

**UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO**

**RAQUEL PADILHA BOTERO**

**ANÁLISE DA CAPABILIDADE NO PROCESSO DE  
TORQUE CONTROLADO**

BAURU  
2014

**RAQUEL PADILHA BOTERO**

**ANÁLISE DA CAPABILIDADE NO PROCESSO DE  
TORQUE CONTROLADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção, sob orientação do Prof<sup>o</sup>.Ms. Eduardo José Pereira Martin.

BAURU  
2014

Botero, Raquel Padilha.

B748a

Análise da capacidade no processo de torque controlado / Raquel Padilha Botero. -- 2014.

65f. : il.

Orientador: Prof. Me. Eduardo José Pereira Martin.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Capacidade do processo. 2. Apertadeira. 3. Torque. 4. Qualidade. I. Martin, Eduardo José Pereira. II. Título.

**RAQUEL PADILHA BOTERO**

**ANÁLISE DA CAPABILIDADE NO PROCESSO DE TORQUE  
CONTROLADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção sob orientação do Prof<sup>o</sup>. Me. Eduardo José Pereira Martin.

Banca examinadora:

---

Prof. Me. Eduardo José Pereira Martin  
Universidade do Sagrado Coração

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Daniela Luchesi  
Universidade do Sagrado Coração

---

Prof. Me. Gill Bukvic  
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 04 de dezembro de 2014.

Dedico este trabalho aos meus pais, meu irmão e meu namorado que estiveram ao meu lado e me apoiaram durante minha formação pessoal e agora profissional, graças aos professores da universidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter permitido que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida e não somente como universitária, mas que em todos os momentos está presente e é o maior mestre de todos.

Agradeço meus pais pelo esforço, pela formação e educação que me deram até hoje e que, através dos seus ensinamentos, me fizeram chegar até aqui. E meu irmão pelo companheirismo e paciência.

Agradeço meu namorado por estar sempre ao meu lado, por acreditar em minha capacidade, incentivando e torcendo pelo meu sucesso.

O meu professor orientador Me. Eduardo pela paciência, dedicação na orientação e disposição de tempo, sempre com entusiasmo.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si direta ou indiretamente para que este trabalho ganhasse vida.

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo.”

(Ayrton Senna da Silva)

## RESUMO

O avanço do cenário econômico induz todo o tipo de negócio a ser competitivo, inovar seus produtos e a superar a qualidade exigida pelo cliente. Sabe-se que para atender o cliente e obter lucros, o processo deve ser dinâmico e evitar desperdícios de mão de obra e matéria prima. Tomando esses pontos como diretrizes, foi utilizado o método de estudo de caso para aprofundar e estudar melhorias através de implantação de ferramentas da qualidade como o Controle Estatístico do Processo (CEP) em uma empresa fabricante de máquinas de serviços pesados. O gráfico de controle é uma ferramenta essencial para a aplicação do CEP e pode mostrar se o processo é capaz, e também se possui estabilidade. Assim este presente trabalho utilizou os resultados gerados através do gráfico de controle para realizar análises e identificar as causas que interagem negativamente no processo de uma apertadeira de torque controlado na linha de montagem. Além do uso da ferramenta para evidenciar as causas, também pode ser usada como auxílio na diminuição de desperdícios e na tomada de decisão, garantindo a qualidade do produto. Através das análises realizadas, observou-se que o processo não estava estável, ou seja, não era capaz. Assim prosseguiu-se com a identificação das causas especiais e respectivas tratativas para saná-las.

Palavras-chave: Apertadeira; Capabilidade do processo; Qualidade; Torque.

## **ABSTRACT**

The development of economic scenario leads all types of business to be competitive, to innovate their products and to overcome costumers need in terms of quality. It is known that to attend the customer and make a profit, the process must be dynamic and avoid waste of hand work and materials. Taking these points as guidelines, a business case was created in order to have a deepen study through the implementation of quality tools such as Statistical Process Control, in a heavy machine factory. The control chart is an essential tool for SPC application and shows the capability and process stability. Therefore, this paper work uses results generated by the control chart to perform analysis and identify the negative causes that interfere in the process of a nut runner with torque control in assembly line. In addition to the use of the tool identifying the causes, it helps also in reducing wastes and in making decision, ensuring product quality. Through analysis the chart was observed the process was not stable, that is, is not capable. So was proceeded with special causes identification and their process to solve them.

Keywords: Process Capability; Nut Runner; Quality; Torque.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Eras da Qualidade.....	16
Figura 2 – Conexões Qualidade.....	18
Figura 3 – Fluxograma .....	20
Figura 4 – Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 5 – Folha de Verificação.....	22
Figura 6 – Gráfico de Pareto .....	22
Figura 7 – Histograma .....	23
Figura 8 – Gráfico de Dispersão da satisfação por dia de atraso.....	24
Figura 9 – Carta de Controle para X. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 10 – Causas Comuns e Causas Especiais .....	28
Figura 11 – Gráfico de Controle .....	25
Figura 12 – Correlação entre conceitos Cp e Cpk.....	31
Figura 13 – Paradigmas da Qualidade.....	35
Figura 14 – Forças em uma junta parafusada.....	35
Figura 15 – Tipos de Pesquisa em Engenharia de Produção .....	38
Figura 16 – Condução de estudo de caso.....	39
Figura 17 – Protocolo de dados no estudo de caso .....	40
Figura 18 – Caminhão Articulado .....	43
Figura 19 – Escavadeira.....	44
Figura 20 – Motoniveladora.....	44
Figura 21 – Rolo Compactador .....	44
Figura 22 – Carregadeira .....	45
Figura 23 – Retroescavadeira .....	45
Figura 24 – Fluxograma Qualidade .....	46
Figura 25 – Capacidade de Torque 300Nm.....	49
Figura 26 – Capacidade de Torque 340Nm.....	49

Figura 27 – Capabilidade do Torque 580Nm.....	50
Figura 28 – Capabilidade do Torque 600Nm.....	51
Figura 29 – Capabilidade do Torque 640Nm.....	51
Figura 30 – Capabilidade do Torque 670Nm.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEQ – Controle Estatístico da Qualidade

CP – Capacidade do Processo

CPK – Capabilidade do Processo

GAC - Garantia da Qualidade

GEQ - Gestão Estratégica da Qualidade

ISO – *International Standard Organization*

LIC – Limite Inferior de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

TQC – *Total Quality Control*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 GESTÃO DA QUALIDADE</b> .....	14
2.1 – EVOLUÇÃO / HISTÓRIA .....	14
2.2 – FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	19
<b>2.2.1 Básicas</b> .....	19
2.3 – CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO .....	25
<b>2.3.1 - Limitações e Benefícios do CEP</b> .....	32
<b>2.3.2 – Aplicações no Controle Automobilístico</b> .....	35
<b>3 – METODOLOGIA</b> .....	38
<b>4 – ESTUDO DE CASO</b> .....	42
4.1 - HISTÓRIA DA EMPRESA.....	42
4.2 – PRODUTOS.....	43
4.3 – QUALIDADE .....	46
4.4 – CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO .....	47
<b>5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	53
<b>6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	56
6.1 – CONCLUSÃO .....	56
6.2 – PROPOSTAS E RECOMENDAÇÕES .....	57
<b>REFERÊNCIA</b> .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado sempre exigiu o dinamismo e adaptação das organizações para buscarem, cada vez mais, a excelência de suas operações no intuito de se manterem competitivas no mercado. Diante desse quadro de aceleradas transformações, as organizações, em geral, disputam entre si por uma fatia de mercado, do qual o consumidor está, a cada dia, mais rigoroso. Esse fato instiga as organizações a tomarem decisões rápidas, de maneira eficiente, relacionada ao processo e também eficaz, relacionada ao resultado. (LIMA, 2011).

A economia atual induz todo e qualquer tipo de negócio à competitividade, tendo que buscar a inovação e melhorias no processo produtivo. Para isso existem vários pontos a serem desenvolvidos e trabalhados, tais como a redução de custos e a excelência de qualidade em produtos e serviços. (CARPINETTI, 2012).

Esse autor demonstra que a palavra “Qualidade” é uma das palavras mais requisitadas junto à sociedade e, principalmente, pelas empresas. Porém, atraindo paralelo a ela, um subjetivismo, visto que, pode representar coisas bastante distintas. Pode estar associada a atributos característicos de um bem, como desempenho e durabilidade, por outro lado pode estar associadas à satisfação dos clientes quanto à adequação do bem, ou também as duas características ao mesmo tempo. Resumindo, qualidade é o grau que o produto satisfaz aos requisitos do usuário.

Exatamente por esses aspectos apresentados, a Gestão da Qualidade atua fortemente para a criação da cultura da qualidade, que envolve em centralizar a qualidade no consumidor. Esse pensamento abrange diversos itens: preço, características, processo de fabricação, assistência pós venda; tudo dependendo do seu cliente. (PALADINI, 2010).

Segundo Oliveira (2004), o gerenciamento da qualidade é considerado um sistema que está sempre em evolução que envolve procedimentos, métodos e ferramentas para controlar companhias com o objetivo de proporcionar o atendimento e satisfação do cliente. Seu principal foco é melhorar o desempenho da produção em diversas áreas, proporcionando rapidez na entrega, eliminação dos defeitos e retrabalhos, reduzindo custos, entre outros fatores.

O Controle Estatístico se caracteriza dentro da Manutenção do nível de Qualidade, uma vez que se refere às atividades que tendem manter a qualidade do

processo ou produto, impedindo que decaia com o tempo. É impossível controlar todas as causas que atuam no processo, por isso, deve-se conhecer, mensurar e, assim, controlar os principais distúrbios, buscando manter a variação do processo dentro dos limites definidos. (DELLARETTI FILHO, 1994).

Calarge e Davanso (2003) mostram que o desenvolvimento de metodologias que promovam melhoria do desempenho dos processos de manufatura tem sido colocado como uma das principais prioridades de muitas organizações. Juntando a estatística com os métodos de comparação disponíveis, pode-se impedir a continuidade da operação quando da detecção de anormalidades.

Voltando a linha de pensamento de Calarge e Davanso (2003) juntamente com o autor Golbarg (1995) que diz que “a principal forma de organização da força de trabalho na empresa se dá através da formação de times de trabalho” pode-se elaborar responsáveis pela análise de dados operacionais de equipamentos, análise de dados de perdas e retrabalhos do produto, análise do CEP e outros, visando estabelecer a necessidade e a melhor adequação dos dispositivos.

Farias (2001) lembra que as normas ISO 9000, apresentam o CEP incorporado ao Controle de Qualidade, devendo as empresas certificadas ou em processo de certificação, implementar Controle Estatístico em seu Processo Produtivo.

O CEP tem se destacado como ferramenta de Qualidade Ideal para atender as necessidades do cliente, minimizando seus custos, como uma montadora de equipamentos de construção. E para auxílio existem muitos sistemas estatísticos, tais como o MINItab. ( MAICZUK e ANDRADE, 2013)

Apesar da escassez de publicações desta ferramenta aplicada em indústrias montadoras de máquinas pesadas de trabalho, sabe-se que todas devem atender as normas internacionais ISO (Padrão Internacional). Dentro delas, existe a norma ISO 5393 que especifica o método para teste de desempenho dos equipamentos rotativos em elementos roscados. Abaixo é mostrada a definição de torque fornecida pela norma. “Torque é o produto da força de aperto e a distância perpendicular entre a linha da força e o centro do parafuso”. (ISO 5393, 1994)

Segundo Pinto (2005), com o crescimento das obras e o aumento das construtoras em todo o mundo, o ramo de equipamentos de construção fabricados, conseqüentemente, ampliou paralelamente. Nesse ramo produtivo, tem-se a oportunidade de trabalhar com os dados e análises estratificados de uma

apertadeira de torque controlado, instalada em umas das linhas de produção. O foco de estudo, baseia-se em operações de parafusamento para fixação de componentes, visto que, é uma das técnicas mais utilizadas na indústria automobilística.

É através das técnicas estatísticas que se escolhe o tamanho da amostra e ferramenta exata para controlar e solucionar determinados problemas, assegurando o processo com a minimização de variabilidades na característica do produto e processo. Desta forma, este trabalho visa responder à seguinte questão: Como a análise da capacidade em uma apertadeira de torque controlado pode ser útil na qualidade do processo?

### 1.1 Objetivo Geral

Analisar a capacidade da apertadeira de torque controlado por meio do controle estatístico para melhorar a qualidade do processo.

### 1.2 Justificativa

A justificativa está vinculada à relevância para realização do trabalho.

- a. **Fator econômico:** Possibilita a identificação de anomalias no processo produtivo, assim reduz o custo do retrabalho após o término da produção, reduzindo perdas durante o processo produtivo.

Com o controle estatístico instalado no processo, este pode ser uma variável essencial para melhorar o processo, diminuindo retrabalhos, ritmo da produção, rejeição e faz com que o processo tenha mais confiabilidade.

- b. **Pesquisa Acadêmica:** Existe uma escassez de trabalhos focados em CEP aplicado ao controle de torque. Logo esse trabalho propiciará um estudo que poderá ser utilizado por outros pesquisadores.
- c. **Fator Social:** Atendimento a Norma Internacional ISO 5393 e especificações, garantia do produto para cliente.

Observando itens supracitados torna-se viável essa pesquisa para atender as demandas sociais, econômicas e acadêmicas.

## 2 GESTÃO DA QUALIDADE

### 2.1 – Evolução / História

A qualidade sempre esteve evidente na vida do homem, pois está na natureza a busca pelo aperfeiçoamento, realização e melhoria. Para a sobrevivência os alimentos eram escolhidos da melhor forma, logo em seguida, na agricultura a preocupação do plantio e colheita. A condição das armas, ferramentas e moradias também já é vista como um enfoque na qualidade e a partir daí, consegue-se enxergar a evolução à medida que as relações do homem se tornam mais complexas. (OLIVEIRA, 2004)

O autor ainda expõe a preocupação com os produtos disponibilizados aos clientes, que também não é recente. O código de Hamurabi já comprovava a preocupação com as habitações que eram produzidas por volta de 2150a.C., afinal, se o construtor negociasse um imóvel com durabilidade e funcionalidade segundo a exigência e, ao final da obra, não atendesse à sua finalidade, o construtor seria imolado.

As técnicas de pesquisa começaram a ser desenvolvidas pelos romanos que, também, desenvolveram métodos de medição, ferramentas específicas para execução de serviços buscando o padrão de qualidade. Depois vieram os Europeus renascentistas, artesãos que controlavam a qualidade dos trabalhos de pintura, tapeçaria e arquitetura. A China mostrou-se a nação mais civilizada e a primeira a atingir um alto estágio de desenvolvimento e atendimento às expectativas dos clientes. (AILDEFONSO, 2006).

Segundo Algarte e Quintanilha (2000), essas determinações ao longo do tempo, não somente mostram que já havia a preocupação do comércio e governo com decretos para eliminar do mercado produtos inferiores, mas também com a consolidação do controle visando à qualidade.

Gomes (2005) diz que a qualidade começou a ser realmente monitorada com a Revolução Industrial, como autocontrole da produção e foi também o marco da disseminação da produção em massa.

Para Toledo e Carpinetti (2000), a qualidade era vista como perfeição técnica de um produto, mas a partir da década de 50, houve uma evolução na qual se vê a qualidade como adequação do produto ao uso, podendo ser desmembrada em várias características, como: desempenho técnico, confiabilidade e durabilidade,

imagem e estética, impacto ambiental; facilidade de uso, instalação e assistência pós-vendas e muito outros. Tira-se a conclusão de que é preciso atender todos os requisitos dos clientes quanto ao bem em vão, pois cliente insatisfeito resulta em perda de faturamento, dificuldade de se manter no negócio e má reputação.

E foi na década de 70 que a evolução da qualidade no ocidente ganhou força devido à perda de produtividade das empresas americanas para as japonesas, pela qualidade, confiabilidade e inovação. O desenvolvimento do Controle de Qualidade Total evidenciou que a perspectiva externa de qualidade, definida pela satisfação do cliente, poderia ser usada como vantagem competitiva. (CARPINETTI, 2012).

Outro marco da qualidade, no final do século XIX, quando Frederick Taylor, conduziu os primeiros estudos voltados à diminuição dos esforços e melhorar a capacidade produtiva, executou estudos de tempos e métodos estabelecendo objetivos. Os estudos de Taylor deixaram um forte legado de mecanização do trabalho do homem nas indústrias. (COSTA, 2002).

Com a divisão do trabalho, o trabalhador passou a controlar apenas uma parte dele, surgindo o papel do inspetor de qualidade atuando diretamente na análise de produtos. O papel desse profissional foi intensificado na produção em massa, gerada no movimento advindo como Fordismo. Nesse ponto instalaram-se controles estatísticos de processo, criou-se o processo amostral para aprovação de um determinado produto e a garantia de qualidade. (YAMANAKA, 2008).

Apesar do grande salto da Qualidade, os conceitos de atendimento ao cliente não estavam concretizados. Surgiram com Deming e Juran, que especificaram: qualidade do projeto e qualidade atendendo as conformidades. Deming (1993) guia para práticas de gestão através da qualidade, realça a necessidade de mover o foco do controle da qualidade não apenas para o produto final, mas sim para o início do projeto e monitoramento das etapas do processo produtivo.

Garvin (1992) diz que a qualidade tem uma linha evolutiva quanto às suas abordagens e essa evolução passa do enfoque de controle dentro de sua visão mais tradicional, para a gestão dentro da visão atual.

Oliveira (2004) conta que a evolução da qualidade passou por três grandes fases: era da inspeção, era do controle de qualidade e era da qualidade total. Como observa-se na Figura 1.

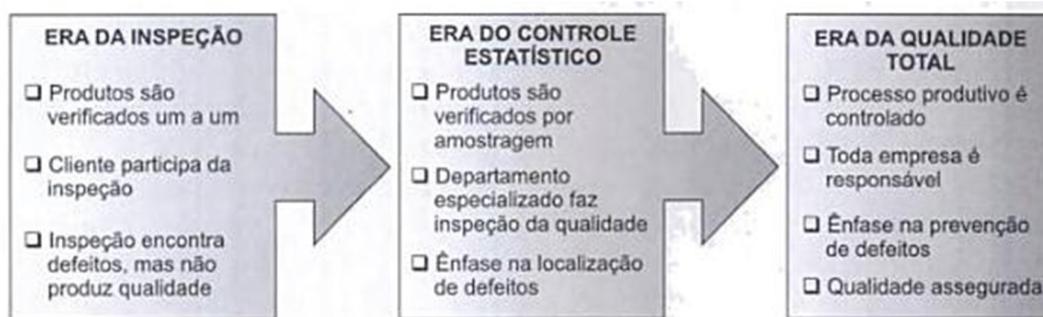


Figura 1 – Eras da Qualidade  
Fonte: Oliveira 2006.

- a) **Inspeção:** Produto verificado (inspecionado) pelo produtor e cliente, que ocorreu pouco antes da Revolução Industrial. Os principais responsáveis pela inspeção eram os próprios trabalhadores e o foco era a detecção de eventuais falhas, sem métodos e parâmetros de medição.
- b) **Controle Estatístico:** Procedimento de inspeção aprimorado utilizando técnicas estatísticas, pois com o aumento da produção, tornou-se inviável a inspeção produto a produto que deu o lugar ao método de amostragem. Onde produtos eram selecionados aleatoriamente conforme cálculos estatísticos e a partir deles mensurava-se a qualidade de todo o lote. Apesar de ter a principal ênfase ainda no produto, ao passar do tempo essa era deu início a preocupação pelo controle do processo, condição necessária para o surgimento da qualidade total.
- c) **Qualidade Total:** Nesta era, a ênfase é totalmente voltada ao cliente e suas necessidades. A empresa passa a ser responsável pela garantia de seus produtos e processos, pensando na sistêmica dos processos relacionada à gestão da qualidade.

“Dizemos que um produto ou serviço possui qualidade quando atende às necessidades e expectativas de seus usuários. A premissa básica da Gestão da Qualidade Total é que o sucesso de uma organização decorre da qualidade que ela oferece a seus clientes”. (MENDONÇA, 2014, p.2)

Além das três eras apresentadas acima, para Garvin (1992) existe mais uma era para complementar a evolução da qualidade, as quatro definidas pelo autor são: inspeção, controle estatístico da qualidade (CEQ), garantia da qualidade (GAQ) e a gestão estratégica da qualidade (GEQ).

Com a adição desta última era, Ansoff e McDonnell (1993) empregam o termo estratégia como um conjunto de regras e de tomada de decisões para determinar o comportamento de uma empresa. Neste conjunto de definições, pode-se inferir que a gestão estratégia é de suma importância para sobrevivência das organizações e, hoje, com muito mais destaque devido à crescente competitividade do mercado. A quarta era pode ser ilustrada a seguir:

Tabela 1 – Eras da Qualidade 2

<b>Características</b>	<b>Inseção</b>	<b>Controle Estatístico da Qualidade</b>	<b>Garantia da Qualidade</b>	<b>Gestão Estratégica da Qualidade</b>
<b>Interesse principal</b> <b>Ênfase</b>	Verificação  Uniformidade do produto	Controle  Uniformidade do produto, com menos inspeção	Coordenação  Toda cadeia de fabricação e a contribuição de grupos funcionais para impedir falhas de qualidade	Impacto Estratégico As necessidades do mercado e do cliente
<b>Métodos</b>	Instrumentação de medição	Feramentas e técnicas estatísticas	Programas e sistemas	Planejamento estratégico, esabelecimento de objetivos
<b>Papel de profissionais da qualidade</b>	Inspeção, Classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas de aplicação de métodos estatísticos	Planejamento, medição a qualidade e projeto de programas	Estabelecimento de metas, terminamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas
<b>Responsável pela qualidade</b>	Departamento de inspeção	Departamento de produção e engenharia	Todos os departamentos e a alta administração se envolvendo superficialmente	Todos na empresa e a alta administração exercendo forte liderança
<b>Orientação</b>	Inspecionar a qualidade	Controlar a qualidade	Construir a qualidade	Gerenciar a qualidade.

Fonte: Garvin (1992).

- d) **Gestão Estratégica da Qualidade:** A estratégia está relacionada com os planos da alta administração para obter resultados concretos, contidos na missão e objetivos da organização. (WRIGHT, 2000). Na concepção de Ansoff e McDonnell (1993), termo estratégia é empregado como um

conjunto de regras e de tomada de decisões para determinar o comportamento de uma empresa. Neste conjunto de definições pode-se inferir que a gestão estratégia é de suma importância para sobrevivência das organizações e, hoje, com muito mais destaque devido à crescente competitividade do mercado.

O posicionamento da alta direção em relação à Gestão Estratégica da Qualidade, é de considerar que a qualidade é um conceito abrangente, apresentando quatro principais pontos:

- A última palavra sobre o atendimento às especificações e satisfação do produto ao pedido planejado deve ser dita pelo cliente;
- A satisfação relaciona-se com o que a concorrência oferece;
- A satisfação, relacionada com o que a concorrência oferece, é conseguida durante a vida útil do produto e não apenas na ocasião de compra;
- Para atender a satisfação, deve-se atender a um conjunto de atributos para quem o produto atende. (OLIVEIRA, 2006).

Segundo Rocha (2001), a gestão estratégica da qualidade tem direcionado as empresas a investirem fortemente nas afinidades com o cliente, buscando neste relacionamento, resultados progressivamente positivos. Nessa visão, a qualidade não se refere mais à qualidade de um produto ou serviço em particular, mas à qualidade do processo como um todo, abrangendo tudo o que ocorre na corporação por isso é mais fácil entender a qualidade considerando sua evolução junto às empresas. Suas diretrizes podem ser demonstradas conforme a Figura 2 abaixo:



Figura 2 – Conexões Qualidade.  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Foram realizadas pesquisas no início da década de 1990 conduzidas pelo PBQP – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade que concluíram que o país perdia cerca de 10% do PIB – Produto Interno Bruto devido a problemas por falta de qualidade de processos e produtos calculados através de refugos, retrabalhos, falha no funcionamento durante a garantia, devolução de lotes etc. Cerca de 20% da capacidade das empresas estavam sendo usadas como “fabrica invisível” que representa recursos de produção (mão de obra, maquinário, espaço físico) utilizados a mais que o necessário para atender a retrabalhos e refugos do processo. Esses são alguns dos sinais do valor da qualidade e dos ganhos econômicos que se obtém com a melhoria da qualidade. (TOLEDO, 1990).

De acordo com Carpinetti (2012), a gestão da qualidade pode ser vista, hoje, como um fator estratégico indispensável para a busca e evolução da melhoria contínua buscando a produtividade e competitividade, decorrente de um longo processo de evolução das indústrias. E com ela, a adaptação e destaque no mercado, dando destaque aos estudiosos no ramo como Juran, Deming e Ishikawa.

A qualidade deixou de ser um simples diferencial, passando a ser uma condição e exigência de quem adquire o serviço, tornando-os mais atrativos e que interferem positivamente na decisão de compra (MORETTI, 2003).

## **2.2 – Ferramentas da Qualidade**

Podemos utilizar algumas técnicas para alcançar a excelência na qualidade, que são conhecidas como Ferramentas da Qualidade. Essas ferramentas dão o auxílio necessário para a tomada de decisão com base em dados.

### **2.2.1 Básicas**

Carpinetti (2012) evidencia que as ferramentas básicas da qualidade são: Fluxograma, Diagrama de Ishikawa, Folhas de Verificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Dispersão e Carta de Controle.

#### **a) Fluxograma**

Carpinetti (2012) diz que o fluxograma delimita-se à descrição de processos, que é uma combinação de ferramentas, atividades, métodos, pessoas e

matéria prima para geração de um produto ou serviço. Ele descreve a sequência do trabalho envolvido, passo a passo e os pontos que envolvem decisões. É uma ferramenta de análise e apresentação do procedimento envolvido no processo e possui os principais elementos: Atividade, Decisão, Resposta, Início/Fim. A vantagem do uso do fluxograma é identificar claramente o passo e execução tornando o mais visual possível, identificando também suas variações (LINS, 1993), como ilustrado abaixo:

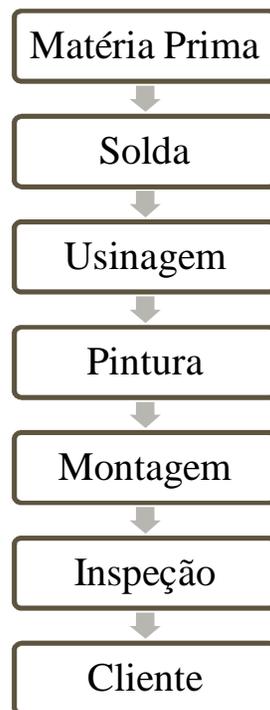


Figura 3 – Fluxograma  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

b) Diagrama de Ishikawa

“É uma representação gráfica que permite a organização das informações.”, OLIVEIRA (1995, p. 29). César (2011) diz que também é conhecido como Diagrama de Causa e Efeito (ou Espinha de Peixe) define em uma técnica muito utilizada que mostra a relação entre um efeito e suas possíveis causas. Possui a aparência de uma espinha de peixe, aplicada a primeira vez em 1953 no Japão para sintetizar as opiniões de engenheiros de uma fábrica para discutir problemas de qualidade. As causas podem ser agrupadas em categorias, conhecidas como 5M's: Método, Mão de obra, Material, Meio

Ambiente e Máquina. O Diagrama de Causa e Efeito é demonstrado pela Figura 4 abaixo:

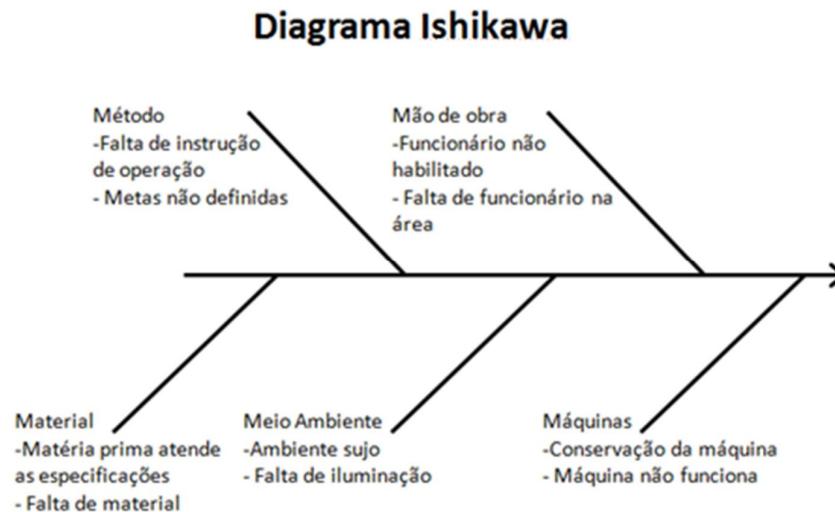


Figura 4 – Diagrama de Ishikawa  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

#### c) Folhas de Verificação

Kume (1988), geralmente se baseia em uma planilha ou formulário para o registro de dados, sendo este um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estejam definidos, de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil e concisa, tendo como finalidade facilitar a coleta de dados e organizá-los, sendo facilmente usados posteriormente. Permite, também, uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões. Quanto mais pessoas processam os dados, maior a possibilidade do aparecimento de erros de escrita. Por esta razão, a folha de verificação torna-se uma poderosa ferramenta de registro pelo fato dos dados serem imediatamente organizados sem a necessidade de rearranjo manual posterior. Ainda seguindo a linha do autor, para que seus dados sejam confiáveis, toda lista de verificação deve ter espaço onde registrar o local, a data da coleta e o nome do responsável pelo trabalho. O layout da planilha depende do uso que se fará dela e qualquer que seja o propósito da coleta de dados é essencial que a forma de registro seja planejada para que sua utilização seja fácil e imediata. Um exemplo de folha de verificação pode ser visto na seguinte página, conforme Figura 5.



### e) Histograma

Define em um gráfico de barras no qual o eixo horizontal apresenta valores de uma variável de interesse, é utilizado quando é necessário encontrar e mostrar certa distribuição de dados, pois revela quanto de variação existe no processo (CARPINETTI, 2012). Filho e Fogliatto (2001) afirmam que o histograma transfere as informações e as deixa de forma mais visual e melhora a percepção do valor central. As principais formas de medição utilizadas são a locação (centro dos dados) e a variabilidade (dispersão do centro), assim o gráfico é construído facilitando a identificação de determinados fenômenos assim como sua periodicidade.

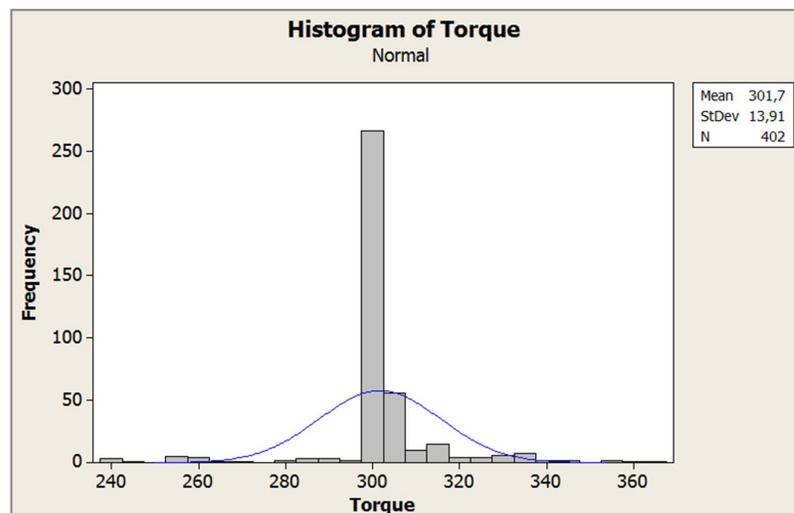


Figura 7 – Histograma  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

### f) Diagrama de Dispersão

Permite visualizar a correlação entre duas variáveis, sendo mais utilizado para relacionar causa e efeito e para sua construção, devem ser coletados pelo menos 30 pares de observações (x e y) cuja interação será estudada, Figura 9. Para sua análise, deve-se verificar se não existem pontos atípicos (não faz parte da massa), que podem ser decorrentes de erro de digitação. Por outro lado, esses desvios podem representar um ponto a ser observado, caso haja comportamento não usual (CARPINETTI, 2012).

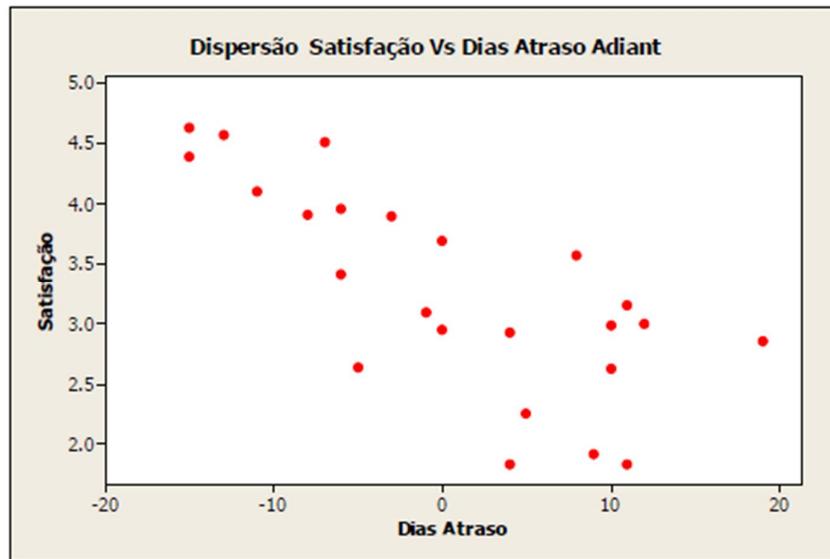


Figura 8 – Gráfico de Dispersão da satisfação por dia de atraso.  
Fonte: Petenate et. Al. [20--].

#### g) Carta de Controle

Filho e Fogliatto (2001) dizem que a carta de controle pode ser classificada como a principal ferramenta do controle estatístico do processo. Nela, medições das variáveis que influenciam na qualidade dos itens produzidos são realizadas em vários pontos no tempo e registrado em gráfico, Figura 10. Assim consegue-se avaliar o comportamento ativo da variável a partir das medições efetuadas.

Para Rangel (1995), algumas dessas ferramentas são mais apropriadas para a identificação de problemas, como por exemplo, o Fluxograma, outras servem para análise de problemas, como o Gráfico de Controle e existem aquelas que podem ser utilizadas tanto na fase de identificação de problemas como na análise de problemas, como é o caso do Gráfico de Pareto e do Diagrama de Causa e Efeitos.

Deve-ser ter o entendimento e compreensão plena das principais ferramentas da qualidade para, assim, identificar a existência da variação no processo produtivo e dar início as aplicações e análises de ferramentas mais elaboradas e precisas, como o Controle Estatístico do Processo (TOLEDO e ALLIPRANDINI, 2005). A figura 9 a seguir ilustra como seria uma carta de controle:

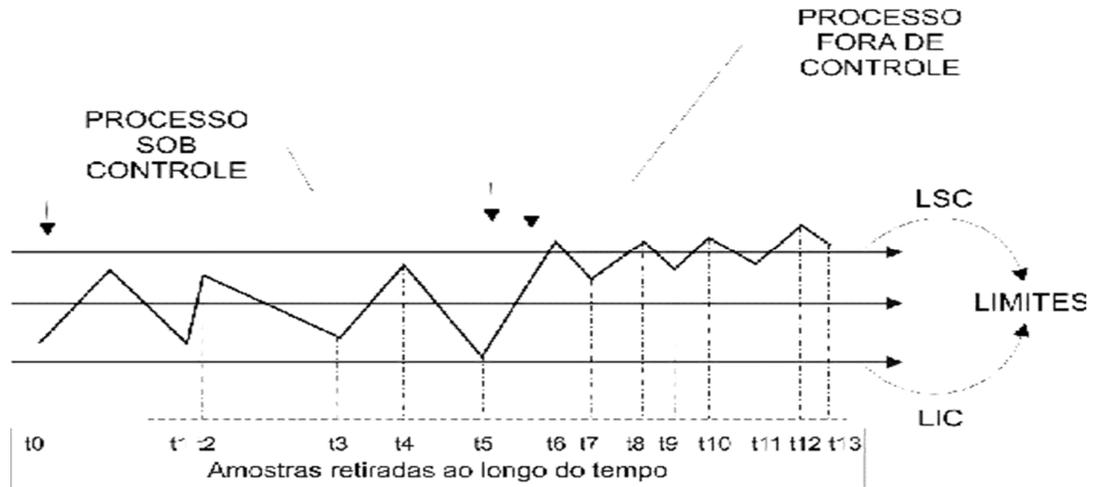


Figura 9 – Gráfico de Controle  
Fonte: Carneiro Neto (2003).

### 2.3 – Controle Estatístico do Processo

Ao aplicar novas tecnologias aos sistemas de produção a transmissão de dados se torna simultânea, independente de sua localização. Isso permite que atividades de melhoria de processo possam ser conduzidas por pessoas em diversos locais utilizando habilidades espelhadas, ocasionando uma maior aprendizagem.

O livre fluxo de informações pelas redes de comunicação também permite o livre fluxo de ideias de melhoria da qualidade entre diversas empresas. Conforme o grau de controle dos processos e qualidade e as ações mostram resultados de melhoria contínua, serão necessárias abordagens utilizando as ferramentas estatísticas de maior precisão para conseguir maiores ganhos e aproximar, cada vez mais, ao zero defeito. (TOLEDO e CARPINETTI, 2000).

Com o surgimento e a implantação da qualidade em todos os processos e produtos, veio também a necessidade de controle dos refugos e identificação dos processos que estão causando alguma falha causando problemas no fluxo produtivo. (MENDONÇA, 2011).

Por volta de 1920, através do físico Walter A. Sheshart, surgiu Controle Estatístico do Processo, que permitiu diversas organizações ao redor do mundo que alcançassem a redução dos custos, aumentando a qualidade dos seus produtos e processos, alavancando seus negócios com a visão voltada para o cliente, PETENATE et.al [20--]. Rosário (2004) define o CEP como um método preventivo

que visa minimizar as variações e prevenir defeitos onde as ações são baseadas em fatos estatísticos relacionadas à estabilidade do processo.

Dellaretti Filho (1994) diz que, para entender o Controle Estatístico do Processo, deve-se compreender, primeiramente, o conceito de processo, que é definido como um conjunto de causas para alcançar um determinado objetivo (produto final). Tem-se uma ferramenta da qualidade muito adequada a essa definição, denomina-se Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama de Causa e Efeito.

Werkema (1995) complementa, processo pode ser definido, em um conceito mais amplo, como uma combinação de causas: insumos (matéria-prima), métodos, informação do processo/medidas, pessoas (mão de obra), condições ambientais, máquinas e equipamentos (materiais), tendo como objetivo a produção de um bem ou fornecimento de um serviço.

A análise de Palmberg (2009) revelou dois movimentos muito diferentes: primeiro foi a gestão de processos para melhoria de processo único, o que significa uma abordagem estruturada e sistemática para analisar e melhorar continuamente o processo e, segundo, gestão de processos para a gestão do sistema (gestão de processos como uma parte da gestão da qualidade atendendo toda a organização), o que significa uma maneira mais holística para gerenciar todos os aspectos do negócio e uma perspectiva valiosa adotada para determinar a eficácia organizacional.

A utilização de métodos estatísticos não garante a solução de todos os problemas de um processo, porém é uma maneira racional, lógica e organizada de determinar onde eles existem, sua extensão e a forma de solucioná-los. Esses métodos podem ajudar na obtenção de sistemas que assegurem uma melhoria contínua da qualidade e da produtividade ao mesmo tempo. (CHAMBERS e WHEELER, 1992).

“A idéia principal do CEP é melhorar os processos de produção com menos variabilidade proporcionando níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. É muito comum nas fábricas que processos industriais não sejam otimizados no sentido de serem caracterizados por altos níveis de eficiência, no entanto, dentro do CEP existem ferramentas para monitorar o processo e, portanto, melhorá-lo”. (PALADINI, 2002).

Paladini (1999) diz que, evitar defeitos é agir no processo onde é que eles possam manifestar-se. Este é o princípio do Controle Estatístico de Processos, que, além de atuar sobre o processo produtivo, sem se fixar no produto em si, utiliza-se da Estatística como instrumento básico para a organização, tratamento e análise das informações do processo. O CEP opera preventivamente, utilizando uma base objetiva de análise e possui atuação abrangente. Não se limita a alguns casos específicos, mas à produção como um todo, e, enfim, permite adequada avaliação da qualidade.

Pode se dizer que em alguma etapa de qualquer processo produtivo existem dados que podem ser mensurados. Características físicas, conformidade conforme especificação, atendimento no prazo, etc. Esses números podem ser analisados através da estatística. (SAMOHYL, 2009).

Ribeiro e Caten (2012) acrescentam que, através da análise de diversos processos, possibilitou a identificação da variação de muitos deles. Verificando essas variações, comprovou dois componentes presentes: um componente constante que é inerente ao processo e outro componente intermitente.

Toledo (2006) afirma que essas variações podem ser classificadas como causas comuns e causas especiais. As comuns ou aleatórias são relativamente difíceis de serem identificadas, são numerosas, porém constituem em pequenas causas. As causas especiais representam um descontrole do processo, são temporárias e as causas e efeitos são fáceis de serem detectados e corrigidos.

Deming (1986) explica que a confusão entre causas comuns e especiais leva à maior variabilidade e a custos mais elevados. A atuação em causas comuns como se fossem causas especiais pode levar a um aumento indesejado da variação, além de representar um custo desnecessário. Por outro lado, se causas especiais passarem despercebidas, elas podem ser incorporadas ao resultado do processo, tornando aceitável o que deveria ser rejeitado, além de se perder uma oportunidade de melhoria do produto, como podemos observar na Figura 11.

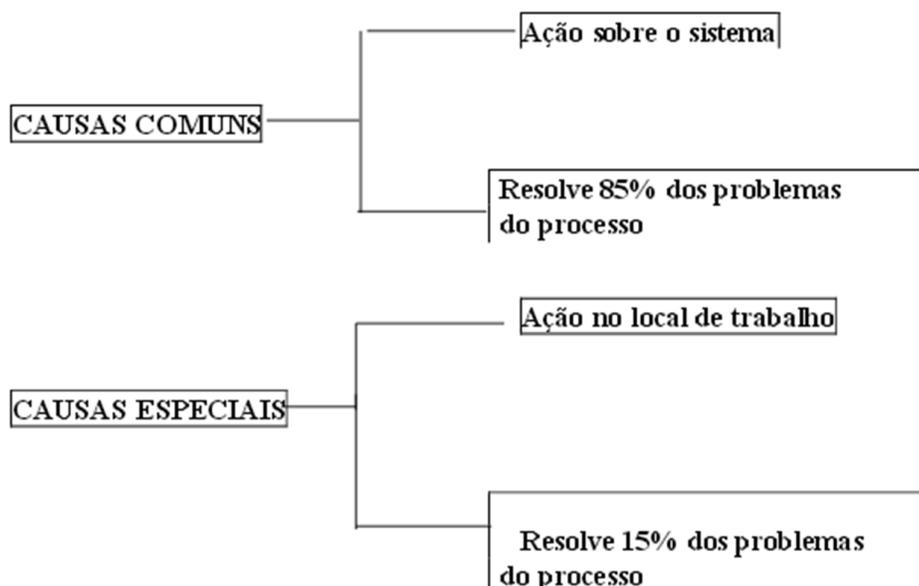


Figura 10 – Causas Comuns e Causas Especiais  
 Fonte: Ribeiro e Caten (2012).

Abaixo, a tabela expõe a diferenciação entre as duas causas:

Tabela 1 – Resumo das Causas Comuns e Especiais

<b>Aspecto</b>	<b>Comum</b>	<b>Especial</b>
<b>Investimento</b>	Pequeno	Grande
<b>Visibilidade do problema</b>	Grande – A natureza súbita chama a atenção de todos	Pequena – A natureza contínua faz com que todos se acostumem ao problema
<b>Ação requerida</b>	Restabelecer o nível anterior	Mudar para nível melhor anterior
<b>Dados</b>	Simple, coleta rotineira e muito frequente	Complexos, coleta especial e pouco frequente
<b>Análise</b>	Simple e feita pelo pessoal próximo ao processo	Complexa e feita por pessoal técnico
<b>Responsabilidade pela ação</b>	Operadores, pessoal próximo ao processo	Pessoal da gerência

Fonte: Ribeiro e Caten (2012).

Quando um processo apresenta somente causas comuns, pode-se afirmar que o processo é estável, não necessariamente apresenta um alto nível de qualidade, pois a qualidade é mensurada através da análise de capacidade. (LIMA, 2006).

Para processos que ainda não possuem estabilidade, aplica-se o controle, para melhorar o sistema de padrões, atuando nas causas dos problemas estabelecendo planos e metas de aperfeiçoamento atuando nos desvios, tornando o processo cada vez mais competitivo buscando melhoria continua em seu desempenho. (SLACK, 2002).

Martins (2005) adiciona que, utilizam-se as cartas (gráficos) de controle uma vez que são instrumentos simples que permitem a fácil interpretação, identificação e oferece a total autonomia para decidirem quando e que tipo de ação deve ser tomada, quando alguma variável atinge o processo, uma vez que as cartas de controle substituem a inspeção de todos os produtos, analisando-os somente por amostragem.

As cartas de controle são as ferramentas principais utilizadas no controle estatístico de processo e têm como objetivo detectar desvios de parâmetros representativos do processo, reduzindo a quantidade de produtos fora de especificações e os custos de produção (JURAN, 1992), além de ser uma coleção de ferramentas para auxílio na diminuição da variabilidade do processo, permitindo o alcance de um processo estável, cuja capacidade poderá ser melhorada. (RIBEIRO e CATEN, 1998).

Ribeiro e Caten (2012) expõem que Walter Shewhart propôs o uso das cartas de controle para a análise dos dados provenientes de amostragem, substituindo a mera detecção por inspeção total e correção de produtos defeituosos pelo estudo e prevenção dos problemas relacionados à qualidade, atuando antes da produção de qualquer parte que não atenda à qualidade.

Sua utilização determina que o processo seja estatisticamente estável, isto é, não deixa existir causas especiais de variação ou, ainda, que as sucessivas amostragens representem um conjunto de valores independentes ou não correlacionados. (MONTGOMERY, 2004).

O autor ainda diz que este pressuposto quase sempre não é atendido e muitas vezes leva à utilização das cartas de controle com limites inadequados e com

a frequente ocorrência de alarmes (pontos fora ou próximos aos limites da carta) sem que, necessariamente, representem a presença de uma causa especial.

Falcão (2001) aconselha que o primeiro passo para a construção de uma carta de controle é a coleta de dados do objetivo a ser analisado. Devem ser coletadas periodicamente durante o processo, sendo estabelecida uma frequência levando em consideração o planejamento de produção.

As cartas ou gráficos de controle consistem em uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais se localiza abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. (KUME, 1988).

O autor Silva (1999) apresenta ainda que as cartas de controle se baseiam em um sistema de coordenadas cartesianas, onde o eixo da ordenada é representado pelas medidas coletadas através de uma determinada característica e o eixo da abscissa é representado pelos subgrupos. Na carta tradicional de Shewhart, existem três linhas paralelas ao eixo da abscissa identificadas como linha central (LC), que se relaciona a um valor médio e duas linhas chamadas limite inferior (LIC) e limite superior (LSC), aceitáveis como limites de controle que determinam o intervalo de mudanças provenientes de causas comuns e fixados para atender uma variação de, em média, três desvios padrões, os limites são vistos na Figura 9.

Percebe-se que um ponto fora dos limites de controle é muito pouco provável, já que a distribuição associada ao gráfico mostra não haver pontos com esta condição. Portanto, pode-se atribuir uma causa especial a um ponto fora dos limites de controle ou a padrões não aleatórios e, nestes casos, ações corretivas devem ser tomadas com a finalidade de tornar o processo estável novamente. (PINTO, 2005).

O autor adiciona que, quando se tem alguma interação fora dos limites no gráfico, existem os índices de capacidade, principalmente o  $C_p$  – Capacidade do Processo e o  $C_{pk}$  – Capabilidade do Processo, para auxiliar a análise eficientemente a proporção de itens produzidos fora das especificações, uma vez que o processo tenha adquirido estabilidade. Para isto, é necessário parametrizar a distribuição observada (média e desvio padrão) e calcular a proporção de itens produzidos fora do intervalo de controle especificado.

Chou e Owen (1989) explicam que a Capacidade do Processo (CP) indica o quanto o processo estudado é capaz. Já a Capabilidade do Processo (CPK) é

quanto o processo é centrado, ou seja, o quanto ele atende as especificações. Wilson (1999) adiciona que o Cp é o coeficiente de capacidade potencial do processo e o Cpk é o coeficiente de capacidade efetiva do processo. Ambos são muito utilizados em processos técnicos e raramente em processos administrativos, serviços ou transações. Abaixo na Figura 15, uma simples correlação entre os dois indicadores é mostrada:

		Cp	
		Ruim	Bom
Cpk	Ruim	Processo não capaz. Trocar ferramenta ou ajustar para conseguir precisão.	Processo capaz, mas a média precisa ser ajustada.
	Bom	Não é possível	Processo capaz e bem ajustado.

Figura 12 – Correlação entre conceitos Cp e Cpk.  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Os cálculos dos índices de capacidade do processo, segundo Slack (1996), são mostrados abaixo na Equação 1 e 2:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

$$Cpk \text{ sup} = \frac{LSE - T}{3\sigma}$$

$$Cpk \text{ inf} = \frac{T - LIE}{3\sigma} \quad (2)$$

Onde:

$\mu$  = média do processo

$\sigma$  = desvio padrão do processo

LSE = limite superior de especificação

LIE = limite inferior de especificação

T = valor nominal

Caso o  $C_p$  de um processo for maior que 1,33, será considerado como indicativo de que o processo é capaz, se o valor de  $C_p$  estiver entre 1,0 e 1,33 o processo é aceitável, mas se  $C_p$  for menor do que 1,0, indica que o processo não é capaz (Slack, 1996). O autor ainda expõe que os resultados do  $C_{pk}$  são iguais ao do  $C_p$ .

Atualmente, com o avanço da informática, é fácil e rápido efetuar estes cálculos e analisar os seus resultados, utilizando softwares matemáticos como o MINItab, Matlab, Silab, entre outros.

O CEP tem como principal finalidade, observar o comportamento de um processo qualquer de forma científica. Assim, as análises e reações são padronizadas eliminando então a intervenção no processo baseada em conclusões pessoais (PINTO, 2005).

### **2.3.1 - Limitações e Benefícios do CEP**

Os conceitos e as técnicas estatísticas são importantes para o CEP, mas devem ser vistos apenas como auxiliares. O mais importante é desenvolver uma nova cultura na empresa (cultura para produzir com qualidade) que permita a motivação e a cooperação de todos na busca da melhoria contínua de todo o processo. Sem essa nova cultura, as técnicas têm pouco efeito significativo. É a nova cultura que propiciará as condições básicas para se extrair o máximo da potencialidade das técnicas estatísticas. Essa nova cultura passa fundamentalmente pela melhoria no nível de educação e de motivação da mão de obra. (TOLEDO, 2006).

Soares (2001) afirma que as desvantagens da implantação do CEP estão relacionadas aos insucessos de uma implantação mal sucedida, pois desde que seja implantado, o resultado apresenta lucros e, caso haja impactos negativos, eles não serão significativos.

O autor ainda diz que a questão do custo de implantação é alvo de fortes críticas da direção, principalmente as que são resistentes a mudanças nas

empresas. Postergação de programas de melhorias da qualidade é comum pois acham que são caros e o custo benefício não compensa, dificultando, também, a forma de medição do custo da qualidade.

Sommer (2000) acrescenta que a falha na implantação está ligada à execução deficiente, falta de treinamento e etapas incompletas. Algumas causas foram listadas abaixo:

- a. Falta de envolvimento da direção;
- b. Não envolvimento de todas as áreas ou resistência a mudanças;
- c. Não dedicação ao programa;
- d. Priorização errada das características do processo;
- e. Falta de conhecimento;
- f. Não acompanhamento através de um cronograma;
- g. Falta de padronização das tarefas.
- h. Falta ou falha na divulgação do programa para empresa;
- i. Espera de grandes resultados em curto prazo.

Segundo Toledo e Alliprandini (2004), a falta de visão sobre a necessidade de se criar um novo tipo de comportamento e de relações de trabalho, adequadas ao CEP, explica muitos dos casos de implantação mal sucedidos nas empresas brasileiras.

O CEP possibilita o monitoramento das características de interesse, assegurando que elas irão se sustentar dentro de limites preestabelecidos e indicando quando devem ser tomadas ações de correção e melhoria. É importante ressaltar a importância de se detectar os defeitos o mais cedo possível, para evitar a adição de matéria-prima e mão de obra a um produto defeituoso. TOLEDO (2006)

O CEP objetiva aumentar a capacidade dos processos, reduzindo refugo e retrabalho, e, por consequência, o custo da má qualidade. Assim, ele proporciona às empresas a base para melhorar a qualidade de produtos e serviços e, simultaneamente, reduzir substancialmente o custo da má qualidade. (RIBEIRO e CATEN, 2012)

Toledo (2006) afirma que hoje, tem-se o CEP não somente como uma ferramenta estatística, mas entende-se que é uma filosofia de gerenciamento e um conjunto de técnicas que tem como objetivo garantir a estabilidade e melhoria contínua de um processo.

A qualidade não é despesa e sim um custo útil, quando enfatizada à prevenção de defeitos. A seguir seguem principais pontos positivos para a implantação do CEP, conforme Soares (2001):

- a. Melhoria na qualidade;
- b. Aumento das condições de produção;
- c. Redução do custo por unidade;
- d. Redução de refugos / retrabalhos;
- e. Economia no uso de materiais;
- f. Redução dos gargalos;
- g. Avaliação das tolerâncias através de fatos;
- h. Redução de inspeção no final do processo;
- i. Eliminação de ajustes desnecessários;
- j. Redução no atraso da produção;
- k. Baixo número de reclamações de clientes;
- l. Motivação e conscientização sobre qualidade para os colaboradores

A relação de Custo e Benefício, segundo Juran (1995), é feita através do conceito de meta de Qualidade Ideal, que atende as necessidades do cliente e do fornecedor da mesma maneira e minimiza seus custos.

Os autores Toledo e Alliprandini (2004) acrescentam que, nessa nova cultura a direção/gerência deve ter como meta o controle rotineiro do processo para o próprio pessoal de linha – envolvendo treinamentos, organização e promover meios e recursos para os colaboradores - e procurar se concentrar nos problemas crônicos, nas mudanças de tecnologias, nos projetos de melhorias. Resumindo, "a gerência não deve ficar apagando incêndios, mas deve estudar formas de eliminar, permanentemente, as causas do incêndio". Nesse ambiente a implantação do CEP permite direcionar o tempo das gerências e da alta administração para os problemas que realmente impactam a produção, buscando projetos de melhoria que possam tornar a empresa mais competitiva, facilitando também, a implementação de novos paradigmas da gestão da qualidade:

**“FAZER CERTO DA PRIMEIRA VEZ”**

**"AUTO CONTROLE"**

**“MELHORIA CONTÍNUA”**

Figura 13 – Paradigmas da Qualidade  
 Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Kume (1993) finaliza, “... o aspecto que importa não é apenas o conhecimento dos métodos estatísticos, mas a atitude do indivíduo no sentido de querer aplicá-los”.

### 2.3.2 – Aplicações no Controle Automobilístico

César (2011) diz que o Controle Estatístico do Processo é um método para monitoramento de qualquer processo produtivo – do automóvel ao serviço de tradução – com o objetivo de controlar a qualidade dos produtos ou serviços no momento em que estão sendo produzidos, ao invés de confiar numa inspeção pós produção.

No processo de montagem de automóveis, o que une duas partes é o parafuso que sofre a ação do torque para garantir a operação realizada. (PINTO, 2005). “Torque é a força que mantêm unidas as partes de uma junta, capaz de anular todas as cargas externas” (ATLAS COPCO, 2003). Conforme figura 17 abaixo:

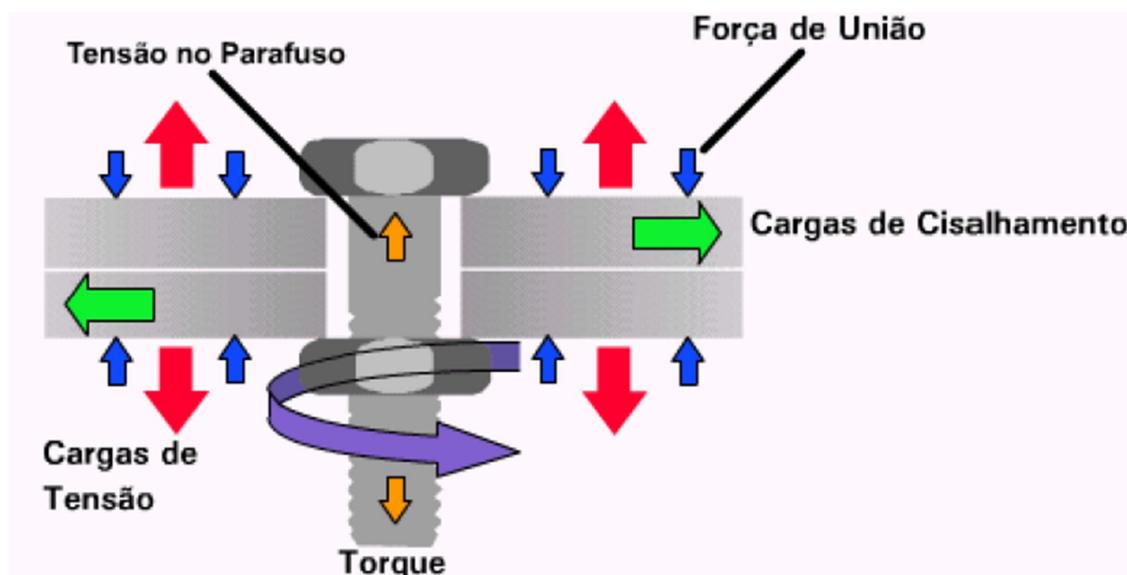


Figura 14 – Forças em uma junta parafusada  
 Fonte: Atlas Copco (2003).

O autor Pinto (2005) define que as especificações de torque variam consideravelmente dependendo da qualidade e criticidade da junta. Ex: uma junta de segurança em um veículo automotor, tal como a suspensão da roda, não pode falhar, por outro lado, uma simples fixação de uma porca com parafuso para ajuste de um dispositivo não é considerado tão importante do ponto de vista de segurança.

Farias (2001) diz que as normas ISO 9000 em sua versão 2000, expõem o CEP incorporado ao Controle de Qualidade, devendo as empresas em processo de certificação ou certificadas implementar o Controle Estatístico em seu Processo.

Quando se trata em fabricar um veículo automotor, essas normas e exigências são ainda maiores. Idealize o cliente, comprando qualquer veículo, ao sair da concessionária, na primeira esquina o parafuso da suspensão cai e um acidente ocorrer, não se imagina o tamanho das consequências (PINTO, 2005).

“Em uma planta automobilística moderna, a linha de produção é um “processo de operação” típico, ou seja, cria valor para a pessoa que compra o carro. Ao longo da linha, os carros são montados com diferentes tipos de apertadeiras, todas com funcionalidade, desempenho e confiabilidade diferentes. No processo de montagem há muitas coisas que afetam o resultado do aperto. Os operadores, os parafusos, os furos e muitas outras coisas afetam os apertos. Todos contribuem para a variação do processo total em cada aplicação.” (ATLAS COPCO, p.13, 2003).

Na técnica de união de materiais por parafuso, o operador, através de um equipamento, efetua a montagem de dois ou mais componentes utilizando elementos normalizados, como parafusos e porcas, porém existem variáveis que podem interagir com o processo e causar falha na operação. Essas falhas geram na junção dos componentes defeitos como: falha na junta, perda do elemento (parafuso, porca), alinhamento incorreto, vazamento, ruído, desgaste e funcionamento defeituoso. (PINTO, 2005).

Ao tratar-se da aplicação de um torque em um parafuso de uma determinada peça, deve-se garantir a fixação adequada do item. Logo, tais processos são de extrema importância, pois devem atender especificações estipuladas pela Engenharia de Produto da fábrica e Normas Internacionais. Logo que, o não cumprimento das especificações implicará em grandes perdas de qualidade no produto final afetando diretamente a segurança e satisfação dos clientes. (RIBEIRO e CATEN, 2012).

Samohyl (2009) apresenta a aplicação do CEP no setor automobilístico e ilustra a simplicidade e utilidade da atividade de experimentos para aumentar a eficiência e qualidade dos produtos e processos, minimizando os custos.

### 3 – METODOLOGIA

Neste tópico, será apresentada a metodologia que foi empregada no trabalho e sua respectiva estruturação. Miguel (2007) expõe que as pesquisas mais comuns em gestão de operações podem envolver os principais tipos resumidos na Figura 18, a seguir:

Tipos de pesquisa	Descrição
<b>Desenvolvimento teórico-conceitual</b>	Apesar de os desenvolvimentos teóricos poderem advir de discussões conceituais da literatura ou de revisões bibliográficas (BERTO; NAKANO, 2000), seu escopo principal envolve, sobretudo, modelagens conceituais que resultam em novas teorias.
<b>Estudo de caso</b>	O estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas.
<b>Levantamentos tipo survey</b>	Uma <i>survey</i> compreende um levantamento de dados em uma amostra significativa acerca de um problema a ser estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados (GIL, 1996).
<b>Modelamento e Simulação</b>	O modelamento ou modelagem compreende o uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo (BERTO; NAKANO, 2000).
<b>Pesquisa-ação</b>	A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1997).
<b>Pesquisa bibliográfica/revisão da literatura</b>	As revisões da literatura apresentam-se como uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento (NORONHA; FERREIRA, 2000), além de permitir a cobertura de uma gama de fenômenos geralmente mais ampla do que aquela que poderia ser pesquisada diretamente (GIL, 1996).
<b>Pesquisas experimentais</b>	As pesquisas experimentais tratam de um estudo sobre a relação causal entre duas ou mais variáveis de um sistema sob as condições controladas pelo pesquisador, geralmente conduzidas em laboratórios.

Figura 15 – Tipos de Pesquisa em Engenharia de Produção

Fonte: Martin (2012) adaptado de Miguel (2007).

Ventura (2007) apresenta o método de estudo de caso como o mais apropriado a pesquisadores individuais, visto como a oportunidade de um estudo com mais profundidade de um problema dentro de um período de tempo limitado. Sendo apropriado, também, para investigação de fenômenos e suas variedades de fatores e relacionamentos diretamente observados. Com a análise apresentada acima, justifica-se a escolha desse tipo de pesquisa para o seguinte estudo.

O estudo de caso implica em uma escolha indutiva e qualitativa, sendo dedutiva, onde o pesquisador se torna o principal articulador e responsável pela

interpretação dos dados e conclusão das informações (Oliveira, 2011), sendo esse outro ponto que colaborou a escolha do estudo de caso.

A escolha do método estudo de caso pode trazer os seguintes benefícios:

a. Novas descobertas são estimuladas em função do seu fácil planejamento; multiplicidade de dimensões para visualizar um problema, focalizando como um todo e podem apresentar simplicidade nos procedimentos, permitindo uma análise em profundidade dos processos e suas relações. (VENTURA, 2007);

b. Criação de novas teorias (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002);

c. Possibilita a compreensão e o entendimento sobre os eventos reais contemporâneos. (MIGUEL, 2007);

d. Ajuda a esclarecer o motivo pelo qual um conjunto de práticas foi realizado (YIN, 2001).

Para a condução do estudo de caso, foi utilizado o fluxograma da Figura 19, o qual facilitou o andamento e conclusão do trabalho.

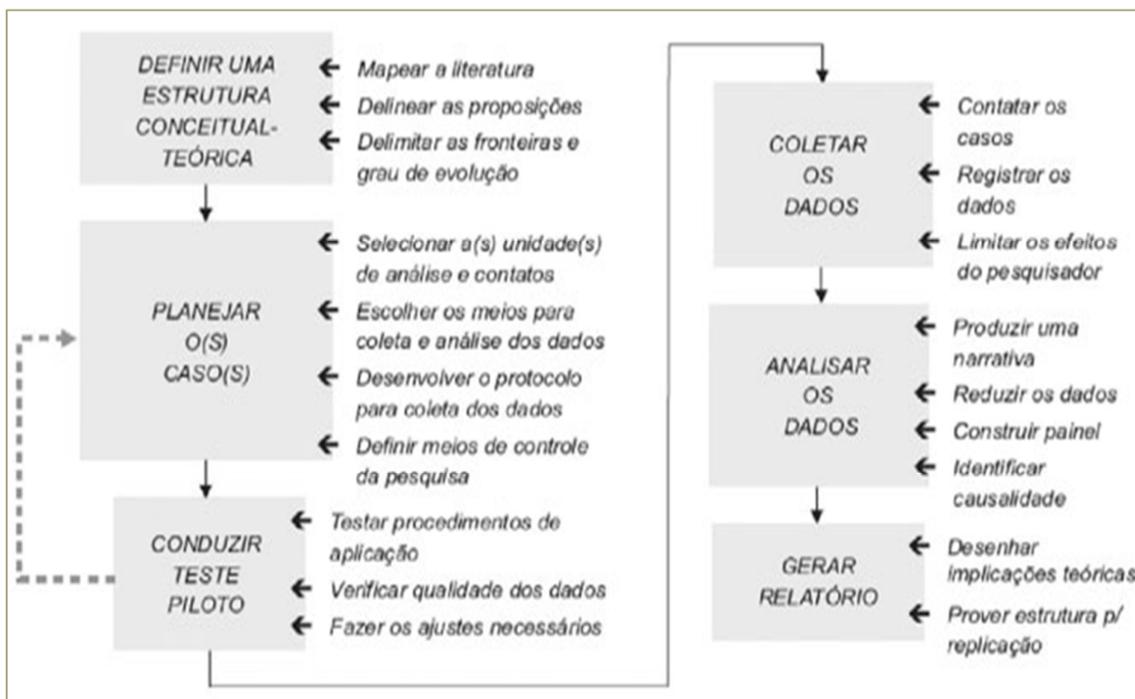


Figura 16 – Condução de estudo de caso.  
Fonte: Miguel (2007)

a. Definição da estrutura conceitual foi desenvolvida durante a revisão teórico sendo um pilar importante para próxima etapa, pois identificou os pontos importantes quanto aos roteiros de pesquisa.

b. Durante a etapa de planejamento escolheu-se a unidade de análise (produto/medição). O principal motivo que influenciou a escolha da apertadeira como foco foi em função de seu potencial de contribuição para a garantia da qualidade do produto para o cliente. Visando atender o foco da montadora para o atendimento de especificações, normas e satisfação do cliente.

c. A etapa do planejamento do caso foi realizada conforme a metodologia sugerida por Yin (2001), que conduziu a pesquisa a incluir os seguintes tópicos: Questões do estudo e suas proposições; se houver; sua(s) unidade(s) de análise; a lógica que une os dados às proposições e os critérios para interpretar as constatações.

Esses tópicos foram adequados ao protocolo de pesquisa, e então foram agregados ao Quadro da Figura 20. O período de pesquisa ocorreu de março a outubro de 2014, onde foi possível acompanhar o funcionamento da apertadeira.

O protocolo de pesquisa concretizou-se através de estratificação de dados e análises realizadas a partir deles. O quadro da Figura 20 expressa a relação dos tópicos da pesquisa realizada.

	<b>Descrição</b>
<b>Questão principal da pesquisa</b>	Como a implantação do Controle Estatístico do Processo (CEP) em uma apertadeira de torque controlado pode ser útil na qualidade do processo?
<b>Objetivo</b>	O objetivo geral do trabalho é levantar e analisar os dados gerados através de uma apertadeira de torque controlado, visando implementar o controle estatístico do processo para se obter confiabilidade no processo.
<b>Unidade de análise</b>	Empresa fabricante de equipamentos de construção no interior de São Paulo.
<b>Coleta de dados</b>	Estratificação dos dados gerados a partir da apertadeira de torque controlado.
<b>Período</b>	Março a Outubro de 2014.
<b>Local</b>	Montadora de equipamentos de construção
<b>Validade interna</b>	Análise realizada por diversas ações: entrevistas, análise de documentos (trabalho padrão, procedimentos), observação.
<b>Questões do estudo de caso</b>	Caracterização da empresa e produtos fabricados; Fluxograma do processo; Controle estatístico do processo e suas aplicações; Estudo da apertadeira.

Figura 17 – Protocolo de dados no estudo de caso

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

d. A condução e a coleta de dados iniciaram-se com a interface através de e-mails e telefonemas, para primeiramente entender o funcionamento do equipamento

e o fluxo de dados por ele gravado e conforme o aprendizado e entendimento a coleta de dados in loco se iniciava. Com auxílio de colaboradores envolvidos no processo, a estratificação tornou-se simples e rotineira.

e. Logo após a coleta dos dados, seguiu-se com a respectiva análise dos valores através do programa MINItab que auxilia quanto a determinação dos limites permissíveis que o processo poderá aceitar. Assim pôde-se, então, identificar os picos das variações, bem como, identificar as interferências que ocasionaram a alteração.

## **4 – ESTUDO DE CASO**

Nesta seção, serão abordadas especificações gerais da empresa e seus produtos, descrição do setor da qualidade, bem como o controle estatístico do processo, seus benefícios e limitações durante seu andamento, tendo como objetivo a satisfação e garantia de qualidade aos clientes, preservando a marca global da empresa.

O trabalho em tese possui como objetivo principal a demonstração com exemplos reais do cotidiano de uma real organização, relacionando a teoria aprendida com a prática.

### **4.1- História da Empresa**

O estudo foi realizado em uma das maiores empresas fabricantes de máquinas para trabalho pesado, que são conhecidas também como equipamentos de construção, na qual ocupa a terceira posição no ranking do ramo de produção. Faz parte de um grupo que atua em vários seguimentos do mercado como ônibus, caminhões, equipamentos de construção, serviços financeiros e motores que estão espalhados em todo o mundo. É composta por mais de 30 fábricas no mundo todo e no Brasil, fica localizada no interior paulista. Dentro da área de trabalho pesado, são produzidos mais de 150 modelos de escavadeiras, carregadeiras sobre rodas, motoniveladoras e caminhões articulados, em fábricas localizadas na Suécia, Alemanha, França, Estados Unidos, Canadá, Brasil e Coréia.

A empresa de equipamentos pesados no Brasil, fundada no final dos anos 70, começou a produção somente com carregadeiras e empilhadeiras, hoje é a planta do grupo que tem a maior multiplicidade de produtos. Conta com a fabricação de seis tipos de produtos, sendo eles retroescavadeiras, carregadeiras de rodas, compactador de solo, motoniveladoras, caminhão articulado e escavadeira de esteira. Possui 65 mil m<sup>2</sup> de área construída e 430 mil m<sup>2</sup> de área total, conta com cerca de 700 funcionários e produz mais de 3.000 máquinas por ano.

As máquinas são destinadas para todos os países, não somente para as distribuidoras (dealers – clientes intermediários), mas também para outras plantas ao redor do mundo. Seu principal destino é o exterior, porém com o crescimento nacional do seguimento de construção civil e mineração, a demanda nacional tem exibido valores consideráveis.

A empresa apresentada segue padrões internacionais e foca sua estratégia na qualidade dos produtos, diferente de seus concorrentes. Abaixo seguem os parâmetros que a empresa segue como diretrizes:

**Missão:** Criar valores para os consumidores e acionistas. Utilizar expertise para desenvolver produtos relacionados a transportes e serviços de qualidade superior, oferecendo segurança e preocupação com o meio ambiente, trabalhando com energia, paixão e respeito pelo indivíduo.

**Visão:** Tornar-se líder mundial como fornecedor de soluções para o transporte comercial.

**Valores:** Possuir cultura corporativa como diferencial, aplicar e fortalecer a expertise e cultura construída ao longo dos anos para atingir a visão.

## **4.2 – Produtos**

Assim que inserida na plataforma global de operações, as exportações aceleraram as atividades da Unidade Industrial, com o reforço do crescimento contínuo do mercado latino-americano. Produz seis dos principais produtos de toda a organização, além de vendas de componentes para outras plantas. Para dar suporte a esse processo, investimentos consistentes em equipamentos, tecnologia e infraestrutura, aumentaram a capacidade da fábrica.

Os produtos fabricados na empresa são caminhões articulados, escavadeiras, motoniveladoras, rolo compactador, pá carregadeira e retroescavadeira, não se esquecendo dos componentes como eixos planetários, cabines e chassis. E também, escavadeiras de grande porte que chegam até a fábrica em kits vindo da Coreia pertencente ao mesmo grupo. Abaixo descrição e ilustração das máquinas produzidas.



Figura 18 – Caminhão Articulado

Os Caminhões Articulados são construídos, basicamente para transportar eficientemente múltiplos tipos de cargas nas mais extremas situações. Muitas vezes são utilizados juntamente com escavadeiras ou pás-carregadeiras, devido suas

articulações e inigualável capacidade de desempenho e manobras em situações exigentes.



Figura 19 – Escavadeira

A escavadeira, projetada para proporcionar desempenho a longo prazo e desenvolvida para a tarefa de escavação de solo e carregamento de pedra, possui um alto desempenho com grande capacidade produtiva. Suas principais aplicações são: carregamento de caminhão, escavação de massa, abertura de valas, uso de rompedor, pinça e tesoura, limpeza de lagos e rios, manuseio de cargas, madeiras e resíduos e compactação.



Figura 20 – Motoniveladora

Já a motoniveladora se caracteriza como uma máquina de trabalho pesado versátil e eficiente. Utilizada para contornos de obstáculos, nivelamento, abertura de valas, preparação de camadas de base, criando uma grande e rígida superfície para deposição do piche para asfalto. De modo geral, é empregada na terraplanagem em grande escala e construção da fundação e é adequada para escavação, raspagem de declives e corte superficial da terra virgem,



Figura 21 – Rolo Compactador

Outro equipamento produzido pela empresa, é o Rolo Compactador que é mais utilizado para compactar cascalhos, solos, asfalto e concretos e pedras

britadas. Versátil e eficaz, utiliza o peso do veículo para comprimir a superfície a ser prensada. Composto de um rolo e duas filas de pneus que proporcionam flexibilidade e é utilizado principalmente em rodovias, estruturas de contenção de água, grandes obras e preparação de áreas a serem construídas.



Figura 22 – Carregadeira

A Carregadeira é a máquina de trabalho pesado mais utilizada no ramo da construção. Opera com baixo custo em carregamento e transporte, movimentação de terra, pedreira, resíduos, blocos, toras, no setor agrônômico e muito mais. É versátil e possui alta capacidade de carga



Figura 23 – Retroescavadeira

Com início das montagens recentemente, mas não menos importante, as Retroescavadeiras são a união de escavação com carregamento. Projetadas e construídas para atender a necessidade de seus clientes, proporcionam a capacidade de uma carregadeira frontal e o desempenho de escavação. As principais aplicações são construção de valas profundas, elevação, carregamento, içamento, manuseio e transporte de materiais, agricultura e muito mais.

Os modelos apresentados ainda possuem variedades distintas para agregar a configuração básica da máquina conforme a necessidade do cliente. Esses opcionais se diferem, pois cada máquina possui aplicação diferente, ficando a escolha do cliente o que mais atende seu objetivo no campo de trabalho.

A empresa possui a maior gama de máquinas de trabalho pesado de todo o grupo. Deste modo traz uma complexidade inigualável em sua produção, do pedido

do cliente à entrega do produto final ao seu destino, lembrando que em todo seu trajeto a qualidade é colocada em primeiro lugar.

### 4.3 – Qualidade

A satisfação dos clientes está na base das operações dessa empresa, sendo a qualidade, um dos seus principais valores reconhecidos mundialmente, refletindo nos melhores serviços e produtos confiáveis e modernos.

A empresa é certificada pela ISO 9001 – Gestão da Qualidade, desde 1998 e define a qualidade como um dos valores corporativos, comparando com a confiança. Sua política de qualidade abrange em primeiro lugar foco no cliente, utilizado como medição de desempenho, outro tópico é o comprometimento e participação de todos, e por último busca melhorias contínuas e padronização dos processos.

A preocupação com a qualidade se entende, também, à escolha dos melhores fornecedores, capacitação de concessionárias, tecnologia de ponta sempre buscando superar as expectativas.

O setor da Qualidade fica localizado na parte fabril da empresa, e é dividido em quatro subsetores: Qualidade de Fabricação, Inspeção de Recebimento, Inspeção Final e Engenharia da Qualidade. A figura 22 mostra o organograma do setor da qualidade:

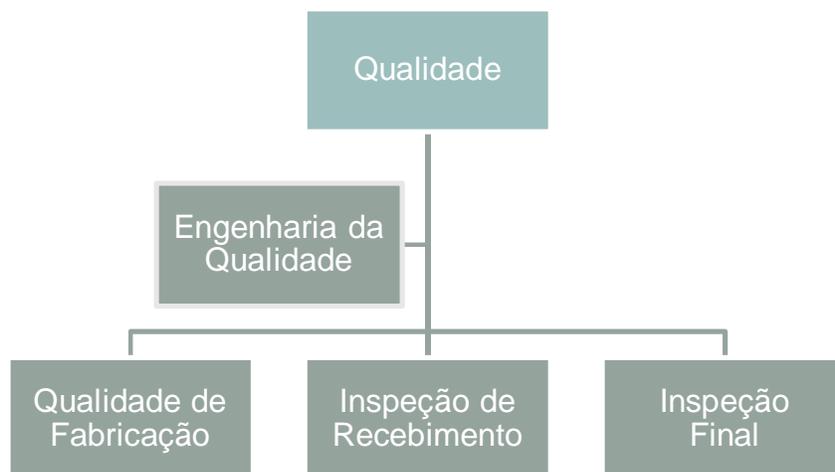


Figura 24 – Fluxograma Qualidade  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

A qualidade de fabricação conta com a função de garantir a especificação dos produtos antes, durante e após o processo de fabricação das peças, que engloba a soldagem, usinagem e pintura dos conjuntos. É considerado o primeiro filtro onde a qualidade atua.

Já a inspeção de recebimento cuida dos itens que fazem parte da montagem da máquina. Então quando as peças entram na linha de montagem, as partes que agregam a elas devem ser cuidadosamente disponibilizadas com qualidade e em perfeitas condições de uso.

Um setor essencial à qualidade total do produto é a inspeção final, abrangendo últimos ajustes à máquina, assim, realizando os testes necessários e por fim a inspeção pré-entrega que envolve tanto a qualidade visual quanto o funcional da máquina, garantindo zero defeito antes da entrega.

A engenharia da qualidade atua tanto nos projetos dos produtos até no seu cliente final e depois do funcionamento da máquina, garantindo a garantia depois da entrega e cuidando dos problemas que ocasionalmente acontecem no campo. Além de abranger essas três áreas descritas acima, garantindo que todas funcionem em perfeita harmonia. É uma área vital que cuida de todos os indicadores de qualidade dos setores de toda a empresa.

#### **4.4 – Controle Estatístico do Processo**

Esta empresa demonstra que o Controle Estatístico do Processo já vem sendo estudado por ela para a melhoria nos processos produtivos. Já foi muito utilizado para a diminuição de defeitos no processo de solda e agora o setor da montagem foi selecionado para receber essa ferramenta buscando a qualidade de suas operações.

A determinação da quantidade correta de torque aplicado em cada parafuso durante a montagem da máquina foi estudada e determinada pela Engenharia do Produto, por se tratar de uma característica crítica de segurança e da qualidade que pode afetar diretamente o cliente.

O estudo se iniciou em março de 2014, quando a instalação e o processo de uso da apertadeira já estavam fazendo parte do dia-a-dia dos montadores tornando evidente a necessidade de um maior controle da eficácia do aparelho e seu funcionamento. Como a coleta de dados é automática nesse tipo de apertadeira, tornou um processo fácil para realizar a análise, pela riqueza de informações e a não existência de qualquer tipo de controle do processo.

O primeiro passo foi alcançar o compromisso da alta direção, formando um comitê de gerentes e grupo envolvido no projeto de melhoria para realização de acompanhamento mensal sobre andamento.

Depois da equipe formada e com autorização dos *stakeholders*, o próximo passo foi, com base nos procedimentos padrões institucionais da organização a partir da relação com o objetivo do negócio, a assertividade da área e processo escolhido. A área onde o trabalho constituiu foi a montagem de pás carregadeiras e retroescavadeiras que dividem a mesma apertadeira de torque controlado. A operação foi selecionada pois se acredita que a correlação com a qualidade e garantia do produto é significativa.

Após a seleção do processo, o terceiro passo foi identificar as métricas do processo que descrevam o desempenho do processo, chamadas também de variáveis estatísticas. Com os dados de diferentes lotes já disponíveis, precisou escolher o melhor tipo de gráfico a ser aplicado. A carta de controle foi a mais adequada a ser utilizada para as características de qualidade do estudo de caso identificando as variáveis individuais. As informações são coletadas pela apertadeira e analisadas através da utilização do *software* MINItab que auxilia na construção dos gráficos. Esses dados ficam registrados em um banco de dados que relaciona as características de qualidade que são controladas no processo produtivo, como torque ideal, máximo e mínimo, data, hora e validação da operação.

Uma vez definido o sistema da medição, é necessário avaliar sua capacidade. Com o objetivo de verificação do comportamento do processo sem nenhuma interação, os dados foram coletados durante um certo período, aproximadamente cinquenta aplicações de torque. Não foi preciso o cálculo do limite superior (LSC) e limite inferior (LIC), pois esses limites já foram determinados pela especificação do produto. Segue abaixo os gráficos referentes aos registros das diferentes intensidades de toque aplicado na montagem.

O gráfico da Figura 28 demonstra as 50 medições de torque e seus respectivos valores registrados para estudo da capacidade de torque de 300Nm, sendo, então, observado 7 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O cálculo do Cp apresenta o valor de 0,47 e o de Cpk o valor de 0,41.

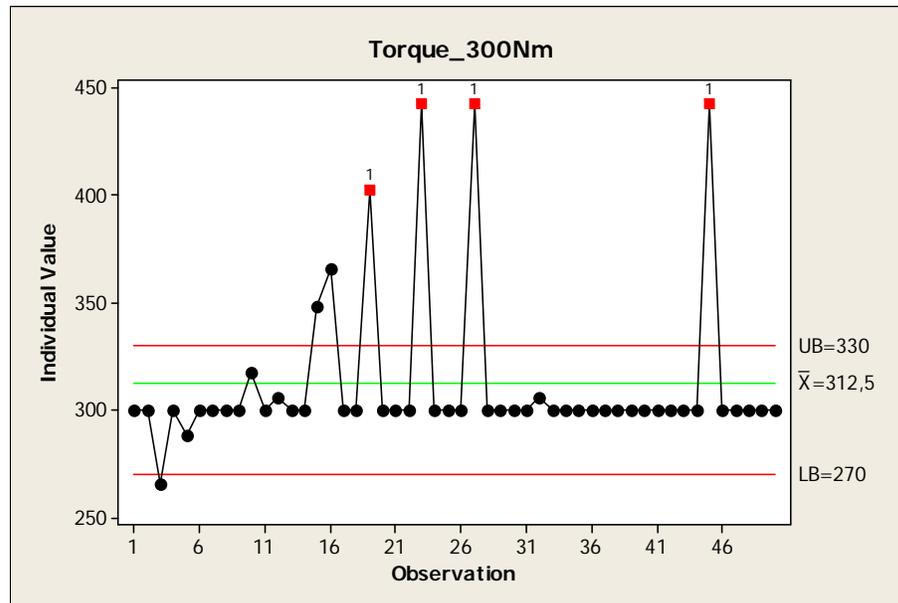


Figura 25 – Capabilidade de Torque 300Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014)

O gráfico abaixo, Figura 29, demonstra aproximadamente a amostra de 50 medições de torque e seus valores registrados para estudo da capacidade de torque de 340Nm, sendo, então, observado 9 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O cálculo do  $C_p$  apresenta o valor de 0,63 e o de  $C_{pk}$  o valor de 0,56.

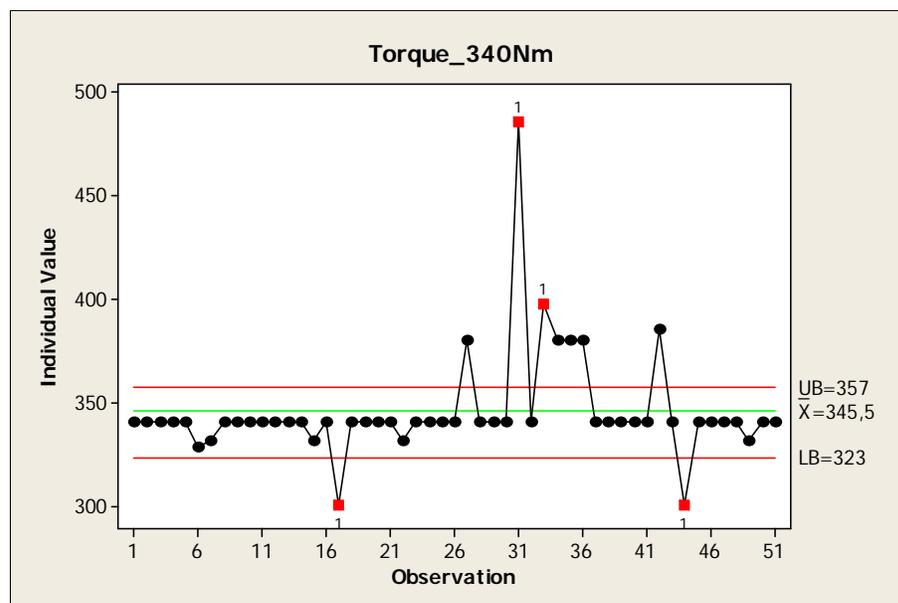


Figura 26 – Capabilidade de Torque 340Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

O próximo gráfico, Figura 30, mostra a amostra de 60 medições de torque e seus valores anotados para estudo da capacidade de torque de 580Nm, sendo, então, observado 9 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O valor do Cp calculado é de 2,45 e o de Cpk o valor de 1,18.

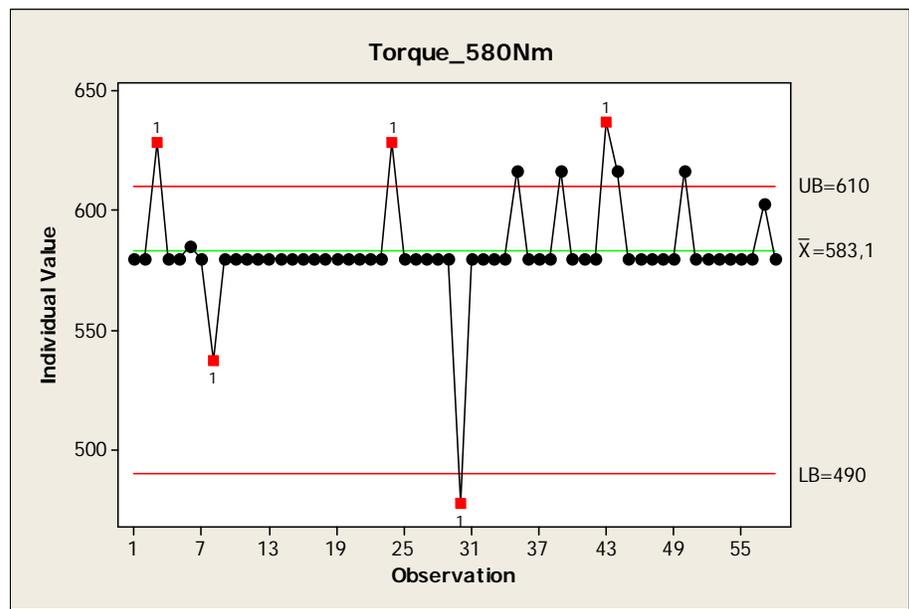


Figura 27 – Capacidade doTorque 580Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Na próxima página, o gráfico da figura 31, demonstra aproximadamente a amostra de, também, 60 medições de torque e seus valores registrados para estudo da capacidade de torque de 600Nm, sendo, então, observado 3 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O cálculo do Cp apresenta o valor de 1,61 e o de Cpk o valor de 1,59.

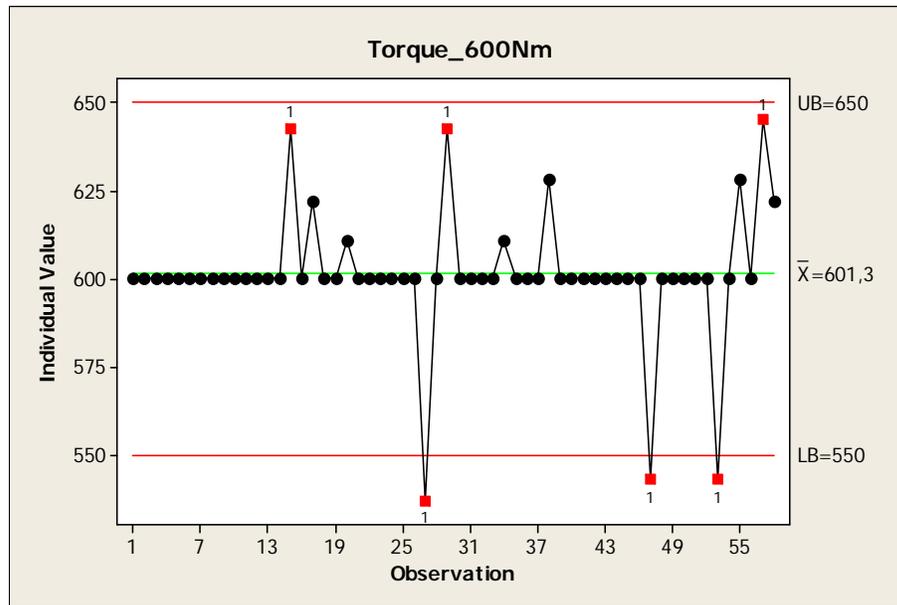


Figura 28 – Capabilidade do Torque 600Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

O gráfico abaixo, Figura 32, demonstra aproximadamente a amostra de 60 medições de torque e seus valores registrados para estudo da capacidade de torque de 640Nm, sendo, então, observado 5 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O cálculo do Cp apresenta o valor de 0,67 e o de Cpk o valor de 0,62.

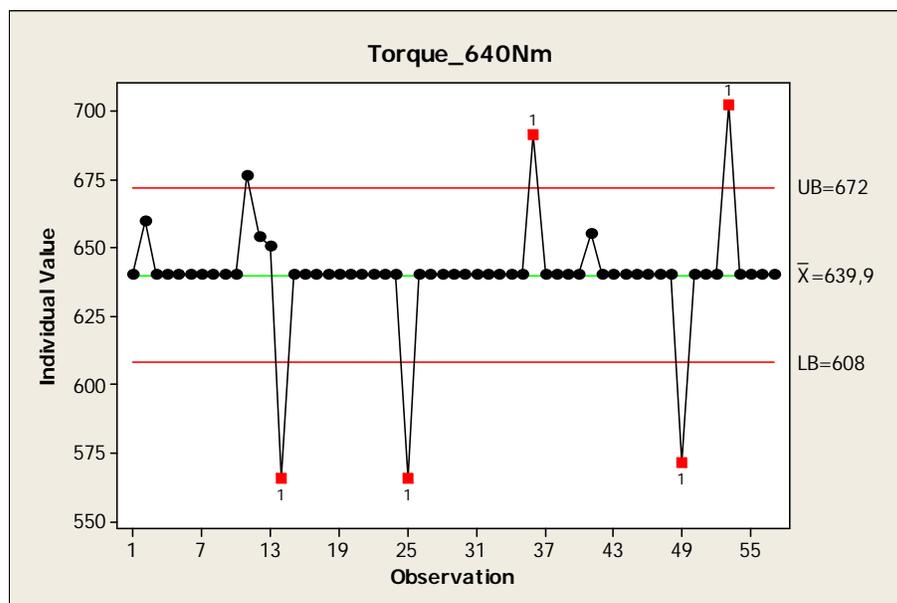


Figura 29 – Capabilidade do Torque 640Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014).

E por fim, gráfico abaixo correspondente a Figura 33, demonstra aproximadamente a amostra de 60 medições de torque e seus valores registrados para estudo da capacidade de torque de 670Nm, sendo, então, observado 4 pontos fora do valor especificado e, também da tolerância. O cálculo do Cp apresenta o valor de 1,84 e o de Cpk o valor de 1,75.

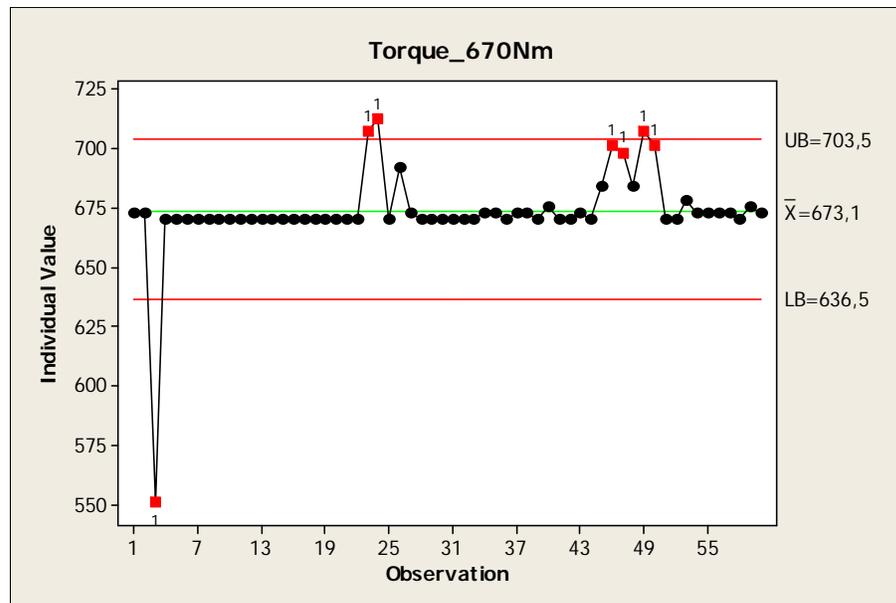


Figura 30 – Capacidade do Torque 670Nm  
Fonte: Elaborado pela autora (2014),

Analisando as figuras acima, percebe-se que metade da configuração dos torques há resultados que ficaram fora dos Limites de Controle, ou seja, possuem o Cp e Cpk baixo. Lembrando que, para Cp e Cpk > 1,33 o sistema é capaz, para Cp e Cpk entre 1,0 e 1,33 o sistema é aceitável e para Cp e Cpk menor que 1,0 o sistema é incapaz. A configuração de torque de 300Nm, apresenta o processo mais incapaz de todos, mostrando uma maior instabilidade do processo, ou seja, presença de causas especiais.

Além dos gráficos de controle para advertir os picos de variação, existe outro filtro para comprovação da instabilidade, verificação através de torquímetro digital. É possível confirmar a variabilidade do processo durante a inspeção final do produto, que já identificou parafusos que saíram da linha de montagem sem o correto aperto.

## 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são analisados os resultados obtidos através da implantação das cartas de controle e identificação da variação do processo na apertadeira de torque controlado. Foi realizado o levantamento dos dados e a partir da base de dados criada, se iniciou a análise estatística do processo a partir de amostras das diferentes configurações de torque possíveis no processo.

O gráfico de controle é um tipo de gráfico utilizado para determinar a variabilidade e verificar se o processo é capaz ou não. As técnicas de estatística de processos e comparação entre diferentes situações são ferramentas para que metas sejam estabelecidas e alcançadas, buscando melhorias no processo. Para auxílio, utilizou o *software* MINItab como ferramenta de geração de gráficos e cálculo dos índices de Cp e Cpk.

O comportamento dessas amostras foi rastreado em toda a população coletada durante o período. O uso do CEP confirmou a necessidade de um estudo maior dos agentes causadores desse descontrole no processo de aplicação de torque pela apertadeira. Analisando os gráficos, veirifica-se que em todos os processos possuem pontos fora dos limites especificados, dessa forma, tratam-se de processos fora de controle e fora dos limites de especificação. Além da grande variação do processo, os índices de Cp e Cpk encontrados mostraram que alguns dos processos não são capazes.

Após a identificação da alta variabilidade do processo, houve uma força tarefa dos envolvidos no processo em questão. Todos concentraram seus esforços em entender a origem dessas causas, procurando por pontos de melhorias buscando a estabilidade do processo. Realizou-se um levantamento das possíveis causas que estavam afetando a qualidade do processo, dentre elas comuns e especiais. As comuns, como definidas anteriormente, não são controláveis e não é possível tomar ações locais para eliminá-las. Abaixo, seguem as principais possíveis causas especiais encontradas:

- a. Contaminação de óleo no parafuso
- b. Rosca danificada (batida)
- c. Falha no sistema de energia elétrica
- d. Dureza do material
- e. Calibração do equipamento

Visando a eliminação das causas especiais que atuam diretamente no processo, as áreas responsáveis por cada causa foi acionada e realizou um estudo para desenvolver ações corretivas e acompanhamento dos resultados, como pode ser observado na Tabela X.

Tabela 2 – Causas que atuam no processo

<b>Causas</b>	<b>Área</b>	<b>Tratativa</b>
Óleo na rosca do parafuso	Fornecedor	Assegurar que o fornecedor esteja entregando o produto dentro das especificações;
	Estoque	Verificar armazenamento do produto e evitar contaminação;
	Montagem	Instruir montadores a realizar corretamente o processo de montagem;
Rosca danificada (batida)	Fornecedor	Assegurar que o fornecedor esteja entregando o produto dentro das especificações;
	Estoque	Verificar armazenamento do produto evitando contato e batidas com outros componentes;
	Montagem	Instruir montadores a realizar corretamente o processo de montagem;
Falha no sistema de energia elétrica	Manutenção	Verificar controle de geradores para energia elétrica não oscilar na rede que alimenta a apertadeira;
Dureza do material	Fornecedor	Assegurar que o fornecedor esteja entregando o produto dentro das especificações;
	Qualidade	Inspeccionar entradas de material e constatar qualidade do produto;
Calibração do equipamento	Fornecedor	Manter contato direto com o fornecedor da apertadeira e sempre que houver distúrbios, questioná-lo;
	Qualidade	Manter qualibração do equipamento atualizada (manutenção preventiva);

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Para manter a estabilidade do processo sugere-se que se defina as responsabilidades pela coleta de dados, monitoramento das cartas de controle, cálculo dos limites de controle e estudo de estabilidade e de capacidade. Recomenda-se que a coleta de dados fique sob a responsabilidade do Engenheiro de Montagem, que irá repassar os dados para o técnico da qualidade semanalmente. Com os dados atualizados, o técnico da qualidade deverá monitorar, calcular e identificar a estabilidade e capacidade do processo.

Em casos do processo sair do controle, o mesmo deverá comunicar o engenheiro, líder e supervisor responsável pela linha de montagem sobre essas variações para que ações corretivas e preventivas sejam elaboradas e executadas.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 – Conclusão

O trabalho apresentado teve o início com o estudo sobre a desenvoltura da instalação da apertadeira de torque controlado, em seguida, extração e análise dos dados com o auxílio de um *software* estatístico (MINItab), posteriormente, aplicação das cartas de controle, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto, identificando as variáveis que causam distúrbios no processo.

O referencial teórico aqui pesquisado e estudado, possibilitou ao pesquisador uma seqüência de atividades que facilitou o entendimento e planejamento para sua implantação. A partir dessas análises, é possível afirmar o comprometimento com a qualidade e satisfação do cliente.

Foram encontradas algumas dificuldades, entre elas o início do projeto foi a fase mais trabalhosa. Primeiramente, o levantamento de dados para apresentação do projeto foi demorado em relação à dificuldade de extração das informações. E após material coletado, foi preciso a aceitação, colaboração e dedicação das pessoas envolvidas no processo.

A análise realizada pelo Controle Estatístico do Processo durante a operação de torque controlado permitiu a identificação da instabilidade do processo. Assim, após comprovado essa falha no processo, a busca pelas causas e aplicação de melhorias foi realizada.

Com este trabalho, foi realizada uma análise estruturada através de ferramentas da Qualidade trabalhadas e aplicadas, com a colaboração de pessoas qualificadas. O almejo de melhorias para o processo é promissor, e com isso alavanca a qualidade dos produtos. Tendo por base um sistema de controle através de ferramentas que foram implementadas no processo, que irá auxiliar na solução imediata dos problemas do cotidiano, e aumentará a garantia da qualidade do produto. Reduzindo os tempos de retrabalho e paradas inesperadas, que irá acarretar em melhorias na organização.

A técnica utilizada foi o estudo de caso que proporcionou o conhecimento das etapas de fabricação das máquinas e o aprofundamento em uma montagem específica. Permitiu, também, o detalhamento do conhecimento teórico apresentado

em sala de aula, habituando-se ao dia a dia real de uma fábrica, vivenciando suas dificuldades e pontos de melhoria para redução da instabilidade do processo.

Concluí-se que o objetivo proposto foi atingindo pela análise da observação com auxílio de gráficos de controle e investigação realizada no período do estudo.

## **6.2 – Propostas e Recomendações**

Recomenda-se para futuros estudos, que o pesquisador realize melhorias para as variáveis que influenciam o processo a não ser estável. Com o levantamento já realizado, a fase de tratá-los ficará mais simples.

Todos os processos possuem variações, com um conhecimento aprofundado deste processo específico, deve-se mantê-lo dentro do nível apropriado de capacidade. É importante monitorar o processo para que medidas eficazes de prevenção de causas especiais sejam executadas. Também realizar o trabalho de redução da variação através de alterações dentro do processo e acompanhamento das melhorias realizadas buscando qualidade e redução de custos.

Outra proposta seria a aplicação do controle estatístico do processo em outros pontos da linha de montagem, garantindo uma melhora na qualidade das operações e, conseqüentemente, em todo o produto.

## REFERÊNCIA

AILDEFONSO, Edson Costa. **Gestão da Qualidade**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo, Espírito Santo, 2006.

ALGARTE, Waldir. QUINTANILHA, Delma. **A História da Qualidade e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade**. Rio de Janeiro: Senai, 2000.

ANSOFF, I.; MCDONNELL, E. J. **Implantando a Administração Estratégica**. São Paulo: Atlas, 1993.

ATLAS COPCO, **Técnicas de Análise Estatística**, Guia de Bolso, 2003.

CALARGE, Felipe.; DAVANSO, José. **Conceito de Dispositivos à Prova de Erros Utilizados na Meta do Zero Defeito em Processos de Manufatura**. Revista de Ciência & Tecnologia, v. 11, n. 21, p. 7-18, 2003.

CAMPOS, Vicente F. **TQC – Controle da Qualidade Total** (estilo japonês). Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 230p.

CARNEIRO NETO W. **Controle estatístico de processo - CEP** [CD-ROM]. Recife: UPE-POLI; 2003

CARPINETTI, Luiz C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2. Ed. São Paulo, Atlas, 2012. 232p.

CÉSAR, Francisco I. G. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. 1. Ed. São Paulo, Biblioteca 24 horas. 2011.

CHAMBERS, D, WHEELER, D. **Understanding statistical process control**. 2.ed. Knoxville: SPC Press, 1992. p.12-20.

CHOU, Youn-min; OWEN, D. B. On the distributions of the estimated process capability indices. **Communications in Statistics-Theory and Methods**, v. 18, n. 12, p. 4549-4560, 1989.

COSTA, W. S. **Resgate da humanização no ambiente de trabalho**. Cadernos de Pesquisa em Administração, São Paulo, v.09, nº 02, abril/junho 2002

DELLARETTI FILHO, Osmário. **Itens de Controle e Avaliação de Processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

DEMING, W.E. **The New Economics – for Industry**, Government, Education, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1993.

DEMING, W.E. **Out of Crisis**, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, Boston, 1986.

FALCÃO, A. S. G. **Diagóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais** – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2001.

FARIAS, J. C. **A ISO 9000:2000 e o CEP**. Revista Controle da Qualidade. São Paulo: Banas, Agosto/2001.

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da Qualidade Total**, Tradução: Regina Cláudia Loverri.v. 4. São Paulo: Makron Books, 1994.

FILHO, D. M., FOGLIATTO, F.S. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador: 2001.

GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras** – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2002.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GOLBARG, M.C. **Times – ferramenta eficaz para a qualidade**. São Paulo: Makron Books do Brasil Ltda., 1995.

GOMES, Bruno S. Integração Industrial, **A Terceira Revolução**. Rio de Janeiro, mai-2005.

ISO 5393:1994. Rotary tools for threaded fasteners -- Performance test method, 1994.

JURAN, J.M. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo: Pioneira,1992.

JURAN, J.M. **Juran na liderança pela qualidade**. 3ª. Ed. São Paulo: Pioneira, 1995.

KUME, H. **Statistical Methods for Quality Improvement**: AOTS, The Association for Overseas Technical Scholarship. Japão, 1988.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000.

LIMA, A. A. N., Lima, J. R. Silva, J. L., Alencar, J. R. B., Soares-Sobrinho, J. L., Lima, L. G., Rolim Neto, P. J., **Aplicação de Controle Estatístico de Processo na Indústria Farmacêutica**, Rev. Ciéncia. Farma. Básica Apl., 27(3), pp. 177-187, 2006

LIMA E. M. *et al.* As respostas do GECON às Críticas do *Relevance Lost*. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 177-200, 2011.

LINS, Bernardo. Ferramentas básicas da qualidade. Brasília, v.22, n.2, maio/ago.1993.

MAICZUK, J. ANDRADE Júnior, P. **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS PRODUTIVOS: UM ESTUDO DE CASO**. *Quality Revista Eletrônica*, 14(1). (2013). Acesso em: 14/10/2014 às 17:07. Recuperado de <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1599/924>

MARTIN, Eduardo José Pereira. **Um estudo sobre as boas práticas e principais dificuldades na implantação de um sistema de gestão de qualidade com base na ISO 9001 e seus reflexos na área ambiental**. 2012. 132 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012.

MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI. Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo : Saraiva, 5ª Ed., 2005.

MENDONÇA, Mario. **Qualidade Total**. Amapá, UNIFAP. 2011. 31p. Apostila.

MENDONÇA, Ricardo A. O. **Gestão da Qualidade Total**. Uniesc, Florianópolis Disponível em: [http://www.uniesc.com.br/dl\\_file.php?arquivo=download/txt\\_30\\_20091111\\_035047.pdf&esc\\_id=2&arq\\_id=30](http://www.uniesc.com.br/dl_file.php?arquivo=download/txt_30_20091111_035047.pdf&esc_id=2&arq_id=30). Acesso em: 21 out.2014.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção, 2007.

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC; 2004. p.220-48.

MORETTI, Silvinha, **Qualidade de Vida no Trabalho x Auto-Realização Humana**. Não tem o ano. 14f. Artigo científico. – Gestão estratégica de recursos humanos, Instituto Catarinense de Pós-Graduação, Santa Catarina: ICPG, 2003.

NUNES, J. P. **Gráficos de Controle do processo**. Disponível em:

<<http://www.geocities.com/Eureka/Plaza/6813>>. Acesso em: 20 out. 2014.

OLIVEIRA, M. **A pesquisa de clima interno nas empresas: o caso dos desconfiômetros avariados.** São Paulo: Nobel, 1995.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados.** 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. v. 1. 243p.

PALADINI, Edson P. **Avaliação estratégica da qualidade.** São Paulo: Atlas; 2002. p.64-114.

PALADINI, Edson P. **Controle de qualidade: uma abordagem abrangente.** São Paulo: Atlas; 1990.

PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade: Teórica e Prática.** 2 ed. 9. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2010.

PALMBERG, K. (2009), "Exploring process management: are there any widespread models and definitions?", *The TQM Journal*, Vol. 21 No.2, pp.203-15.

PETENATE, Ademir J. et. al. **Ferramentas da Qualidade.** Campinas. EDTI Projetos. [20--].

PINTO, Eduardo. **SISTEMA INTELIGENTE PARA ESPECIFICAÇÃO DO APERTO IDEAL EM OPERAÇÕES DE PARAFUSAMENTO.** 2005. Tese de Doutorado. Universidade de Taubaté.

RANGEL, A. **Momento da Qualidade.** São Paulo: Atlas, 1995

RIBEIRO, José L.D.; CATEN, Carla. S. T. **Controle Estatístico do Processo: Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS. 2012. 172p

RIBEIRO, J.L. & CATEN, C.T. (1998) – Controle Estatístico do Processo. Apostila do Curso de Pós – Graduação em Engenharia de Produção. Editora da UFRGS. Porto Alegre.

ROCHA, F. A. S. C. Certificado ISO:O diferencial das organizações. **Adcontar**, Belém, v. 2, n. 1, p. 7-10, 2001.

ROSÁRIO, Marcelo B. **CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DA ÁREA DE ELETRODOMÉSTICOS.** 2004. 112f.

Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia – Profissionalizante) Universidade Federal do Rio Grande Do Sul – Escola de Engenharia, 2004.

SAMOHYL, Robert W. **Controle Estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do controle estatístico de processo na indústria de laticínios: lactoplasma um estudo de caso**. Florianópolis: UFSC, 1999. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SLACK, Nigel et al. **Administração de Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, Nigel. **Administração de Produção**. São Paulo: Atlas, 2002

SOARES, G. M. V. P. P. Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Indústria de Bebidas: um estudo de caso – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SOMMER, W. A. Apostila Avaliação da Qualidade. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2000.

TOLEDO, José C. **Introdução ao CEP – Controle Estatístico do Processo**. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Disponível <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/CEP-ApostilaIntroducaoCEP2006.pdf> > acesso 08/10/2014.

TOLEDO, José. C. CARPINETTI, Luiz. C. R. **Gestão da Qualidade na Fábrica do Futuro**. In:ROzenfeld, H. A Fábrica do Futuro. São Paulo: Banas, 2000.

TOLEDO, J. C. **Qualidade , Estrutura de Mercado e Mudança Tecnológica**. São Paulo: Revista de Administração de Empresas, v 30 No 3 jul/set, 1990

TOLEDO, José C. et al. **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TOLEDO, J.C. ALLIPRANDINI D.H. **Controle Estatístico da Qualidade**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/APOSTILA-CEPabril2005.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out. 2007. Disponível em: <[http://sociedades.cardiol.br/soceri/revista/2007\\_05/a2007\\_v20\\_n05\\_art10.pdf](http://sociedades.cardiol.br/soceri/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2014.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. **Case research in operations management**. International Journal Of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, 2002.

WRIGHT, P.; KROLL, M.; PARNELL, L. **Administração estratégica: conceitos**. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, Maria C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 404p.

WERKEMA, Maria C.C. **Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 128p.

WILSON, M. P. **Seis Sigma**: Compreendendo o conceito, as aplicações e os desafios. Rio de Janeiro: Quaitymark, 1999.

YAMANAKA, L. **Proposta para implementação conjunta de um sistema da qualidade ISO 9001:2000 em empresas do aglomerado de Sertãozinho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

YIN, Robert. **Estudo de Caso** – planejamento e métodos. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.