se na diagonal principal da tabela, após esta apuração é calculado a proporção esperada (Quadro 3) que estima a expectativa da distribuição dos dados, ou seja, a probabilidade de os dois avaliadores concordarem ou não concordarem em uma observação aleatória.

Quadro 2 – Tabela de proporções observadas

	Operador B		
Operador A	Conforme	Não Conforme	Total
Conforme	$P_{11} = \frac{o_{11}}{n}$	$P_{12} = \frac{o_{12}}{n}$	$PA_1 = \frac{o_1}{n}$
Não Conforme	$P_{21} = \frac{o_{21}}{n}$	$P_{22} = \frac{o_{22}}{n}$	$PA_2 = \frac{q_1}{n}$
Total	$PB_1 = \frac{o_2}{n}$	$PB_2 = \frac{q_2}{n}$	1

Fonte: AIAG (2010)

Em seguida são calculadas as proporções esperadas que são as frequências que estatisticamente se espera encontrar caso a classificação seja feita outras vezes ao acaso (AIAG,2010).

Quadro 3 – Tabela de proporções esperadas

	Operador B		
Operador A	Conforme	Não Conforme	Total
Conforme	$E_{11} = PA_1 * PB_1$	$E_{12} = PA_1 * PB_2$	$EA_1 = E_{11} + E_{12}$
Não Conforme	$E_{21} = PA_2 * PB_1$	$E_{22} = PA_2 * PB_2$	$EA_2 = E_{21} + E_{22}$
Total	$EB_1 = E_{11} + E_{21}$	$EB_2 = E_{12} + E_{22}$	1

Fonte: AIAG (2010)

O próximo passo é realizar o cálculo do kappa, que é utilizado para determinar o nível de concordância entre dois avaliadores quando ambos avaliam o mesmo objeto, quando o valor for 1 indica que há perfeita concordância, já o valor 0 indica que a concordância não é melhor que o acaso. Em geral na prática os valores de kappa maiores que 0,75 são considerados como entre boa e excelente concordância e valores abaixo de 0,40 indicam uma concordância ruim. O coeficiente não leva em consideração o tamanho da divergência no resultado de medição entre os avaliadores, apenas a probabilidade estatística de eles concordarem ou não (MSA,2010). Segue equação:

$$kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (1)$$

p_o = a soma das proporções observadas nas células em diagonal.

p_e = a soma das proporções esperadas nas células em diagonal.

A partir dessas considerações é possível determinar:

- Probabilidade de Alarme Falso: É a probabilidade de o avaliador considerar uma peça que está conforme como ruim.

$$Probabilidade\ de\ alarme\ falso = \frac{o_{21}}{(o_{11} + o_{21})} \quad (2)$$

- Probabilidade de Falha: É a probabilidade de o avaliador aprovar uma peça não conforme.

$$Probabilidade\ de\ falha = \frac{o_{12}}{(o_{12} + o_{22})} \quad (3)$$

- Probabilidade de eficácia: probabilidade de acerto pelo avaliador, ou seja, considerar conforme uma peça conforme e classificar como não conforme uma peça não conforme.

$$Probabilidade\ de\ eficácia = \frac{(o_{11} + o_{22})}{(o_{11} + o_{21} + o_{12} + o_{22})} \quad (4)$$

Ainda de acordo com o MSA (2010), para todos os itens avaliados, probabilidade de eficácia, probabilidade de falha e probabilidade de alarme falso, há limites a serem considerados para que resultado encontrado possa ser avaliado, no quadro 4 são apresentadas as decisões a respeito de um sistema de medição em função dos resultados do avaliador do mesmo.

Quadro 4 - Diretrizes para os resultados da Análise de Testes de Hipóteses

Decisão	Eficácia	Porcentagem de falhas	Porcentagem de Falso alarme
Aceitável	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
Marginalmente aceitável	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
Inaceitável	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

Fonte: AIAG (2010)

3. METODOLOGIA

Para construção do embasamento teórico desse trabalho de conclusão de curso, foi utilizada a busca avançada de termos chave em diversos sites relacionados com o tema e em manuais e normas específicos do setor automotivo.

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

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada na produção de uma empresa multinacional do setor automotivo localizada na região dos campos gerais, no Paraná. A empresa tem foco na produção de autopeças e todos os dados apresentados foram obtidos no local.

Para que os objetivos fossem alcançados e verificada a qualidade do sistema de medição da empresa em questão, esta pesquisa apresenta uma metodologia de natureza aplicada, pois é realizada uma prática baseada em normas técnicas que permite uma análise dos sistemas de medição.

Em relação aos objetivos, segundo GIL (1995) a pesquisa foi classificada como exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito. A abordagem é caracterizada como quantitativa, pois utilizou recursos estatísticos, mostrando através de informações numéricas uma posterior análise (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Quanto aos procedimentos a presente pesquisa é classificada estudo de caso, pois o método envolve seleção de amostra, determinação do procedimento para coleta e análise dos dados e um modelo para que fosse possível a interpretação. (GIL, 1995).

3.2 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE ESTUDADO

A empresa onde o estudo foi realizado é especializada em autopeças e está localizada na região dos Campos Gerais no Paraná, com sede própria.

Dentro do processo de produção existem 3 etapas principais, chamaremos de Processo 1, Processo 2 (vulcanização) e Processo 3. Dentro de cada etapa existem diferentes procedimentos de acordo com o produto final, pois há grande variação em relação a geometria e material dos produtos produzidos. E os Processos 2 e 3 possuem inspeção visual como principal controle devido a problemas que podem vir a ocorrer dentro dos mesmos.

3.3 PASSOS OPERACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MSA

O estudo foi aplicado apenas no processo intermediário, Processo 2. Isso se deve ao fato de que aplicando o MSA sobre esse processo ele irá ajudar encontrar possíveis refugos provenientes do Processo 2 que são encontrados apenas na inspeção final, com o produto já acabado ao invés de serem detectados no processo de origem.

A primeira etapa foi fazer um levantamento de todos os operadores que atuam na parte de ensaio visual. Foram selecionados 4 deles, 2 do turno B, turno que funciona pela manhã e 2 do turno C, que funciona no período tarde e noite. Após a seleção foram verificados os exames periódicos de vista, se estavam em dia, se possuíam algum tipo de dificuldade para enxergar, que poderia comprometer os ensaios. E após confirmação ter sido feita, os 4 operadores foram liberados para próxima etapa.

A segunda etapa consistiu em selecionar um conjunto de peças, com 50 componentes separados de acordo com a identificação que é proveniente do processo, as peças também foram numeradas individualmente, assim foi possível discernir quais eram as peças boas e quais eram as ruins. Essa seleção foi feita ao longo de duas semanas, somando-se peças que normalmente iriam para o descarte, que são as peças refugadas e peças conformes aprovadas conforme especificação.

A terceira etapa do estudo foi fazer a seleção dos dias em que seriam feitos os ensaios, foi decidido que esses seriam realizados nos dias em que os componentes estavam em produção, assim seria simulado da melhor forma o ambiente que eles comumente trabalham e a forma como cada operador separa os componentes ruins. Os horários foram sendo escolhidos de maneira aleatória sendo eles, horários de chegada, meio do turno e final do turno. Sempre em ambiente habitual de trabalho em

condições normais, ou seja, com a luminosidade que eles já possuem, com a sonoridade que ocorre por causa das máquinas em trabalho e movimentação de operadores trabalhando em outros processos simultaneamente.

A quarta etapa consiste em agrupar todos os dados obtidos em formato de tabela conforme a seção 2.7.3.1 Análise de teste de hipóteses.

A quinta etapa consiste em realizar os cálculos apresentados pelo livro de MSA (2010). Para essa etapa foi utilizado software de estatística Action Stat (versão 3.6) que pertence a empresa Portal Action, mantido pela Estatcamp – Consultoria Estatística e Qualidade e DIGUP – Desenvolvimento de Sistemas e Consultoria Estatística, essa extensão funciona para o Excel e fornece uma ferramenta que calcula todos os tópicos descritos na seção 2.7.3.1 - Análise de teste de hipóteses.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões apresentados nessa seção foram apresentados de acordo com as etapas da metodologia apresentados na seção 3.

O estudo do sistema de medição em questão foi realizado entre abril e junho de 2019. Esse período foi necessário para que os operadores não identificassem as peças, uma vez que cada um deles avaliou cada peça 3 vezes.

Foram selecionados 10 modelos de peças diferentes que mais apresentavam problemas, cada modelo representa um tipo de design que é feito dentro da fábrica. Essa seleção foi feita através dos operadores da produção, conforme eles separavam peças que seriam refugadas no processo 2, o time da qualidade separava e selecionava peças mais interessantes para o teste como, defeitos difíceis de identificação. A quantidade de amostras escolhida foi de 50 peças, 31 conformes e 19 não conformes, todas controladas pelo número que é proveniente desse processo estudado, assim foi possível identificar quais eram as peças aprovadas e quais as reprovadas. Também é relevante mencionar que as peças não conformes possuíam defeitos como: rasgos, trincas, falta de material, rebarba, sujeira e danificações em geral como pode ser visto nas figuras abaixo.

Figura 3 – Peça com falha de preenchimento



Fonte: Empresa dos Campos Gerais (2019)

Figura 4 – Peça com Rasgo



Fonte: Empresa dos Campos Gerais (2019)

Figura 5 – Peça com danificação



Fonte: Empresa dos Campos Gerais (2019)

Figura 6 – Peça com falta de material



Fonte: Empresa dos Campos Gerais (2019)

Após feita a seleção dos operadores dos dois turnos que funcionam na empresa, sendo o primeiro que trabalha entre 5:20h e 13:40h, Operador A e Operador B e os outros dois que trabalham entre 13:40h e 22h, Operador C e Operador D.

Durante três meses consecutivos, foram realizadas coletas de dados com os operadores, em horários que variaram entre começo, meio e fim de turno eles avaliaram as peças separando-as em dois grupos, o grupo das peças não conformes e o grupo das peças conformes. Todas as medições foram feitas em ambiente usual do operador, com luz, ruídos e movimentações conforme já estão acostumados.

Como as peças separadas para a análise possuíam diferentes designs foi condicionado que os operadores avaliassem as peças que pertenciam ao mesmo grupo que eles produziam no momento, por exemplo, se eles estavam produzindo uma peça do modelo 1, as peças que eles avaliariam para a análise do sistema de medição nesse dia eram as do modelo 1, assim consecutivamente até que todos os 10 modelos fossem avaliados. Quanto ao momento que foram realizadas essas avaliações, foi determinado que seria logo após a inspeção que eles estavam realizando nas peças que estavam em produção, a fim de manter o resultado mais fiel possível ao que acontece diariamente na fábrica.

Todos os resultados obtidos estão resumidos no quadro 5, onde foi utilizado o número 1 para designar peças conformes e o 0 para peças não conformes, destacando os valores discordantes da referência.

Após a coleta de todos esses dados, foi utilizado o Software Action Stat para realização de toda parte de estatística que está conforme descrito no capítulo 2.7.3.1.

Quadro 5 – Resultado da coleta de resultados para o estudo de MSA

Medida Peça	Operador A			Operador B			Operador C			Operador D			Ref
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autoria própria (2019)

4.1. AVALIADORES VS. AVALIADORES

A análise dos resultados inicia-se pela comparação de cada um dos avaliadores com eles mesmos. Operador A e B, operador A e C, operador A e D, operador B e C, operador B e D e operador D e C, esses resultados demonstram qual o nível de concordância entre os mesmos.

Operador_A (linha) vs. Operador_B (coluna)

Tabela 2 – Frequência de resultados entre avaliadores A e B

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	95	5	100
Não conforme	2	48	50
Total	97	53	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 3 – Proporções observadas entre avaliadores A e B

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,633	0,033	0,667
Não conforme	0,133	0,320	0,333
Total	0,646	0,353	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 4 – Proporções esperadas entre avaliadores A e B

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,431	0,236	0,667
Não conforme	0,215	0,118	0,333
Total	0,646	0,354	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Para o cálculo do coeficiente kappa foi utilizada a equação (1).

$$kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$$

Aplicando os valores:

$$kappa = \frac{(0,633 + 0,320) - (0,431 + 0,118)}{1 - (0,431 + 0,118)}$$

$$kappa(ab) = 0,90$$

Operador_A (linha) vs. Operador_C (coluna)

Tabela 5 – Frequência dos resultados entre avaliadores A e C

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	92	8	100
Não conforme	11	39	50
Total	103	47	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 6 – Proporções observadas entre avaliadores A e C

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,613	0,053	0,667
Não conforme	0,073	0,260	0,333
Total	0,686	0,313	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 7 – Proporções esperadas entre avaliador A e C

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,458	0,209	0,667
Não conforme	0,229	0,104	0,333
Total	0,687	0,313	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(ac) = 0,71$$

Operador_A (linha) vs. Operador_D (coluna)

Tabela 8 – Frequência de resultados entre avaliador A e D

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	89	11	100
Não conforme	0	50	50
Total	89	61	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 9 – Proporções observadas entre avaliador A e D

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,593	0,073	0,667
Não conforme	0	0,333	0,333
Total	0,593	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 10 – Proporções esperadas entre avaliador A e D

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,396	0,271	0,667
Não conforme	0,198	0,135	0,333
Total	0,594	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(ad) = 0,84$$

Operador_B (linha) vs. Operador_C (coluna)

Tabela 11 – Frequência de resultados entre avaliador B e C

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	91	6	97
Não conforme	12	41	53
Total	103	47	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 12 – Proporções observadas entre avaliador B e C

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,607	0,040	0,647
Não conforme	0,080	0,273	0,353
Total	0,687	0,313	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 13 – Proporções esperadas entre avaliador B e C

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,444	0,203	0,647
Não conforme	0,243	0,111	0,353
Total	0,687	0,313	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(bc) = 0,73$$

Operador_B (linha) vs. Operador_D (coluna)

Tabela 14 – Frequência de resultados entre avaliador B e D

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	89	8	97
Não conforme	0	53	53
Total	89	61	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 15 – Proporções observadas entre avaliador B e D

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,594	0,053	0,646
Não conforme	0	0,353	0,354
Total	0,594	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 16 – Proporções esperadas entre avaliador B e D

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,384	0,262	0,646
Não conforme	0,210	0,144	0,354
Total	0,594	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(bd) = 0,88$$

Operador_C (linha) vs. Operador_D (coluna)

Tabela 17 – Frequência de resultados entre avaliador C e D

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	89	14	103
Não conforme	0	47	47
Total	89	61	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 18 – Proporções observadas entre avaliador C e D

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,594	0,093	0,687
Não conforme	0	0,313	0,313
Total	0,594	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 19 – Proporções esperadas entre avaliador C e D

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,408	0,279	0,687
Não conforme	0,186	0,127	0,313
Total	0,594	0,406	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(cd) = 0,80$$

A tabela 20 a seguir trás os resultados do coeficiente kappa interavaliadores.

Tabela 20 – Tabela de resumo dos coeficientes Kappa

Kappa	
Kappa(ab)	0,90
Kappa(ac)	0,71
Kappa(ad)	0,84
Kappa(bc)	0,73
Kappa(bd)	0,88
Kappa(cd)	0,80

Fonte: Aatoria própria (2019)

Conforme observado, o operador C em relação aos operadores A e B não possuem uma concordância excelente, pelo fato de o kappa ser menor que 0,75, porém é aceitável e não classificada como ruim, por ser superior a 0,40. Os demais possuem concordância interavaliadores considerada entre boa e excelente, todos os valores estão sendo comparados com os parâmetros apresentados no capítulo 2.7.4.1. Apenas reiterando que o operador C trabalhava no turno da tarde, diferentemente do operador A e B que pertencem ao turno da manhã.

4.2 AVALIADORES VS. PADRÃO

Nessa seção será avaliado individualmente cada operador com o padrão de referência, serão demonstradas as tabelas de frequência, proporção observada e proporção esperada para cada um dos casos.

Operador_A (Linha) vs. Padrão (Coluna)

Tabela 21 – Frequência de resultados entre avaliador A e padrão

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	91	9	100
Não conforme	2	48	50
Total	93	57	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 22 – Proporções observadas entre avaliador A e padrão

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,607	0,060	0,667
Não conforme	0,013	0,320	0,333
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 23 – Proporções esperadas entre avaliador A e padrão

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,413	0,253	0,667
Não conforme	0,207	0,126	0,333
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(a) = 0,84$$

Operador_B (Linha) vs. Padrão (Coluna)

Tabela 24 – Frequência de resultados entre avaliador B e padrão

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	93	4	97
Não conforme	0	53	53
Total	93	57	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 25 – Proporções observadas entre avaliador B e padrão

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,620	0,027	0,647
Não conforme	0	0,353	0,353
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 26 – Proporções esperadas entre avaliador B e padrão

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,401	0,246	0,647
Não conforme	0,219	0,134	0,353
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(b) = 0,94$$

Operador_C (Linha) vs. Padrão (Coluna)

Tabela 27 – Frequência de resultados entre avaliador C e padrão

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	90	13	103
Não conforme	3	44	47
Total	93	57	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 28 – Proporções observadas entre avaliador C e padrão

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,600	0,087	0,687
Não conforme	0,020	0,293	0,313
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 29 – Proporções esperadas entre avaliador C e padrão

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,426	0,261	0,687
Não conforme	0,194	0,119	0,313
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(c) = 0,76$$

Operador_D (Linha) vs. Padrão (Coluna)

Tabela 30 – Frequência de resultados entre avaliador D e padrão

Tabela de frequência			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	89	0	89
Não conforme	4	57	61
Total	93	57	150

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 31 – Proporções observadas entre avaliador D e padrão

Proporções observadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,593	0	0,593
Não conforme	0,027	0,380	0,407
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

Tabela 32 – Proporções esperadas entre avaliador D e padrão

Proporções esperadas			
	Conforme	Não conforme	Total
Conforme	0,368	0,225	0,593
Não conforme	0,252	0,155	0,406
Total	0,620	0,380	1

Fonte: Software ActionStat (2019)

$$kappa(d) = 0,94$$

De acordo com a tabela 33 foi possível concluir que a concordância entre avaliador e padrão de referência para os 4 avaliadores está entre boa e excelente, pois todos os valores do coeficiente kappa são maiores que 0,75.

Tabela 33 – Tabela de resumo dos coeficientes Kappa com relação ao padrão

Kappa	
Kappa(a)	0,84
Kappa(b)	0,94
Kappa(c)	0,76
Kappa(d)	0,94

Fonte: Autoria própria (2019)

Fazendo uma avaliação das taxas de falha e falso alarme (tabela 34) e comparando com os valores do Quadro 4, todos os valores para taxa de falha que excedem 2% e de falso alarme que excedem 5% não são classificados como aceitáveis e requerem melhorias, sendo assim os operadores A,B e C se enquadram nesse primeiro caso e apenas o Operador D apresenta valores considerados aceitáveis.

Tabela 34 – Tabela com resumo dos resultados de avaliador e padrão de referência

Concordâncias				
	Eficácia (abs)	Eficácia (%)	Taxa de Falha (%)	Taxa de falso alarme (%)
Operador A vs Padrão	45	90	15,79	2,15
Operador B vs Padrão	49	98	7,017	0
Operador C vs Padrão	45	90	22,8	3,22
Operador D vs Padrão	49	98	0	4,3

Fonte: Software ActionStat (2019)

Com base nos resultados encontrados foi feita uma apresentação com fotos de todos os pontos avaliados nesse trabalho e exibida ao time da qualidade da empresa a fim de repassar os dados e conclusões obtidas do estudo.

Foram propostas melhorias, como uma reunião com os líderes de linha para que fossem sensibilizados quanto a importância da consulta ao catálogo de falhas e sobre seguir à risca a documentação quanto às peças classificadas como conformes e não conformes. Também foi sugerido o retreinamento de todos os operadores sobre a importância do uso catálogo de falhas para a identificação de peças não conformes.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se com esse trabalho que foi verificado qualitativamente o sistema de medição por inspeção visual.

Considerando as probabilidades de medição expostas na tabela 34, comparando com os valores de referência do manual do MSA que estão presentes no quadro 4 - Diretrizes para os resultados da Análise de Testes de Hipóteses, verifica-se que:

Todos os operadores obtiveram resultados aceitáveis em relação à eficácia, pois os valores estavam acima de 90%.

Todos os operadores obtiveram resultados aceitáveis em relação a probabilidade de falso alarme com valores inferiores a 5%.

Com relação a probabilidade de falha foram constatados valores inaceitáveis para os avaliadores A, B e C, todos com valores acima de 5% chegando até a 22% de probabilidade de falha de medição. Apenas o avaliador D que não teve nenhuma peça para o caso de falha ficou com índices aceitáveis.

A partir dos resultados expostos, foram feitas algumas observações de fatores que podem ter levado aos valores fora da especificação:

- 1) Caso de falha, onde o operador aprovou uma peça ruim mesmo encontrando o defeito, visando melhorar o índice de produtividade na linha de produção do produto. Esse caso ocorreu especificamente em um único turno e se repetiu, o operador aparentemente constatou a não conformidade e classificou a peça como conforme sem consultar o catálogo de falhas, sendo que na documentação constava o defeito indicando que a peça deveria ser reprovada. Nesse esse caso o impacto incidirá diretamente no cliente final caso não seja detectado na inspeção final, após o conjunto montado nas operações subsequentes. Para esse caso o foco deverá ser treinamento dos líderes para sensibilização nos custos em cliente externo.
- 2) Casos de falha de inspeção por não detecção dos defeitos.
Para esses casos pode-se estar associar a falha de inspeção ao tempo de processamento, pois o operador aparentava estar sempre preocupado em saber se o próximo ciclo já estava completado.

Importante reafirmar também que em nenhuma das avaliações os operadores fizeram consulta ao catálogo de falhas, mesmo eu informando todas as vezes que eles poderiam utilizar caso achassem necessário. Por esse motivo as melhorias sugeridas foram com relação a esse documento, uma vez que a utilização dele poderia melhorar os índices de falha.

5.2 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Segue como proposta futura, após a realização do retreinamento dos avaliadores quanto a importância do catálogo de falhas, uma nova análise do sistema de medição no processo, reaplicando o estudo desse trabalho e avaliando se houveram mudanças quanto à alta taxa de falhas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5425. **Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação de qualidade**: Procedimento. Rio de Janeiro: 1985

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

AMARAL, R. A. **Implementação de um sistema de gestão da qualidade: estudo de caso em uma empresa do segmento metal mecânico**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: CNEG, 2011.

BARRETO, Maria da Graça Pitiá. **A simplicidade de um sistema de custos da qualidade**. Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia – Salvador – Trabalho apresentado no Congresso de Custos -São Paulo – 1998.

BERTULUCCI, S. Cristiano. Cp e Cpk – Índices de capacidade de um processo. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/cpk-idade-capacidade-performance-processo/> >. Acesso em 20 de fevereiro de 2020.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2012.

COSTA, A. F. B. C.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2. ed. Sao Paulo: Editora Atlas, 2004.

COSTA, Fábio. **A importância da inspeção visual no controle dos processos de fabricação e montagem das estruturas**. Disponível em: < http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1521 > Acesso em: 18 de novembro de 2019.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 6. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.

DEMING, W. EDWARDS. **Qualidade a revolução da administração**. Marques Saraiva, Rio de Janeiro, 1990

FEIGENBAUM, ARMAND V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. São Paulo: Markon, 1994.

GUARNIERI, P. HATAKEYAMA, K. **Supply chain management na indústria automobilística**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, 2005.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. Duque de Caxias, Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

KOCK, N., TOMELIN, C. A., ASPAR, G. **PMQP: Qualidade Total na Prática**. São Paulo SP: Infobook, 2000.

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

LEÃO, D. **MSA: Análise dos Sistemas de Medição**. 4 ed. Estatcamp, 2012.

MEDEIROS, L., **Controle Estatístico da qualidade**. Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~luiz/CEQ/Aula2.pdf>. Acesso em 08 de agosto de 2019.

MSA, **Análise dos Sistemas de medição, quarta edição**, 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 5th ed. Danvers: John Wiley & Sons, Inc., 2011. p. 792.

PALADINI, E.P. (Org.) **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006, 376 p.

RAMOS, A. **Metodologia da pesquisa científica: como uma monografia pode abrir o horizonte do conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2009.

RIBEIRO, José Luis Duarte; TEN CATEN, Carla. **Controle estatístico do processo**. Apostila do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Rio Grande do Sul: UFRGS, 2000.

SENAI. **Soldagem**. Coleção tecnológica SENAI – 1ª ed. 1997

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Intersaberes, 2012. 181 p.

STARK, J. A. **Contabilidade de Custos**. 1. ed. Editora Person, 2007. Disponível em: <http://chancellor.com.br/downloads/Stark_Refugo,%20sobras,%20desperdicio_v18_ago2011.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2019.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a Qualidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999, 198 p.

WU, C. W.; PEARN, W. L.; KOTZ, S. An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance. **International Journal of Production Economics**, v. 117. Fev, 2009.