



Diogo Fleck

**PROPOSTA PARA CONTROLE DE PROCESSOS
RELACIONADOS A TORQUE EM UMA EMPRESA
DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Horizontina

2015

Diogo Fleck

**PROPOSTA PARA CONTROLE DE PROCESSOS RELACIONADOS A
TORQUE EM UMA EMPRESA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Mestre.

Horizontina

2015

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Proposta para Controle de Processos Relacionados a Torques, em uma
Empresa Máquinas Agrícolas”**

Elaborada por:

Diogo Fleck

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Produção

**Aprovado em: 03/Nov/2015
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. Vilmar Bueno Silva
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Engenheiro. Kleber Diogo Ristof
John Deere Brasil**

**Mestre. Sirnei Cesar Kach
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2015**

DEDICATÓRIA

A todos os professores, que guiaram toda a jornada de estudos, amigos e colegas que de alguma forma ajudaram na conclusão da monografia e em especial a família que sempre incentivaram e apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que deu força e coragem para continuar em frente, mesmo com grandes desafios nesta longa jornada.

Ao Mestre Vilmar Bueno Silva pela orientação, paciência e ensinamentos.

A todos os colegas, amigos e mestres que de várias formas contribuíram na minha formação e continuarão presentes na minha vida.

A família e namorada, que foram a base para obter conhecimentos, dedicação e apoio incondicional.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” (Charles Chaplin).

RESUMO

Com o aumento das exigências e ansiedade dos consumidores, as organizações estão compelidas a inovar seus produtos de forma frequente, necessitando melhorar consideravelmente a qualidade e confiança, para assim, manter e atrair novos clientes, o que é uma tarefa difícil para as organizações. O controle da qualidade tem como objetivo estabelecer pontos de controle no sistema produtivo de uma empresa, sendo de fundamental importância à obtenção de dados confiáveis para análises detalhadas e tomadas de decisões. Neste contexto, para a empresa em estudo, a lista de identificação de modos de falha apresenta como um dos principais a ausência (não aplicado), baixa ou elevada aplicação de torque. O objetivo deste trabalho é propor uma forma de controle dos processos relacionados a torques, em uma empresa multinacional localizada em Horizontina RS, que atua no ramo de maquinários agrícola. Desta forma, a metodologia empregada é a pesquisa-ação, onde dados sobre falhas relacionados a torque estarão sendo relacionados e analisados. A base para a pesquisa é apresentada na fundamentação teórica, na busca de referências junto a outras unidades da empresa e na utilização de ferramentas da qualidade. Sendo assim, os efeitos da aplicação de um controle de qualidade mais eficaz, com instrumentos, verificações e processos robustos, resultarão em máquinas com maior confiabilidade, qualidade e redução de custos com retrabalhos, aumentando assim, a competitividade, diferenciação e posicionamento da empresa no mercado.

Palavras-chave: Controle de Qualidade. Controle de falhas. Processos Robustos.

ABSTRACT

The requirement increases and consumers anxiety are requesting the organizations to innovate their products, needing improve the quality and reliability in order to maintain and attract new customers, however this is currently a hard task for the organizations. The Quality Control has as objective to establish control methods in the productive system of the company and these quality controls are very important in order to obtain reliable data for detailed analyzes and decisions. In this context, to the company where the project was developed, shows in your failures modes identification list as a main failure mode, default, low or high Torque application. The objective of this study is to propose a control to reduce torque failures in the production in a multinational company located at Horizontina RS. The methodology used is defined as a research and action, data related to torque failures will be collected and analyzed, the basis for the research is showed in the theorist study, searching for references from other units of the company and in the application of quality tools. The results when a quality control more effective is applied, considering tools, checks and robust processes are machines with distinctive reliability and cost reduction in reworks, increasing competitiveness, differentiation and position of the company in the market.

Keywords: Quality Control. Failures Control. Robust Processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eras da Qualidade.....	19
Figura 2 - Dimensões da qualidade total.....	20
Figura 3 - Processo de planejamento da qualidade	22
Figura 4 - A trilogia de Juran	23
Figura 5 - Aplicação de torque em uma junta.....	34
Figura 6 - A junta aparafusada	35
Figura 7 - Força de união	36
Figura 8 - Chaves de Impacto	38
Figura 9 - Parafusadeiras Hidro	39
Figura 10 - Apertadeiras angulares e pistola.....	39
Figura 11 - Modo de falha com dados de 2015	45
Figura 12 - Impacto do modo de falha por produto	46
Figura 13 – Classificação das ferramentas de aperto utilizadas na empresa	47
Figura 14 - Fluxo do processo de ferramentas rotativas	54
Figura 15 - Fluxo do processo de ferramentas manuais	55
Figura 16 - Ferramentas de verificação.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Falhas Internas Outubro de 2012 e Julho 2015	44
Quadro 2 - Gastos com verificação	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 QUALIDADE	18
2.1.1 Progresso da qualidade nas indústrias	19
2.1.2 Gerenciamento da qualidade total	19
2.1.3 Dimensões da qualidade total.....	20
2.1.4 Três processos cruciais para o gerenciamento da qualidade	21
2.1.4.1 Planejamento da qualidade	21
2.1.4.2 Controle da qualidade	22
2.1.4.3 Melhoria da qualidade	22
2.2 CONTROLE DA QUALIDADE DO PRODUTO DO PROCESSO.....	24
2.2.1 Estágios do processo de controle.....	24
2.2.1.1 Controle de <i>setup</i> ou início	25
2.2.1.2 Controle de execução.....	25
2.2.1.3 Controle do produto.....	25
2.2.1.4 Controle de equipamentos.....	25
2.2.2 Classificação das características de qualidade	26
2.2.2.1 Dados variáveis	26
2.2.2.2 Dados atributivos.....	27
2.3 MÉTODOS DE CONTROLE	27
2.3.1 Inspeção	27
2.3.1.1 Inspeção 100%.....	28
2.3.1.2 Inspeção amostral	28
2.3.2 Controle estatístico do processo (CEP)	29
2.3.2.1 Causas comuns e causas especiais.....	29
2.3.2.2 Cartas de controle	30
2.3.2.2.1 <i>Tipos de cartas de controle</i>	31

2.4	CAPABILIDADE DO PROCESSO	32
2.5	TORQUE	33
2.5.1	A junta aparafusada.....	34
2.5.2	Classificação de parafusos e porcas	36
2.5.2.1	Tipos de juntas	37
2.5.3	Ferramentas de aplicação de torque e suas características.....	37
2.5.3.1	Ferramentas manuais.....	37
2.5.3.2	Ferramentas rotativas.....	38
3.	METODOLOGIA.....	40
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	40
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
4.1	CARACTERIZAÇÕES DA EMPRESA.....	43
4.2	LEVANTAMENTO DE DADOS DO PROCESSO ATUAL.....	43
4.2.1	Seleção do modo de falha	44
4.2.1.1	Dados gerais de falhas Internas	44
4.2.2	Seleção do produto.....	46
4.2.3	Ferramentas utilizadas.....	47
4.2.3.1	Ferramentas rotativas.....	47
4.2.3.2	Ferramentas manuais.....	48
4.3	ELABORAÇÕES DE PROPOSTAS DE MELHORIAS DO PROCESSO	48
4.3.1	Proposta do processo de controle	49
4.3.1.1	Tamanho das amostras e frequência de coleta.....	50
4.3.1.2	Preparação e execução do processo	50
4.3.1.3	Monitoramento do processo	51
4.3.1.4	Análise dos dados	51
4.3.1.5	Ferramentas de controle	51
4.3.1.5.1	<i>Verificação fora da linha</i>	52
4.3.1.5.2	<i>Verificação na linha de produção</i>	52
4.3.1.5.3	<i>Verificação de ferramentas</i>	52
4.3.1.5.4	<i>Verificação de juntas</i>	53
4.3.2	Proposta de fluxograma.....	53
4.3.3	Propostas de ferramentas.....	56

4.3.3.1	Proposta básica.....	56
4.3.3.2	Proposta intermediária	57
4.3.3.3	Proposta <i>Plus</i>	58
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado global encontra-se em uma fase de mudanças, acontecendo em ritmo acelerado que podem afetar tanto as empresas de pequeno porte como, principalmente, as empresas de grande porte. No entanto, o sucesso de uma empresa está diretamente ligado à sua capacidade de inserir no mercado novos produtos que atendam ou excedam as expectativas dos consumidores relacionados à qualidade, preço e inovação.

Neste sentido, Campos (1999) fomenta que uma empresa deve ser honesta, contribuindo para a comunidade satisfazendo suas necessidades, para assim sobreviver. As empresas que adotam esta filosofia como premissa, estarão focadas em promover o crescimento do seu negócio tendo em vista que a satisfação das necessidades dos seus consumidores será atendida. Priorizando os consumidores as empresas mostram que os mesmos são vitais para sua existência, sendo essencial que após a compra dos produtos comercializados os mesmos sintam-se satisfeitos, unindo ainda a satisfação na utilização por um extenso prazo posterior a aquisição, além de instigar o interesse dos consumidores em adquirir novamente os produtos por ela proporcionados.

O conceito de qualidade engloba todos os departamentos ou setores de uma empresa, desde o foco em um excelente projeto, fabricação precisa, segurança dos colaboradores e consumidores, assistência disponível, entrega no prazo certo e custo baixo, desta forma chega-se na qualidade diferenciada, tão logo produtividade e competitividade elevadas, garantindo assim a sobrevivência da empresa.

Por muito tempo existiu a cultura de que o cliente avaliava a qualidade baseando-se nos resultados e efeitos alcançados pelo produto e seus serviços, levando em conta a confiabilidade como a avaliação da qualidade, ou seja, uma forma rudimentar na tentativa de compreender os padrões de qualidade.

Paladini (2009) destaca que a qualidade chegou a uma nova era quando os esforços visaram à qualidade do processo produtivo com suma importância, inovando nos costumes gerenciais e prioridades, passando a diagnosticar as causas com maior relevância e não os efeitos com exclusividade. Como consequência, surge a Gestão da Qualidade no processo, proporcionando ações de correção ou controle no processo produtivo, atendendo assim inteiramente o consumidor.

Todos os departamentos ou setores das empresas têm processos determinados a serem seguidos, estes processos necessitam conter procedimentos bem definidos, que precisam ser gerenciados, controlados e melhorados para que desta forma ocorra o controle da qualidade.

Segundo Werkema (1995), a existência de um processo ocorre devido a combinação de vários pontos, bem como equipamentos, insumos, procedimentos, pessoas, limites inferiores e superiores, ou seja, a combinação entre os elementos com o objetivo de fabricação de um produto ou prestação de serviços.

Complementando esta ideia Campos (1999, p. 20) destaca:

Em uma empresa cada pessoa tem autoridade sobre o 'seu processo' (meios), responsabilidade sobre os resultados (fins) deste processo e terá itens de controle. O item de controle é um dos pilares de um bom gerenciamento. Se você não tem itens de controle você não gerencia. O processo sobre o qual você não tem autoridade está a deriva. Este é o cerne do gerenciamento participativo.

Empresas que não possuem controle de qualidade sobre seus processos estão tendenciadas a ter grandes prejuízos e a sua sobrevivência no mercado corre grande risco. O controle da qualidade no processo existe quando se torna perceptível que o defeito é localizado, analisado e estabelecido de forma que o problema não volte a ocorrer.

Essa visão geral fundamenta o assunto deste trabalho, que objetiva “controlar os processos relacionados a torque em uma empresa fabricante de máquinas agrícola”, a multinacional John Deere (JD), localizada no município de Horizontina – RS. Em 1979 a JD assumiu participação de 20% no capital da Schneider Logemann & Cia (SLC) e em 1999, sucedeu-se então a John Deere Brasil (JDB) quando a mesma assumiu integralmente o controle da SLC. Hoje a JDB possui instalações em 5 cidades no Brasil.

A metodologia utilizada para a realização do trabalho que está sendo proposto é a pesquisa-ação, com obtenção de dados referentes a falhas internas, para posterior análise, buscando os setores ou processos no qual a incidência de falhas seja demasiadamente elevada. Outro ponto que merece destaque é a importância do alinhamento de processos entre as unidades pertencentes a John Deere, portanto, buscou-se *benchmarking* de ações já realizadas. Para embasar as avaliações, foram consideradas e analisadas as informações obtidas junto ao fornecedor de equipamentos Atlas Copco, o qual é referência em técnicas e

equipamentos de torques no mercado mundial. Ainda, utilizou-se de bibliografias e documentos disponíveis que compreendam o objetivo do trabalho.

O emprego de diversas metodologias no controle da qualidade ao longo da cadeia produtiva auxilia a identificar e solucionar problemas referentes à má qualidade dos produtos produzidos. Porém, mesmo com a utilização de várias metodologias, alguns processos possuem características diferenciadas necessitando assim maiores orientações e adoções de melhores práticas de controle.

Neste contexto, o trabalho tem como foco a redução de falhas relacionadas a torques, elevando a qualidade do produto, reduzindo os prejuízos em termos financeiros causados pelo retrabalho e a possível perda da credibilidade da marca ou propaganda negativa, afetando planos atuais ou futuros.

Com base no exposto, o problema de pesquisa caracteriza-se com a seguinte pergunta: Propor um plano de controle da qualidade vai contribuir na redução de falhas de torque empregadas no processo produtivo de máquinas agrícolas?

1.1 JUSTIFICATIVA

Ao considerar a necessidade de minimizar o impacto ocasionado pelo problema da pesquisa evidenciada anteriormente, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de controle da qualidade quando o sistema não é capaz de eliminar a possibilidade de ocorrer um erro. A probabilidade de redução do principal modo de falha presente no processo produtivo auxilia a empresa a restringir o grande impacto negativo perante o cliente, mercado e indicadores corporativos.

Além disso, o assunto desenvolvido neste trabalho contribuirá para auxiliar todas as áreas, de modo geral, que tenham interesse em embrenhar seus conhecimentos sobre o contexto do trabalho proposto ou até mesmo o emprego dos métodos utilizados para outros modos de falhas, quando os mesmos estiverem impactando significativamente os indicadores ou quando julgar necessário melhorias nos processos produtivos.

O presente trabalho vai ao encontro com um dos principais objetivos propostos pela empresa estudada que é a qualidade diferenciada, justificando por motivar a mesma a manter e aumentar a qualidade dos produtos por ela produzidos, tendo esta diferenciação reconhecida pelos clientes.

Diante do exposto, o trabalho oportuniza a análise e enriquecimento de um dos principais processos realizados pelas indústrias, ou seja, a união de componentes montados, sendo realizada pela união de juntas parafusadas. Permite ainda o aperfeiçoamento profissional e pessoal quanto à aplicação das teorias e práticas estudadas e desenvolvidas durante os anos de envolvimento no meio acadêmico. Sendo essencial o aprendizado adquirido para vislumbrar os melhores meios de análises e busca pelos resultados.

A viabilidade deste justifica-se devido ao interesse da empresa em buscar a máxima qualidade diferenciada de seus produtos. Sendo ainda ponderado pela empresa a realização de um trabalho que provoque redução de falhas relacionadas a torque, quando as mesmas representam 21% do total geral de falhas internas dos últimos 3 anos, somando-se ainda custos relacionados a garantias solicitadas. Igualmente, o trabalho torna-se viável, pois o controle dos processos produtivos necessitam melhorias contínuas, aumentando assim a competitividade e visibilidade das empresas no mercado.

1.2 OBJETIVOS

Diante da situação que a empresa esta submetida, o objetivo geral deste trabalho é elaborar uma proposta para controle da qualidade do processo de aplicação de torques, que são realizados através de sistemas eletrônicos, pneumáticos ou ferramentas específicas. Visando consentir o objetivo geral deste trabalho de forma eficaz, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar o modo de falha com maior impacto na produção;
- Determinar o produto que apresenta maior incidência do defeito relacionado para propor o trabalho;
- Identificar quais ferramentas de aperto estão sendo empregadas no processo produtivo;
- Propor um processo de monitoramento dos processos realizados;
- Propor um fluxo para o procedimento de monitoramento/controle;
- Analisar e propor equipamentos que comportem a realização de auditorias e verificações de torques aplicados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Silva (2001) define competitividade como um julgamento dinâmico, para então acompanhar o intrincado processo concorrencial entre as empresas, mesclado por fatores sistêmicos, estruturais e internos.

Complementando, Soares (1999) relata competitividade como a competência da organização, em um ambiente de elevada concorrência, obter sinergia de seus processos internos, e pelo meio de estratégias robustas e bem projetadas, ultrapassar as demais organizações adversárias em um mesmo ambiente.

Qualidade e competitividade são intensamente atreladas. A competitividade da empresa expressa a sua capacidade de sobreviver e crescer no mercado à frente da concorrência (ALBERTAZZI, SOUSA, 2008).

Esta parte é dedicada à contextualização teórica do problema e a seu relacionamento com o que tem sido investigado a respeito. Deve esclarecer, portanto, os pressupostos teóricos que dão fundamentação à pesquisa e as contribuições proporcionadas por investigações anteriores. Essa revisão não pode ser constituída apenas por referências ou sínteses dos estudos feitos, mas por discussão crítica do “estado atual da questão” (GIL, 2007, p. 162).

2.1 QUALIDADE

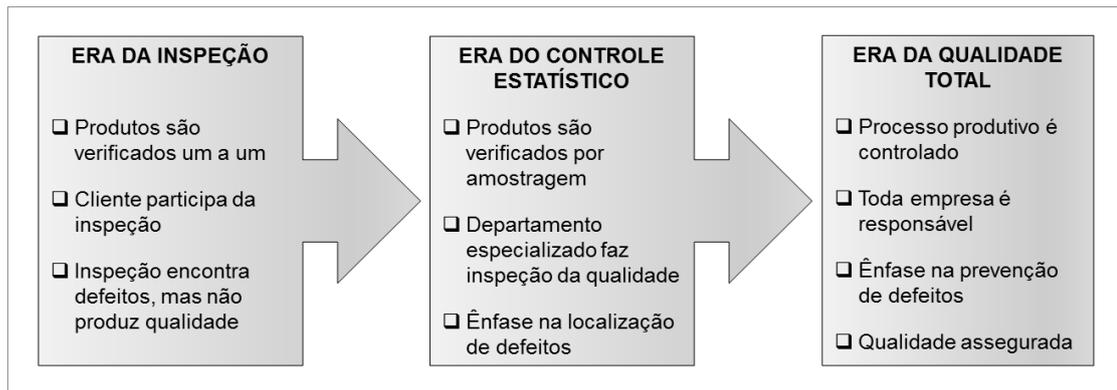
Para o termo “qualidade” são várias as definições. Campos (1992) traz em sua literatura que os conceitos especificados por Deming, no qual a qualidade é abordada como o atendimento às necessidades dos clientes a um custo que estejam dispostos a desembolsar.

Juran e Godfrey (1999) citam que a qualidade também pode ser conceituada como a adequação do produto ou serviço a utilização do cliente.

2.1.1 Progresso da qualidade nas indústrias

Para Oliveira (2006) a evolução da qualidade está deliberada em três amplas fases: era da inspeção, era do controle estatístico e era da qualidade total, conforme podem ser vistas na figura 1.

Figura 1 – Eras da Qualidade



Fonte: Maximiano (2000) apud Oliveira (2006, p. 4).

Na era da inspeção, o produto era verificado (inspecionado) pelo produtor e pelo cliente, o que ocorreu pouco antes da Revolução Industrial. [...] Os principais responsáveis pela inspeção eram os próprios 'artesãos'. [...] Na era seguinte (controle estatístico), o controle da inspeção foi aprimorado por meio da utilização de técnicas estatísticas. [...] No início dessa era, o enfoque também recaía sobre o produto, como no caso anterior. Porém, com o passar do tempo, foi se deslocando para o controle do processo de produção, possibilitando o surgimento das condições necessárias para o início da era da qualidade total. Na era da qualidade total, na qual se enquadra o período que estamos vivendo, a ênfase passa a ser o cliente [...]. A principal característica dessa era é que 'toda a empresa passa a ser responsável pela garantia da qualidade dos produtos e serviços' (OLIVEIRA, 2006, p. 4).

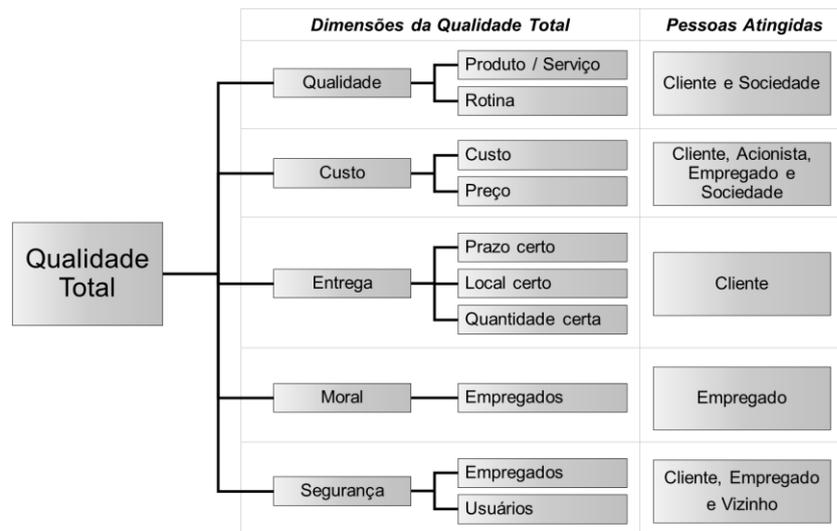
2.1.2 Gerenciamento da qualidade total

O Gerenciamento da Qualidade Total ou TQM (*Total Quality Management*), conforme enfatiza Campos (1992), é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de ideias americanas introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial, o qual visa aperfeiçoar a qualidade e o desempenho operacional.

2.1.3 Dimensões da qualidade total

Para Campos (1992) a qualidade total é abrangida pela união de cinco dimensões que cobrem a satisfação das necessidades dos clientes, impactando absolutamente na sobrevivência da organização, conforme demonstra a figura 2.

Figura 2 - Dimensões da qualidade total



Fonte: Campos (1992, p. 12).

É possível esclarecer as cinco dimensões da qualidade conforme o seguinte:

- **Qualidade:** esta primeira grandeza refere-se às características inerentes, intrínsecas, aos produtos ou serviços finais ou intermediários da empresa, ligadas diretamente à satisfação do cliente (CAMPOS, 1992);
- **Custo:** quanto menor o preço do produto ou serviço, a satisfação do cliente tende a ser maior. Nesta grandeza o valor toma um foco importante, pois é o que o consumidor está verdadeiramente disposto a pagar pelo produto ou serviço (BONILLA, 2003);
- **Entrega:** esta grandeza também é conhecida por 'atendimento', sendo, de acordo com Campos (1992), avaliada em função das condições de entrega do produto ou serviço. Abrangendo a entrega dentro do prazo, local e quantidades estabelecidas;
- **Moral:** Campos (1992, p. 14) refere-se à grandeza moral como uma medida para "o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas [...]". Este grupo

pode ser de todos os empregados da empresa ou os empregados de um departamento ou seção”;

- **Segurança:** esta grandeza avalia a proteção que o funcionário e cliente têm ao manejar com o produto ou serviço, sendo fundamental que estes não ameacem a saúde física ou mental das pessoas envolvidas (BONILLA, 2003).

Segundo Juran e Godfrey (1999) uma forte ênfase em satisfazer as exigências dos clientes, o gerenciamento da qualidade - uma entre muitas outras iniciativas de qualidade - auxilia na redução de custos e desperdícios, melhorias de produtividade, capacidade e redução do tempo de ciclo.

Para Campos (1992), o gerenciamento tem por finalidade originar melhorias consideráveis, otimizando a utilização dos recursos. Tem um amplo apelo ao uso de técnicas estatísticas aprofundadas em cima dados quantitativos.

2.1.4 Três processos cruciais para o gerenciamento da qualidade

O gerenciamento da qualidade é motivado em três grandes processos, que são: planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade (JURAN, GODFREY, 1999).

2.1.4.1 Planejamento da qualidade

Conforme Juran e Godfrey (1999) a sequência de eventos define o planejamento da qualidade. Primeiramente são identificados os clientes e suas necessidades. Em seguida, ocorre o desenvolvimento dos produtos (bens e serviços), correspondendo a essas necessidades, e junto são desenvolvidos os processos que irão produzir esses bens e serviços. Para então, concentrar-se na mão-de-obra que têm o encargo de conduzir as operações. O processo de planejamento da qualidade está resumido na figura 3.

Figura 3 - Processo de planejamento da qualidade



Fonte: Adaptado de Juran e Godfrey (1999, s. 14, p. 11).

2.1.4.2 Controle da qualidade

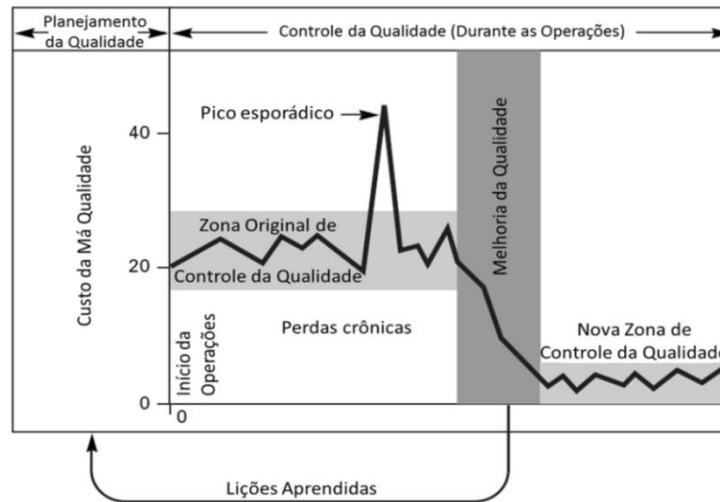
Mesmo que os métodos e ferramentas de planejamento da qualidade sejam aplicados corretamente, a maioria dos processos não é executado em perfeição. Perdas estão associadas a este processo, como perdas crônicas: atrasos, erros, retrabalhos, trabalhos sem valor agregado, sucata.

A minimização destes desperdícios é realizada por meio do controle de qualidade, que, por sua vez, está baseado em cinco princípios básicos: definir claramente qualidade; uma meta/ objetivo claro; sistema de medição definido; avaliar o desempenho real, uma forma de compreender a medição realizada e comparar com objetivo; ações sobre o sistema e ajustes nos processo se necessário (JURAN, GODFREY, 1999).

2.1.4.3 Melhoria da qualidade

As atividades de controle realizadas garantem somente o nível de qualidade planejado. Quando ocorrerem mudanças de nível da qualidade requerida, ações e mudanças são necessárias. Deming (1982 apud JURAN, GODFREY, 1999) descreve que “apagar incêndios” ou descobrir e eliminar uma causa detectada por um ponto fora de controle, não se caracteriza como melhoria de processo (como é o caso do pico esporádico na figura 4). Para Juran e Godfrey (1999) isso só coloca o processo de volta para onde deveria estar.

Figura 4 - A trilogia de Juran



Fonte: Juran (2004, p. 17).

Juran e Godfrey (1999) expõem que a melhoria da qualidade no processo necessita de mudanças significativas nos níveis de desempenho, e que para isto as mudanças se estabeleçam e perdurem por longo prazo.

Borror (2008) compartilha de que a melhoria contínua do processo se sucede com uma cultura norteada pela qualidade, onde a utilização dos recursos próprios da organização é fundamental, sendo assim devem-se seguir alguns conceitos básicos:

- Ver todo o trabalho como um processo, se ele está associado com atividades de produção ou de negócios;
- Fazer todos os processos eficazes, eficientes e adaptáveis;
- Antecipar mudanças nas necessidades dos clientes;
- Controlar o desempenho do processo usando métricas tais como sucata e tempo de ciclo, e ferramentas de monitoramento, tais como gráficos de controle;
- Manter insatisfação construtiva com o atual nível de atuação;
- Eliminar o desperdício e retrabalho onde quer que ocorra;
- Investigar as atividades que não agregam valor ao produto ou serviço, com o objetivo de eliminá-las;
- Eliminar as não-conformidades em todas as fases, e no trabalho de todos, mesmo se o incremento da melhoria é pequeno;
- Usar o *benchmarking* para melhorar a vantagem competitiva;
- Inovar para conseguir avanços;

- Manter ganhos para que não haja regressão;
- Incorporar as lições aprendidas em atividades futuras;
- Usar ferramentas técnicas, como controle estatístico de processo (CEP), projeto experimental, *benchmarking*, desdobramento da função qualidade (QFD), e assim por diante.

De acordo com Besterfield (1999 *apud* BORROR, 2008), o aperfeiçoamento contínuo dos processos produtivos e de negócio na organização, é essencial para posteriormente atingir a melhoria da qualidade.

2.2 CONTROLE DA QUALIDADE DO PRODUTO DO PROCESSO

Segundo Werkema (1995) o processo geralmente é dividido em pequenos processos ou etapas do processo e esta divisibilidade permite que as irregularidades sejam facilmente encontradas e a atuação sobre as mesmas sejam realizadas de forma mais eficiente.

O controle da qualidade segundo Juran e Godfrey (1999) é uma maneira de conduzir as operações de modo estável, permitindo que os resultados desejáveis do produto sejam comparados com os objetivos de desempenho ambicionáveis e, se necessário, a aplicação de ações para o que estiver fora dos critérios.

Discorrendo em termos de produto, a qualidade é aquela que estima a conformidade do produto diante de suas especificações, referindo-se as cinco dimensões da qualidade total. Garantindo que durante a concepção do projeto de qualquer produto, seu conceito global, finalidade, componentes e conexão entre os componentes tenham sido especificados (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

Para Albertazzi e Sousa (2008, p. 279), o controle da qualidade dos produtos “compreende o gerenciamento de características mensuráveis para assegurar que, somente os produtos que atendam plenamente as especificações técnicas sejam comercializados”.

2.2.1 Estágios do processo de controle

Juran e Godfrey (1999) relatam que os estágios dentro do processo podem ser definidos como etapas do fluxo do processo produtivo, que estão relacionadas a

quatro estágios de controle aplicáveis à maioria dos processos operacionais, sendo os seguintes:

2.2.1.1 Controle de *setup* ou início

Tem como resultado de controle a decisão de iniciar ou não a produção. Uma lista de passos necessários deve ser seguida para que o processo esteja pronto para produzir, estes passos têm como objetivo assegurar a integridade de máquinas e equipamentos, antecedendo o início das atividades (JURAN, GODFREY, 1999).

2.2.1.2 Controle de execução

Esta forma visa avaliar e comparar se a execução do processo está de acordo com o objetivo. Tem como propósito decidir pela continuação ou paralização do processo durante a realização do mesmo. Assim, consiste em rodar o ciclo de retroalimentação repetidamente e realizar a verificação periodicamente (JURAN, GODFREY, 1999).

2.2.1.3 Controle do produto

Quando já existir uma quantidade de produtos produzidos, o controle do produto deve ser realizado, com o objetivo de avaliar o atendimento ou não as especificações.

Juran e Godfrey (1999) destacam que, para não existir um julgamento tendencioso ou mascarado, a pessoa responsável pela avaliação deve ter habilidade e qualificação que a torne capaz de adotar decisões sobre a conformidade do produto. A utilização do controle estatístico é frequentemente empregada para precaver-se de avaliações tendenciosas.

2.2.1.4 Controle de equipamentos

A grande maioria dos processos utilizam equipamentos ou utensílios físicos, tais como: ferramentas, dispositivos e instrumentos. Uma crescente tendência tem sido os processos automatizados, computadores, robôs, etc. Estes equipamentos

que executam a qualidade do produto dependem, cada vez mais, de manutenção periódica (JURAN, GODFREY, 1999).

O controle de equipamentos consiste basicamente em:

- Estabelecer um cronograma para conduzir a manutenção desses aparatos;
- Estabelecer uma lista de verificações, que são atividades a serem realizadas durante a manutenção;
- Treinar os funcionários da manutenção para realizar as atividades;
- Atribuir responsabilidades claras para garantir o cumprimento do cronograma.

Para Werkema (1995) se faz necessário estipular metas, onde devem constar todos os itens de controle, entre eles os equipamentos ou ferramentas utilizadas no processo, que são os equipamentos necessários para seguir o procedimento e com isto atingir a meta estipulada.

2.2.2 Classificação das características de qualidade

As características de qualidade são utilizadas para diferenciar a medição ou comparação de função entre os itens de produção. A identificação tem como objetivo diferenciar formatos ou funções do produto e auxiliar na caracterização de uma determinada amostra ou população de dados (BORROR, 2008).

Duas são as formas para classificações das características dos dados: dados variáveis e dados atributivos.

2.2.2.1 Dados variáveis

São dados coletados de um processo de avaliação ou característica de um objeto, e expostos com um valor numérico ou nominal, os mesmos são caracterizados como dados variáveis. Uma característica de qualidade é tida como variável quando os dados são valores mensuráveis sobre uma escala contínua e numérica (BORROR, 2008).

Para realizar tais medições se faz imprescindível à utilização de instrumentos como: máquinas por coordenadas numéricas, réguas, paquímetros, micrômetros, relógios comparadores, entre muitos outros.

2.2.2.2 Dados atributivos

Quando não é possível realizar a medida diretamente em uma escala mensurável, ou seja, por variáveis, então deve ser utilizada a classificação por atributo que consiste em contar o número de itens do produto que apresentam o atributo de interesse. Dados por atributos geralmente são classificados como conforme ou não-conforme, bom ou não bom, aprovado ou reprovado (BORROR, 2008).

A classificação pode ser realizada através de dispositivos passa não-passa, ou comparação visual direta com o padrão.

2.3 MÉTODOS DE CONTROLE

Para realizar avaliações de conformidade de um produto ou processo, métodos de controle devem ser utilizados, seja por meio de dados atributivos ou variáveis. Conforme AIAG (2008, p. 53) os métodos de controle podem ser, mas não se limitam a, “controle estatístico do processo, inspeção, dados do tipo atributo, prova de erro (automatizada/não automatizada) e planos de amostragem”.

Neste trabalho são destacados os seguintes métodos de controle: inspeção e controle estatístico do processo (CEP).

2.3.1 Inspeção

Borrer (2008) propõe que o processo de inspeção existe quando uma característica é verificada por meio de medição, exame ou teste, deste modo, você compara o resultado obtido com a especificação do produto.

A aplicação deste método de controle tem como alvo principal a detecção de não-conformidades e sua devida disposição. Juran e Godfrey (1999) enfatizam ainda que a inspeção pode ser realizada de modo automática ou manual, consistindo na aplicação das seguintes etapas:

- Interpretação da especificação;
- Medição da qualidade da característica;
- Comparação entre 1 e 2;
- Julgamento da conformidade;

- Processamento dos itens conformes;
- Disposição dos itens não-conformes;
- Registro dos dados obtidos.

Duas maneiras básicas de avaliação são possíveis, uma pode ser feita pelos sentidos intrínsecos do ser humano (como audição, tato, olfato, paladar e visão) ou por meios não variáveis ou algum método baseado em dados de atributos, como "ok" e "não ok", habitualmente chamada de inspeção por atributos. A outra forma de inspeção é por meio de dispositivos de mensuração, através de dados variáveis (JURAN, GODFREY, 1999).

2.3.1.1 Inspeção 100%

A inspeção 100% tem por finalidade realizar verificações em todos os produtos produzidos. Este método de inspeção geralmente demanda recursos dedicados a esta tarefa, e tende a ter altos custos perante outros métodos de controle.

Para Borrór (2008), este método de inspeção deve ser aplicado em algumas situações, como no caso de produtos complexos ou críticos este tipo de inspeção é preferível, pois o custo de falha que chega para o cliente é muito elevado. Casos onde a taxa de não-conformidade é extremamente alta, este método também tem aplicação, sendo necessária uma inspeção em todos os produtos para classificá-los.

2.3.1.2 Inspeção amostral

Segundo Borrór (2008), a inspeção amostral é mais apropriada quando os custos de inspeção são elevados, e ainda é a única forma disponível para inspeções do tipo destrutivo.

A inspeção por amostragem é conduzida com base em um critério de aceitação, no qual uma porção dos produtos em um lote é inspecionada, e que servirá para tomar a decisão de conformidade para o lote inteiro (BORROR, 2008).

A inspeção amostral ministra uma vantagem econômica devido aos custos de inspeção reduzidos em virtude da quantidade a ser inspecionada. Levando em consideração ainda o tempo gasto de inspeção de uma amostra é substancialmente

menor, diminuindo significativamente os riscos de danos e manuseio do produto produzido.

2.3.2 Controle estatístico do processo (CEP)

Segundo Juran e Godfrey (1999), o CEP é baseado em conceitos estatísticos, no qual a finalidade é registrar e monitorar o processo produtivo e sua regularidade. É um método de controle aplicado à qualidade, que proporciona ainda a redução da variabilidade do processo no qual está sendo aplicado, tendo como objetivo aperfeiçoar a qualidade, confiabilidade e o custo do produto ou serviço. Para tomar decisões referentes ao processo produtivo, o CEP necessita de uma base de dados rica e sólida.

Em parte, esse método é semelhante ao processo de inspeção, que está no ato de verificar o produto sendo realizado por meio amostral ou 100%. O CEP tem por objetivo a melhoria contínua da qualidade usufruindo de técnicas estatísticas. Diferente da inspeção, que está fundamentada basicamente na avaliação e disposição da conformidade dos produtos.

2.3.2.1 Causas comuns e causas especiais

Em todo processo há variação, deste modo dois produtos ou características nunca serão precisamente iguais, da mesma forma que as variabilidades são inúmeras, levando a diferenças muito grandes ou extremamente pequenas. As fontes de variação no processo originam diferença entre peças em curto prazo, já outras fontes tendem a causar mudanças nos resultados somente em longo prazo. Para gerenciar as variações de processo, estas devem ser rastreadas até suas fontes (AIAG, 2005).

As variações podem ter influência por meio de causas internas ou externas, estas variações no processo podem ser classificadas como causas especiais ou causas comuns.

Segundo Borrer (2008), “causas comuns” geralmente não controláveis pelo operador do processo e possuem variabilidades inerentes ao processo. Mais detalhadamente:

Causas comuns referem-se às muitas fontes de variação que agem de forma consistente no processo. As causas comuns de um processo produzem uma distribuição estável e repetitiva ao longo do tempo. Isto é chamado de ‘sob estado de Controle Estatístico’ [...]. Causas comuns resultam em um sistema estável de causas prováveis. Se somente causas comuns de variação estão presentes e não se alteram, o resultado do processo se torna previsível (AIAG, 2005, p. 14).

Para as “causas especiais” Borrer (2008) as descreve como eventos não usuais que quando detectados podem usualmente serem removidas ou ajustadas. AIAG (2005, p.14) contempla que:

Referem-se a quaisquer fatores causadores de variação que afetam apenas parte do resultado do processo. Quase sempre elas são intermitentes e imprevisíveis. [...] A menos que todas as causas especiais sejam identificadas e tomadas as devidas providências, elas podem continuar a afetar o resultado do processo de maneira imprevisível. Se causas especiais estão presentes, o resultados do processo não será estável ao longo do tempo.

2.3.2.2 Cartas de controle

Juran e Godfrey (1999) referem-se à carta de controle como uma reprodução gráfica das variações que ocorrem no processo. Lançada ao mercado por Dr. Walter Shewhart na década de 1920, revelando a contagem e origem da variação no transcorrer do tempo, sugerindo o nível de controle estatístico ou sua inexistência, consistindo em um meio eficaz de constatar causas especiais.

Para a construção ou criação de cartas de controle, não existem maneiras exclusivas, mas sim diversas formas de obtenção dos dados, entretanto a disposição da carta de controle deve ser empregada seguindo alguns elementos fundamentais.

A AIAG (2005) propõe que as cartas de controle contenham as seguintes informações e sejam apresentadas da seguinte forma:

- **Escala apropriada:** que consiste na visualização simplificada da variação natural do processo;
- **LSC e LIS:** denominam o limite superior (LSC) e inferior (LIS) de controle, e não correspondem diretamente aos limites de especificação. Esses

limites são calculados com referência na distribuição dos dados. Pontos que estejam além dos limites LSC e LIS apontam a ocorrência de causas especiais;

- **Linha central:** condiz com a média dos subgrupos, permitindo a visualização dos padrões não aleatórios que representam causas especiais na grande maioria dos casos;
- **Sequência do subgrupo:** ilustra a sequência em que os dados foram coletados, e indica em que período, no tempo, uma causa especial sucedeu;
- **Pontos fora de controle:** consiste nos pontos identificados fora dos limites de controle estatístico. Quando existir casos em que pontos estejam fora dos limites, a identificação e análise devem ocorrer no momento da marcação do ponto na carta e sua causa identificada;
- **Registro de eventos:** região para que sejam realizados registros das informações adicionais que fornecerão suporte, incluindo ainda fontes potenciais de variação do processo e as medidas concretizadas para resolver os indícios de o processo estar fora de controle.

2.3.2.2.1 *Tipos de cartas de controle*

Para o controle dos processos existem vários modelos de cartas de controle que podem ser empregadas. Mas para cada ocasião existe um modelo de carta de controle mais adequada, a qual pode ser escolhida em desempenho das metas de controle, dos índices de produção e sistemas de coleta de dados. As cartas de controle frequentemente utilizadas no controle estatístico do processo segundo (AIAG, 2005), podem ser visualizadas abaixo:

a) Cartas para variáveis

- Cartas de Média e Amplitude (\bar{X} , R);
- Cartas da Média e Desvio Padrão (\bar{X} , S);
- Cartas de Valores Individuais e Amplitude Móvel (X, AM).

b) Cartas para atributos

- Cartas “p” utilizadas na proporção de não-conformidades;
- Cartas “np” utilizadas em número de itens não-conformes;
- Cartas “c” utilizadas em número de não-conformidades (defeitos);
- Cartas “u” utilizadas em não-conformidades (defeitos por unidade).

2.4 CAPABILIDADE DO PROCESSO

A aplicação do controle estatístico do processo tem como principal objetivo, segundo a AIAG (2005), tomar decisões enérgicas quanto aos problemas que impactam o processo. Diante do exposto, um processo apenas estará sob controle estatístico se as ocorrências de variações tenham como única origem as causas comuns do processo, e as mesmas por sua vez necessitam de atuações gerenciais. A capacidade do processo pode ser calculada somente quando o controle estatístico estiver contido, e para que isto ocorra se faz necessária a eliminação das causas especiais que comprometem o processo.

Pelo meio dos índices de capacidade existe a possibilidade de avaliar a capacidade que um processo possui em estar conforme as especificações estabelecidas. Sendo possível a classificação dos índices em duas categorias, índices de curto prazo e índices de longo prazo, sendo necessária a obtenção de dados variáveis para que os índices possam ser obtidos (JURAN, GODFREY, 1999).

Segundo Juran e Godfrey (1999), os indicadores de curto prazo são empregados na validação de peças de um processo inicialmente produzidas e que esteja de acordo com os requisitos dos clientes. Os índices de longo prazo necessitam ser constituídos sobre dados estatísticos com base em períodos maiores, para que desta forma seja possível atender a todas as variações ansiadas que estejam no processo.

Para atingir os índices que definem a capacidade do processo é essencial inicialmente conhecer os significados de cada um, para evitar erros de interpretação.

De acordo com a AIAG (2005), a utilização dos índices C_p e C_{pk} ocorre nas avaliações de longo prazo, onde C_p tem por objetivo demonstrar o potencial do processo em atingir a capacidade no estado atual, sendo determinado pelo intervalo de tolerância dividido por seis desvios padrões, estando livre da centralização do processo.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \bar{R}/d_2}$$

Já o índice de capacidade Cpk, pondera a centralização do processo, ou seja, quão próximo está à distância dentre a média do processo e o limite de especificação, considerando a metade da dispersão total. A capacidade pode ser descrita como a distância da média do processo levando em consideração a relação dos limites de especificação, em unidades de desvio padrão, CPU e CPL, ficando o Cpk o menor valor entre os dois (BORROR, 2008).

$$CPU_{LSE} = \frac{LSE - \bar{X}}{3 \cdot \bar{R}/d_2} \quad e \quad CPL_{LIE} = \frac{\bar{X} - LIE}{3 \cdot \bar{R}/d_2}$$

Os índices Pp e Ppk diferem-se dos casos antecedentes essencialmente na forma de cálculo do desvio padrão, os quais são empregados nas avaliações de curto prazo. O índice de desempenho Pp é conceituado por intervalo da tolerância dividida por seis desvios padrões, livre da centralização do processo, ao contrário do Ppk, que leva em consideração a centralização do processo (BORROR, 2008).

$$Pp = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \sigma}$$

$$PPU_{LSE} = \frac{LSE - \bar{X}}{3 \cdot \sigma} \quad e \quad PPL_{LIE} = \frac{\bar{X} - LIE}{3 \cdot \sigma}$$

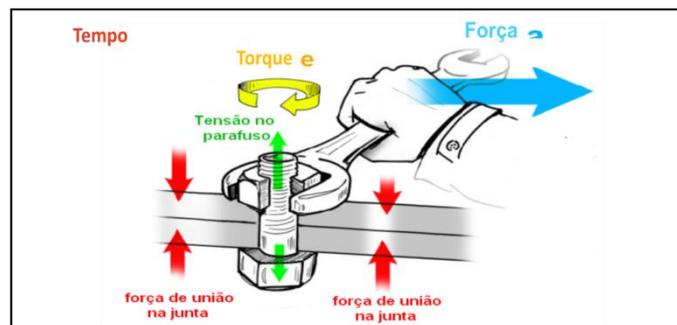
2.5 TORQUE

Várias são as maneiras e formas utilizadas para prender peças e componentes uns aos outros. Entre tantos processos vastamente utilizados nas indústrias destacam-se a soldagem, colagem, rebiteagem e o parafusamento. Entre eles, conforme Atlas Copco (2003b, p. 4), o parafusamento é método mais habitualmente utilizado, que é conceituado por utilizar um parafuso para unir os componentes da junta, utilizando porca ou diretamente no componente caso ele contenha furo rosqueado. Este método é considerado vantajoso devido a simplicidade de projeto, montagem, produtividade e custo, facilitando também a desmontagem caso ocorra a necessidade de alguma recuperação.

O torque é comumente conhecido nas literaturas de diversas maneiras, entre elas: momento, momento de força e braço de alavanca. Mas em conhecimento popular se diz que o parafusamento ocorre pela aplicação de torque no parafuso.

Atlas Copco (2003b) define torque como a aplicação de força agindo radialmente a um eixo, ocasionando a rotação. Na figura 5 é possível observar, que o eixo utilizado é o parafuso, que se acopla a uma porca, e conforme a porca ou o parafuso são submetidos à força radial por meio de uma chave manual, estes elementos tendem a se unir em decorrência do deslocamento pelo perfil da rosca, este deslocamento ocasiona uma força tensora no parafuso, atuando como força de fixação nos elementos da junta.

Figura 5 - Aplicação de torque em uma junta



Fonte: Atlas Copco (2003b).

O torque simula o produto da força multiplicada pela distância do ponto de aplicação (BARRIOS, 2009).

2.5.1 A junta aparafusada

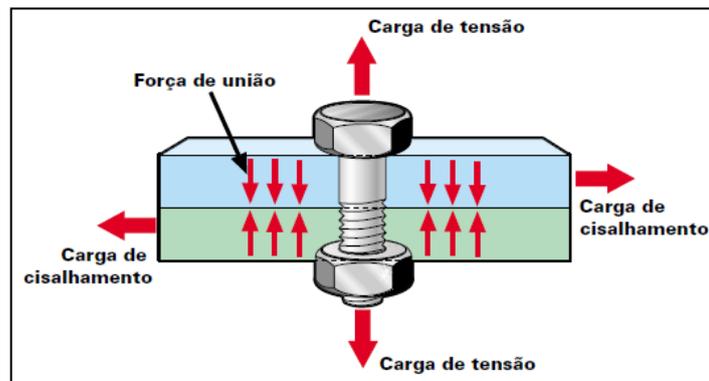
Os componentes que constituem uma junta aparafusada consistem em dois ou mais materiais acoplados por um parafuso e um componente roscado utilizando uma porca ou ainda um componente com rosca intrínseca.

É possível afirmar que o comportamento do parafuso roscado e a junta consistem em uma mola, isto é, na aplicação do torque o parafuso tem a tendência de alongar no mesmo instante em que se comprime a junta, causando entre os componentes uma força de aperto aceitável para impedir o deslocamento das partes (BARRIOS, 2009).

A figura 6 ilustra a junta aparafusada, enquanto ATLAS COPCO (2003b, p. 4), complementa que:

Um parafuso é exposto à carga de tensão, à torção e, por vezes, também a uma carga de cisalhamento. [...] A carga de tensão corresponde à força que une as partes da junta. Cargas externas que são inferiores à força de união não mudarão a carga de tensão no parafuso. Por outro lado, se a junta for exposta a cargas externas mais altas do que a pré-tensão no parafuso, a junta será separada e a carga de tensão no parafuso irá aumentar naturalmente até que o parafuso quebre.

Figura 6 - A junta aparafusada

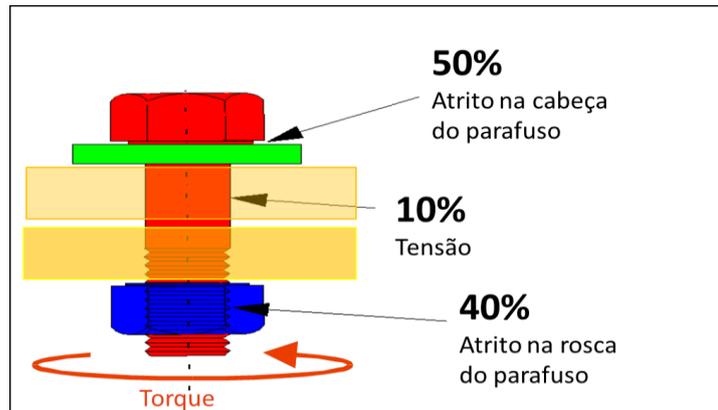


Fonte: Atlas Copco (2003b).

Segundo a Atlas Copco (2003a), o atrito na junta é o principal fator na estabilização das forças impedindo que o parafuso solte após receber o aperto. Embora a essencialidade do atrito para o desempenho da junta, ele também faz com que ocorra o principal problema no aperto da junta.

Duas são as formas de atrito que agem como dispersores da força quando se realiza a aplicação do torque. A primeira é o atrito na rosca, que utiliza cerca de 40% da força de emprego do torque, a segunda é o atrito provocado embaixo da cabeça do parafuso, responsável pela eliminação de 50% da força aplicada. Sobrando somente 10% responsáveis por provocar tensão no parafuso. A Atlas Copco (2003a, p. 6) pondera, entretanto, “que até pequenas alterações no atrito ocasionadas por diferenças na lubrificação ou na qualidade da rosca devem desempenhar uma influência significativa na qualidade da junta”. A figura 7 ilustra os pontos de distribuição da força na aplicação do torque.

Figura 7 - Força de união



Fonte: Atlas Copco (2003b)

2.5.2 Classificação de parafusos e porcas

Todo componente de uma junta possui resistência mecânica própria, a Atlas Copco (2003b, p. 6) menciona que:

Em geral, é preferível que o parafuso seja o componente mais frágil da junta. [...]. De uma forma geral o parafuso deve ser a primeira parte a romper no conjunto, levando em consideração que este é o componente de menor custo em relação aos outros componentes do conjunto.

No instante em que um parafuso é apertado e a força que origina a união dos componentes aumenta, a tensão no material do parafuso resultará no seu alongamento. Ou seja, conforme a propriedade mecânica do parafuso, ao aplicar uma força tensora no mesmo e aumentar crescentemente está força, os parafusos passarão da fase elástica para a fase plástica. Durante a fase elástica se parada e interrompida a força tensora agente, o parafuso regressará ao seu estado original. Entretanto, se a força exercida extrapolar o limite da fase elástica, compreendido como limite de escoamento, o parafuso ingressará na fase plástica, na qual se for interrompida e extraída a força tensora agente, o parafuso não regressará ao seu estado original, e o mesmo sofrerá o efeito da deformação permanente. A contínua aplicação de carga para tensionamento do parafuso durante a fase plástica resulta em maior alongamento, podendo chegar à ruptura do parafuso.

Atlas Copco (2003b), ressalta que algumas vezes, deliberadamente um torque é dimensionado para que o parafuso alcance a fase plástica, adaptando uma força de união muito mais precisa.

Nas diversas formas de aplicações e encargos de trabalho, diversos tipos de parafusos podem ser utilizados. Para distinguir o parafuso referente à sua resistência, a norma ISO 898/1 apresenta um padrão que utiliza um sistema de dois dígitos, sendo o primeiro dígito referente à força de tensão mínima em 100 N/mm² e para o segundo dígito aponta a relação do limite de escoamento com a força de tensão mínima (ATLAS COPCO, 2003b).

2.5.2.1 Tipos de juntas

A *International Organization for Standardization - ISO* (1994) propõe na sua norma ISO 5393 a definição de dois modelos básicos de juntas, a junta rígida e a junta flexível. A junta flexível frequentemente é concluída posteriormente a vários ciclos da parafusadeira, sendo assim, após o assentamento do parafuso a resistência aumenta vagarosamente, quando se faz a aplicação da força no parafuso superior ao ângulo de 720 graus. Nas juntas rígidas, logo ao assentar o parafuso a resistência aumenta subitamente, o aperto é concluído posteriormente a uma fração de ciclos em um ângulo de até 30 graus. Para casos onde exista o meio termo dos casos anteriores, a junta pode ser conhecida com semirrígida ou semiflexível.

2.5.3 Ferramentas de aplicação de torque e suas características

Na aplicação de torques utilizam-se dois métodos principais, que são a utilização de ferramentas de categoria manual e rotativas.

2.5.3.1 Ferramentas manuais

Utilizadas adotando o princípio de alavanca, as ferramentas de aplicação de torque manuais necessitam a utilização do esforço humano. Neste conceito encontram-se:

- **Chave manual:** Santos e Pinto (2008) sugerem que a utilização do aperto manual com chave é a maneira mais primitiva empregada. Este modelo de ferramenta não contém alguma configuração que garanta o estabelecimento do torque especificado. Raramente são empregadas no sistema produtivo, normalmente empregadas em oficinas de reparo;

- **Torquímetro:** quando necessário aplicar um torque em um parafuso ou contra peça com precisão, o torquímetro é a ferramenta frequentemente indicada, pois normalmente possui em seu interior um dispositivo dinamômetro. Os torquímetros são classificados em dois tipos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), baseado em sua norma NBR ISO 6789, que são:

- a) Tipo I - Torquímetro de indicação de torque: quando aplicado o torque com esta ferramenta, ela indica o torque atual no momento do aperto, pois possui um indicador analógico ou digital;

- b) Tipo II - Torquímetro de ajuste de torque: nesta ferramenta o torque alvo deve ser ajustado. Não é possível realizar a leitura no momento da aplicação, mas normalmente o sinal sonoro indica o ponto em que o torque alvo pré-ajustado foi alcançado.

2.5.3.2 Ferramentas rotativas

Esse modelo de ferramenta é aplicado em um sistema que atinge o ciclo de um eixo que se une ao parafuso através de um soquete. Destacam-se como fundamentais os seguintes modelos:

- **Chaves de impacto e impulso:** são ferramentas do tipo pneumáticas e leves, extremamente produtivas. “O funcionamento desta ferramenta é combinado por um sistema de batidas em intervalos com sincronismo de tempo, onde por meio de um conjunto martelo/bigorna empregam pulsos de torque para a fixação” (SANTOS, PINTO, 2008, p. 5).

Figura 8 - Chaves de Impacto



Fonte: Atlas Copco (2015) Material enviado pela empresa Atlas.

- **Parafusadeira:** são empregadas quando a aplicação necessária é de baixo torque, possibilitando que o operador seja capaz de tolerar somente a empunhando. Nestas ferramentas “o torque aplicado é apontado pelo tempo em que o motor, quando engrenado, é capaz de apertar até segundos antes de parar. A pressão do ar que ativa a ferramenta é o ponto de ajuste do torque desejado” (ATLAS COPCO, 2003a, p. 20).

Figura 9 - Parafusadeiras Hidro



Fonte: Atlas Copco (2015) Material enviado pela empresa Atlas.

- **Apertadeiras:** ferramentas empregadas nas faixas acima das parafusadeiras. Normalmente as apertadeiras já possuem barra de reação fixa ou braço articulado utilizado para receber e absorver as grandes cargas envolvidas. Estas ferramentas mais atuais possuem dispositivos eletrônicos, os quais garantem e proporcionam uma excelente precisão de aperto.

Figura 10 - Apertadeiras angulares e pistola



Fonte: Atlas Copco (2015) Material enviado pela empresa Atlas.

3. METODOLOGIA

Para Marconi e Lakatos (2010), método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

A metodologia da pesquisa-ação utilizada no trabalho exposto tem como finalidade coletar informações e realizar o processamento das mesmas, tendo como foco o resultado positivo do trabalho proposto, abordando informações relevantes para o desenvolvimento e execução das etapas.

Para obter a redução de defeitos relacionados a torques, conforme proposto neste trabalho, foram definidas técnicas e métodos para a realização do mesmo.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Os métodos e as técnicas empregadas nesta fase visam estabelecer as etapas, formas e estratégias utilizadas para que a realização deste trabalho atenda ao objetivo geral proposto.

Buscam-se procedimentos para a coleta, compilação e análise de dados, para desta forma, percorrer a elaboração do trabalho. A empresa onde será realizado o trabalho propôs a realização de uma pesquisa para a identificação do principal modo de falha do processo produtivo. A partir disso, a realização de uma nova pesquisa buscando oportunidades de melhorias e controle do processo produtivo.

Sendo assim, para a realização deste TFC (Trabalho Final de Curso) a metodologia utilizada, é a da pesquisa-ação, que, de acordo com Gil (2007), requer o envolvimento ativo do pesquisador juntamente com as ações por parte de todos os envolvidos no problema ou tema da pesquisa, buscando a ação sobre os resultados.

Complementando, a pesquisa-ação pode ser definida como:

[...] 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 no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLENT, 1985, p. 14).

A partir deste ponto, serão apresentadas as fases e atividades realizadas ao longo deste trabalho, permitindo melhor entendimento sobre a estrutura utilizada baseada nos métodos e técnicas já definidos.

- **Pesquisa Exploratória:** nesta fase foi realizada pesquisa das áreas que estariam envolvidas e teriam alguma influência no processo produtivo, após esta definição, foram realizadas conversas com as áreas determinadas, recolhendo o máximo de informações sobre as ferramentas de aperto, métodos de aplicação, verificação de torques e as dificuldades encontradas. A fundamentação teórica com pesquisas bibliográficas em livros, manuais, monografias e normas enriqueceram o conhecimento quanto ao objetivo do trabalho. Com o embasamento realizado, dados foram coletados e preparados para a realização de reuniões com responsáveis pelos processos e controle do processo produtivo, sendo também utilizada a ferramenta da qualidade *brainstorming*, o mesmo foi realizado através da metodologia “World Café” com um grupo multifuncional de 35 pessoas, onde foi utilizado 5 grupos de iniciativas e 21 sub iniciativas, das quais os resultados obtidos foram 222 sugestões, sendo 48 de alta prioridade e 19 iniciativas a serem trabalhadas;

- **Pesquisa aprofundada:** com a definição das 19 iniciativas a serem trabalhadas, as mesmas foram divididas por áreas de atuação, onde iniciou-se a pesquisa aprofundada em 3 das 5 iniciativas que devem ser executadas pela área da qualidade e as mesmas serão utilizadas para a realização deste trabalho. Realizaram-se reuniões com fornecedor de equipamentos e visita a outra unidade da empresa para identificar melhorias já existentes nos processos de produção e verificação. Nesse aspecto, a pesquisa aprofundada neste trabalho estará concentrada na obtenção de relatórios de testes e estudos feitos sobre torques na empresa em questão, e materiais elaborados pelas engenharias de processos e qualidade referindo-se aos torques críticos e as ferramentas de aplicação;

- **Ação:** após analisar o processo de produção e obter informações em outra unidade da empresa, além de, adquirir conhecimento de ferramentas e técnicas, realizou-se uma proposta para a implementação de auditorias de torques na linha produtiva com ferramentas, processos e procedimentos adequados;

- **Avaliação:** a proposta apresentada para a gerencia da empresa estudada está relacionada às necessidades expostas por ela, bem como, as verificadas no sistema produtivo. Foram apresentadas técnicas de controle de qualidade aplicáveis para a medição de torques, e classificação das variáveis

influentes no processo, a fim de ampliar os conhecimentos sobre o problema abordado.

Para o controle e redução dos defeitos relacionados a torques na empresa estudada, foram utilizadas ferramentas da qualidade para atingir os objetivos estipulados, dentre as quais o conceito do *Brainstorming*, 5W2H (*What* – o quê; *Why* – Por quê; *When* – Quando; *Where* – Onde; *Who* – Quem, *How much* – Quanto; *How* - Como) e CEP e também proposto sistemas a prova de erro também são conhecidos como “*pokayoke*” na língua japonesa e “*mistake-proofing*” ou “*error-proofing*” na língua inglesa.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa, será exposto o estudo executado junto a empresa em que o trabalho foi desenvolvido. A divisão do mesmo foi realizada em três partes. A primeira apresenta uma breve caracterização da empresa em que será realizado o estudo, a segunda expõe a situação atual da empresa e, a identificação dos modos de falhas mais relevantes, impactando no processo, buscando ainda históricos sobre o mesmo. Também apresenta a estruturação funcional do processo atual, bem como a identificação de *gaps* no processo. A terceira etapa compreende a proposta para o controle e melhorias do processo, com a finalidade de manter a empresa alinhada aos objetivos e metas por ela definidos, sendo possível realizar o monitoramento do seu processo.

4.1 CARACTERIZAÇÕES DA EMPRESA

A empresa em análise possui herança de 175 anos, fornecendo produtos de qualidade e inovadores voltados a pessoas que tenham um grande laço com a terra. Neste período a empresa obteve grande crescimento tornando-se líder mundial na fabricação de máquinas agrícolas. Possui ainda serviços financeiros para comercialização de seus produtos que hoje atendem a linha agrícola, jardinagem comercial e doméstica e equipamentos de construção.

Norteadas por quatro valores – Integridade, Comprometimento, Qualidade e Inovação – a companhia possui instalações ao redor do mundo, sendo sessenta e quatro (64) fábricas contando com mais de 60 mil funcionários em, 17 países. A unidade, onde este trabalho foi desenvolvido, realiza a produção de colheitadeiras, plataformas e plantadeiras.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DO PROCESSO ATUAL

A preparação da sugerida implantação de controle de torques no processo produtivo, empregando equipamentos e auditorias no processo, é realizada nesta etapa. Por solicitação e coerência da empresa estudada, a utilização de valores numéricos absolutos quanto a falhas, indicadores e gastos não devem ser aplicadas, unicamente informações percentuais referenciando os dados analisados.

Para a proposta de implantação, foram consideradas: a avaliação de processos já existentes em outras unidades; o auxílio da empresa parceira fornecedora de ferramentas de torques e; a base teórica dos diversos autores citados na revisão bibliográfica. Estas informações são importantes no transcorrer da proposta, concebido pelas seguintes etapas.

4.2.1 Seleção do modo de falha

A seleção do modo de falha, onde é enfatizada a proposta do trabalho de estudo teve como fundamentação a estratégia empregada pela empresa, onde busca a satisfação dos clientes. Uma das formas mais eficazes de contribuir para o aumento desta satisfação é reduzir os índices de falhas.

Os índices de registros internos e dados históricos levantados apontam que o estudo de melhorias propostas deve ser realizado com foco no processo de torques. O bom funcionamento deste processo caracteriza-se como indispensável, pois o mesmo reflete diretamente na qualidade do produto final.

A escolha do assunto para análise engloba a necessidade da empresa em procurar melhorias constantes de seus processos, ligada à afinidade do acadêmico em aprofundar-se neste tema, o qual tem importância essencial para o diferencial das grandes companhias.

4.2.1.1 Dados gerais de falhas Internas

Foram levantados os registros de falhas cadastradas no sistema corporativo, o período de análise é compreendido entre outubro de 2012 e julho 2015. Destes registros, foram identificados os modos de falhas e valores de impacto apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Falhas Internas Outubro de 2012 e Julho 2015

FALHAS INTERNAS 2013/14/15	
Principais Modos de Falha	% de Impacto
Torque / Aperto Incorreto	21%
Interferência	9%
Material Não Disponível na linha	9%
Material não montado (operador)	7%
Orientação / Montagem incorreta	6%

Continua página seguinte...

Alinhamento	6%
Ajuste	6%
Solda (Não realizada, Incompleta, Respingos)	4%
Pintura (Escorrimento, Falta de Tinta e Acabamento)	4%
Danificado	3%
Somatório Outros Modos	23%
TOTAL	100%

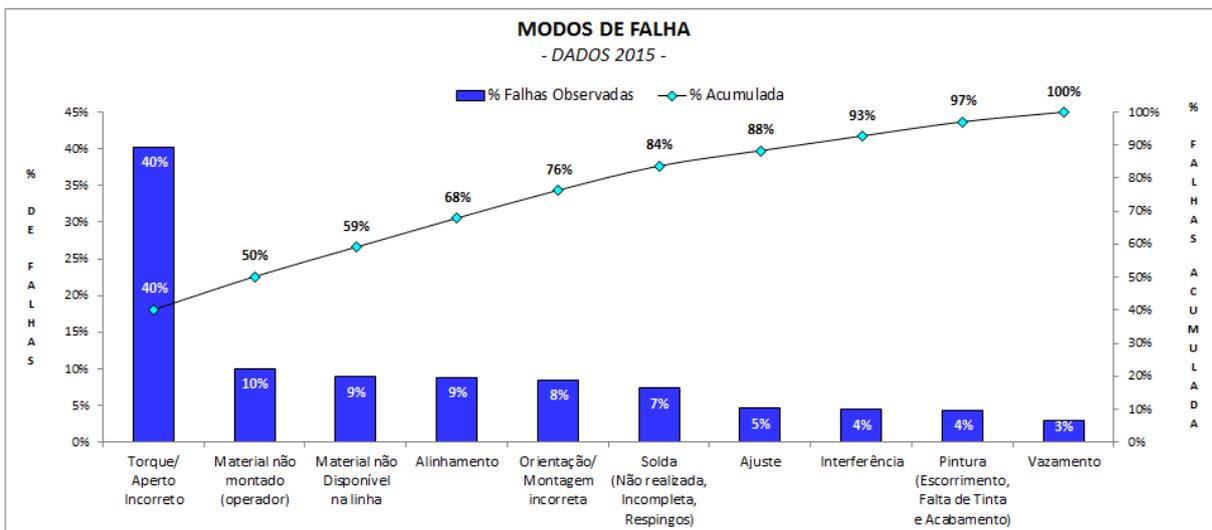
Fonte: Empresa estudada.

Com os dados ilustrados no quadro 1, é admissível entender que grande parte dos retrabalhos realizados nos produtos fabricados é da origem torque, o que indica um grande índice de impacto nos indicadores internos.

O mesmo quadro indica que 21% do retrabalho realizado, ou seja, mais que o dobro do segundo modo de falha está relacionado ao processo de torques. O que geralmente implica em altos custos ou até em paradas de produção ou verificação de estoque.

O gráfico da figura 11 ilustra a situação do ano fiscal de 2015 (os anos fiscais compreendem o período de 1/novembro a 31/outubro), podendo ser observado que o modo de falha relacionado a torque é predominante. Chegando a ser três vezes maior que o segundo modo de falha.

Figura 11 - Modo de falha com dados de 2015



Fonte: Empresa estudada.

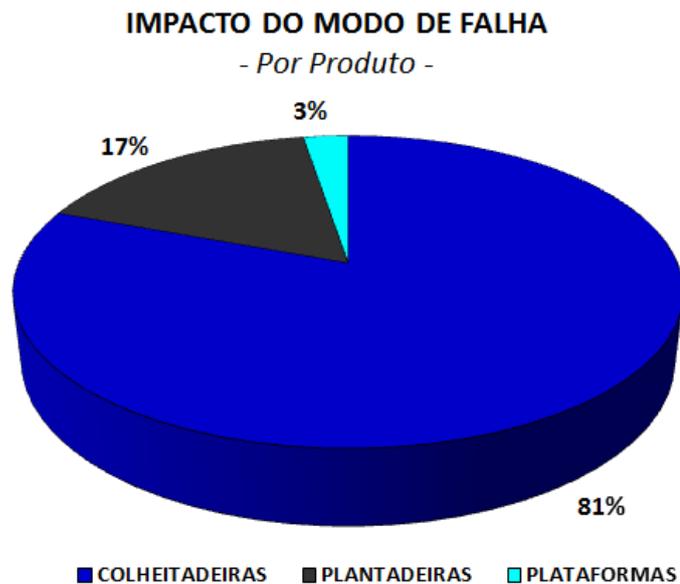
Com relação aos modos de falhas selecionados para o estudo, o gráfico de Pareto representado acima tem o intuito de mostrar a importância e ainda justificar a

sua seleção para então realizar uma proposta de melhoria. O mesmo exibe um resultado em forma de *ranking* do maior até o menor percentual de origem de problemas.

4.2.2 Seleção do produto

Na unidade de Horizontina – RS a empresa em análise, é responsável pela fabricação de 3 produtos: colheitadeiras, plataformas e plantadeiras. Para a seleção do produto a ser analisado ou propor a implementação de um lote piloto da proposta de melhoria, levou-se em consideração o impacto do modo de falha por produto, que podem ser observados no gráfico da figura 12.

Figura 12 - Impacto do modo de falha por produto



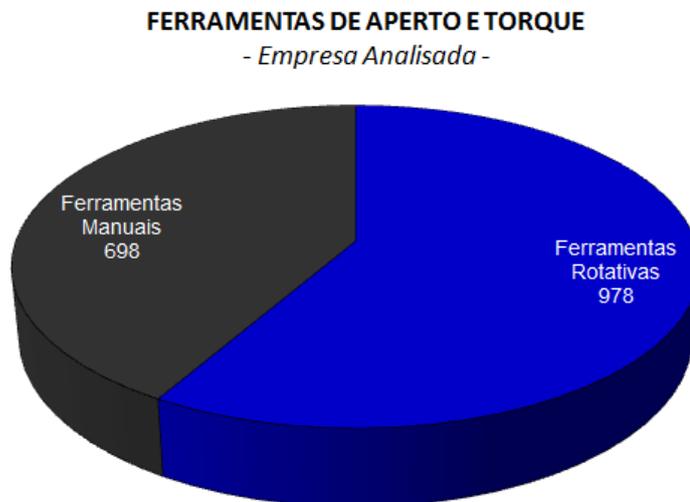
Fonte: Empresa estudada.

A figura 12 mostra o total de 100% do modo de falha estudado e a porcentagem que cada produto possui deste total. Desta forma conclui-se que 81% das falhas cadastradas relacionadas a torque estão localizados no processo de montagem das colheitadeiras, e por este motivo a proposta tem como foco o processo de produção deste produto.

4.2.3 Ferramentas utilizadas

A quantidade de ferramental de torque ou aperto utilizado na empresa atualmente é de 1676 equipamentos, classificados em ferramentas rotativas e manuais, conforme apresentado no gráfico da figura 13. A verificação, calibração e ajustes destas ferramentas são diferenciados para ambas as ferramentas.

Figura 13 – Classificação das ferramentas de aperto utilizadas na empresa



Fonte: Empresa estudada.

O controle de verificação, ajuste e manutenção das ferramentas rotativas é realizado pelo departamento de manutenção da empresa e para as ferramentas manuais o mesmo controle é realizado pela área da qualidade. Sendo assim, o detalhamento das atividades atualmente executadas está relatado nos tópicos abaixo.

4.2.3.1 Ferramentas rotativas

Conforme mencionado, a empresa possui um total de 978 ferramentas rotativas, a periodicidade de verificação planejada das ferramentas é de seis meses. O quadro 2 apresenta alguns dados referentes aos custos de verificação planejada, preventiva e corretiva.

Quadro 2 - Gastos com verificação

ANO FISCAL 2015			
Tipo de Verificação	% Total de Ordens	Tipo de Verificação	Custos Envolvidos
Corretiva	21%	Corretiva	R\$ 38.283,49
Preventiva	31%	Preventiva	R\$ 31.658,84
Planejada	48%	Planejada	R\$ 135.141,99
Total Geral	100,00%	Total Geral	R\$ 205.084,32

Fonte: Empresa estudada.

Pode-se observar no quadro 2 que o impacto que envolve as verificações corretivas são significativos e os mesmos não podem ser mensurados quanto à aplicação incorreta do aperto no produto final e a insatisfação gerada.

4.2.3.2 Ferramentas manuais

A empresa possui 698 ferramentas manuais, que são verificadas com uma periodicidade de quatro meses, a verificação é realizada em uma bancada estática onde é indicado apenas o torque para o qual a ferramenta está ajustada. Caso a ferramenta encontrar-se fora das especificações, a mesma é ajustada e volta ao processo.

Este método não possibilita a verificação do torque aplicado na junta montada, podendo o mesmo ser maior ou menor em teoria do que o torque desejado.

4.3 ELABORAÇÕES DE PROPOSTAS DE MELHORIAS DO PROCESSO

A elaboração da proposta de controle dos processos relacionados a torques é apresentada a partir deste ponto. A idealização da proposta é realizada seguindo as etapas de propor um processo de controle, e criar um fluxo do processo de controle e equipamentos necessários para a execução.

4.3.1 Proposta do processo de controle

Tem como propósito descrever o processo de controle de torques, que compreende a coleta de dados, monitoramentos e análises dos resultados, bem como promover a melhoria contínua dos processos. Os responsáveis pela execução do processo serão:

Engenheiros e técnicos de manufatura:

- Disponibilizar e encaminhar equipamentos para a linha de montagem;
- Treinar operadores;
- Analisar os dados de torque coletados;
- Realizar as melhorias do processo.

Engenheiro e inspetor da qualidade:

- Determinar a carta de controle do processo;
- Definir amostragem, frequência e sistema de registro dos dados;
- Preparar, realizar e analisar o controle de torques;
- Suportar a manufatura na interpretação dos dados e análises do processo;
- Comunicar os resultados das coletas de dados e estudos estatísticos para a engenharia de manufatura;
- Comunicar ao facilitador da produção eventos anormais observados no processo que possam interferir no valor de torque.

Antes de iniciar um controle estatístico de processo, o mesmo deve estar estável e antes de aplicar o CEP realizar um estudo preliminar da distribuição dos valores verificados. O mesmo deve ser aplicado inicialmente para todos os processos de torque executados, podendo ser utilizado uma área como lote piloto.

Para a verificação devem ser utilizados equipamentos de medição por variáveis, pois as cartas de controle devem ser elaboradas com resultados quantitativos, o controle pode ser realizado através de planilhas eletrônicas ou através de *softwares*, possibilitando identificar a necessidade de melhorias, registro de bordo como alterações ocorridas no processo, bem como mudança de métodos, alterações de máquinas ou mudança de *layout*.

Os valores de capacidade dos processos (C_p e C_{pk}) são representativos da capacidade do processo. Desta forma, enquanto o controle estatístico do processo estiver sendo executado, não há necessidade de realizar estudos de capacidade.

Se os dados de monitoramento do processo mostram que os processos não atendem aos limites do controle estatístico do processo (CEP), a engenharia de manufatura deve ser comunicada.

4.3.1.1 Tamanho das amostras e frequência de coleta

Para torques controlados por CEP a amostragem deverá ser igual ao número de parafusos da junta, para torques verificados na bancada será igual a três apertos para cada ferramenta e para torques verificados nas apertadeiras eletrônicas serão necessários três apertos para no máximo três programas diferentes.

Para o CEP, a frequência de coleta dos dados deve ser realizada conforme definido no plano de controle de produção e caso identificar alguma não-conformidade deve-se seguir o plano de reação. Para a verificação de apertadeiras pneumáticas, hidropneumáticas, eletrônicas e torquímetros a verificação e coleta dos dados deve compreender 45 dias.

4.3.1.2 Preparação e execução do processo

A engenharia de manufatura deve informar a engenharia de qualidade sobre qualquer novo processo ou alteração do processo, onde caso algum item possuir característica-chave, um estudo de capacidade de processo deverá ser realizado para aprovar a capacidade da ferramenta.

A definição do tipo da carta de controle utilizada e equipamento de verificação devem ser realizados, após esta definição, os seguintes passos deve ser seguidos:

- Verificar se o sistema de medição está aprovado conforme procedimentos internos;
- Realizar o cadastro de ferramentas no sistema e adicionar o mesmo no *software* ou excel de controle estatístico;
- Selecionar as peças, número de peças e características a serem analisadas;
- Realizar a coleta de dados;
- Montar e verificar a ferramenta ou processo;
- Medir peças e registrar dados no *software* estatístico, documentando qualquer problema ou ajuste necessário.

4.3.1.3 Monitoramento do processo

Para o monitoramento deve ser realizada a coleta dos torques e conseqüentemente registrar os dados na carta de controle, documentando problemas, alterações e ajustes do processo no diário de bordo para o CEP. As coletas dos torques devem seguir a frequência estabelecida e o registro dos dados deve ser adicionado nas planilhas de excel ou no *software* estatístico.

4.3.1.4 Análise dos dados

A análise e interpretação dos resultados obtidos no CEP podem ser realizadas, tanto pelo engenheiro da qualidade quanto o inspetor da qualidade. A análise dos estudos de capacidade do processo para características-chave devem ser executadas pelo engenheiro da qualidade responsável pela área.

As instabilidades do processo registradas no diário de bordo devem ser verificadas e avaliadas quanto ao impacto. Caso o limite de especificação seja ultrapassado, uma comunicação imediata deve ser realizada para a engenharia de manufatura, para que ações de contenção e verificação sejam adotadas. Os registros devem ser mantidos.

Caso alguma ferramenta esteja apresentando altos índices de variação, as ferramentas rotativas devem ser enviadas a departamento de manutenção, ou em caso de ferramentas manuais, as mesmas devem ser enviadas ao laboratório de calibração. Quando os resultados forem satisfatórios e atenderem as especificações, os mesmos devem ser publicados e enviados aos envolvidos.

4.3.1.5 Ferramentas de controle

Ferramentas são essenciais para a realização de controle do processo produtivo, várias são as ferramentas e as formas de verificação disponíveis, para assim garantir a segurança, confiabilidade, durabilidade, redução de custos e zero *recalls* (troca de peças) para isto, se faz necessário essencialmente um correto processo de aperto onde a junta esteja corretamente apertada e a mesma seja adequadamente verificada.

O processo deve ser continuamente melhorado com adequada rastreabilidade e análise, os operadores facilmente orientados, ferramentas adequadas e verificadas para que o processo de aperto ocorra corretamente.

A verificação adequada da junta é fundamental, pois somente desta maneira conhecemos o processo de aperto, inserindo uma rotina adequada de verificação de torques, ferramentas capazes de detectar a influência do operador e ações corretivas adequadas quando o processo estiver fora dos limites especificados. Diante disso, o questionamento é: então como garantir a qualidade no aperto? A forma mais eficaz é controlando a qualidade das ferramentas que efetuam os apertos e controlando a qualidade das juntas parafusadas. Para que esta verificação ocorra de maneira adequada, foram levantadas as seguintes propostas de ferramentas e verificação.

4.3.1.5.1 *Verificação fora da linha*

Esta verificação diz respeito ao teste de capacidade da ferramenta, se está trabalhando de acordo com as especificações do fabricante. A análise deve ser realizada quando ocorrer a aquisição de ferramentas novas ou quando a mesma sofrer algum tipo de reparo.

Para a verificação fora da linha é necessário à utilização de ferramentas como *STanalyzer* com adaptadores fixos ou bancadas com células de carga - ilustrados na figura 16.

4.3.1.5.2 *Verificação na linha de produção*

A verificação na linha é utilizada para que seja realizada uma análise se a ferramenta está trabalhando de acordo com as especificações de aperto do processo.

4.3.1.5.3 *Verificação de ferramentas*

Para a verificação de ferramentas na linha é necessário à utilização de ferramentas como *STanalyzer* com adaptadores ou bancadas com células de carga

moveis - ilustrados na figura 16 - com alguns acessórios para a utilização correta dos mesmos.

4.3.1.5.4 *Verificação de juntas*

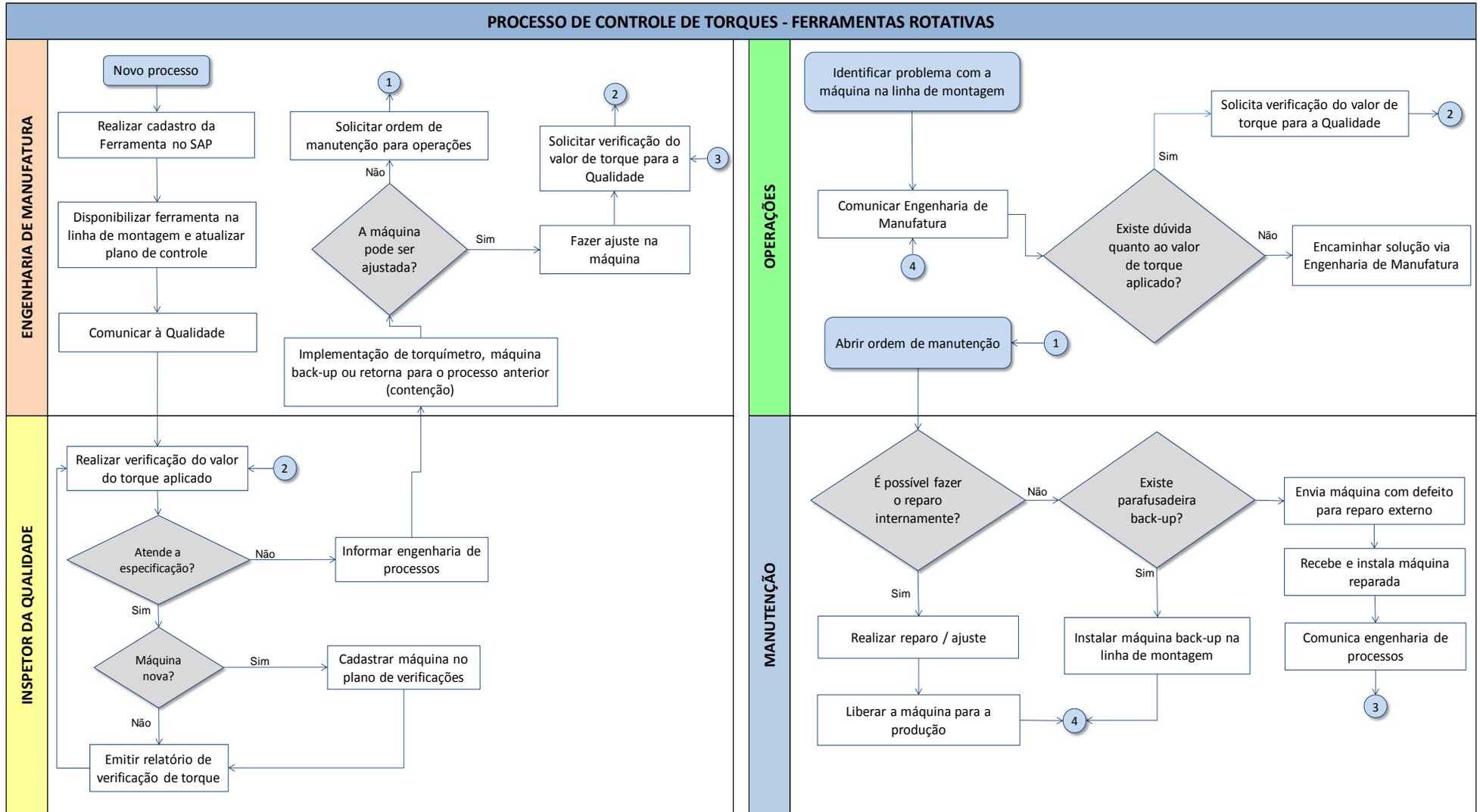
Controlar somente se as ferramentas estão fazendo bem seu trabalho não garante que as juntas estão sendo aparafusadas corretamente, pois, diversas variáveis podem causar alteração em uma junta parafusada. Desta forma, é importante que ocorra a verificação do torque aplicado na junta, garantindo a correta aplicação da força de união necessária determinada pela engenharia de produto.

A melhor maneira de constatar isso é verificando o torque residual instalado na junta do produto que será entregue ao cliente final. A ferramenta indicada para este procedimento de verificação é o *STwrench* - ilustrados na figura 16 - capaz de detectar o torque residual.

4.3.2 **Proposta de fluxograma**

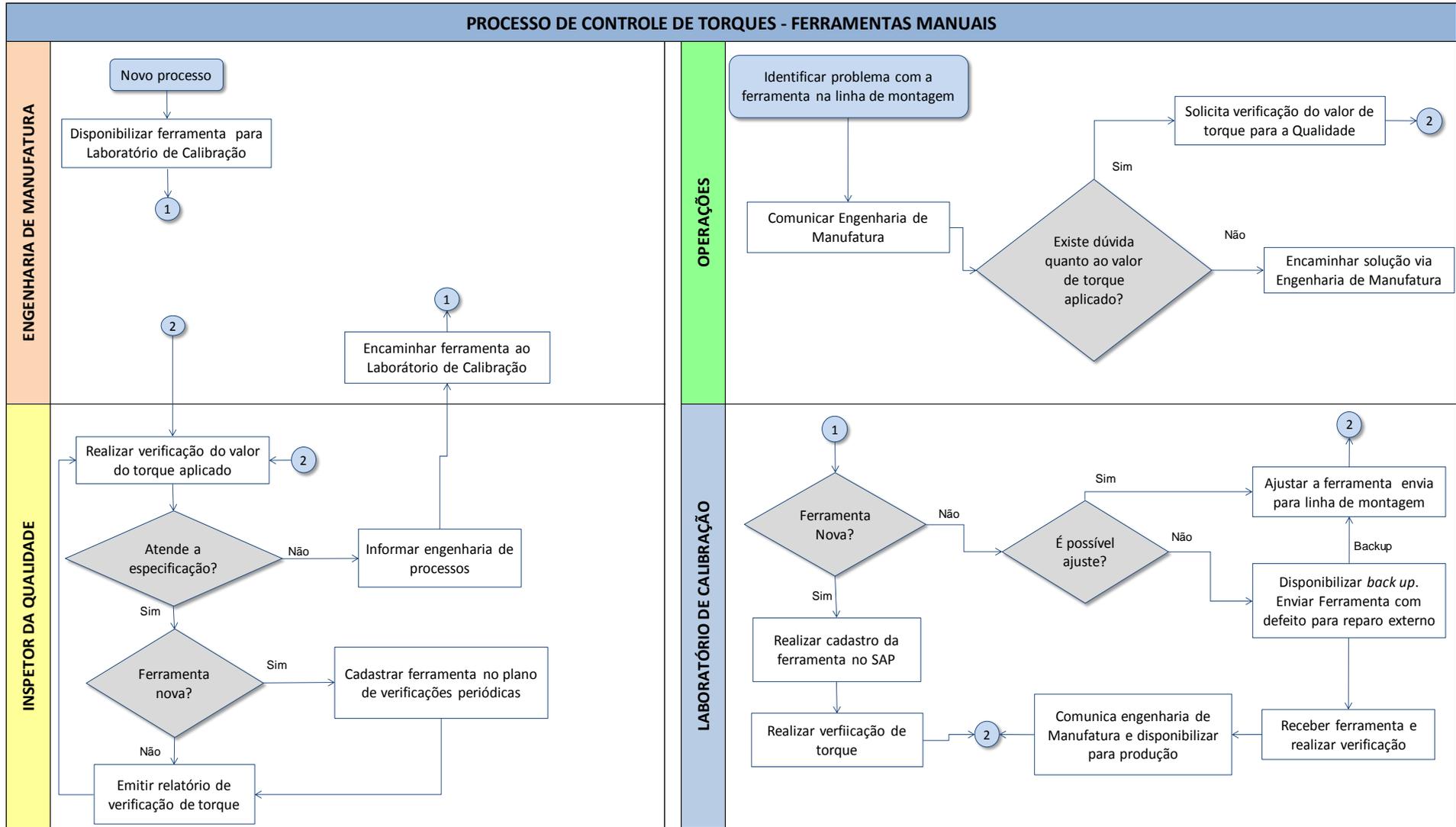
O fluxograma do processo foi dividido em dois, foram propostos dois fluxos, sendo um para ferramentas rotativas e outro para ferramentas manuais. Esta divisão foi necessária devido a termos duas áreas de atuação sobre estas ferramentas, que são o departamento de manutenção e o departamento da qualidade. As figuras 14 e 15 apresentam os fluxogramas de ferramentas rotativas e manuais respectivamente.

Figura 14 - Fluxo do processo de ferramentas rotativas



Fonte: Autor

Figura 15 - Fluxo do processo de ferramentas manuais



Fonte: Autor

4.3.3 Propostas de ferramentas

Conforme relatado nos tópicos anteriores, as ferramentas analisadas compreendem em uma bancada hidráulica, *STwrench* e *STanalyser* que podem ser visualizadas na figura 16. A utilização destas ferramentas atendem as necessidades de controle do processo de torques.

Figura 16 - Ferramentas de verificação



Fonte: Atlas Copco (2015) Material enviado pela empresa Atlas.

Também foram levadas em consideração as faixas para a realização da proposta, onde a maioria das ferramentas rotativas estão na faixa de 3 a 1000N.m e ferramentas manuais estão na faixa de 2 a 750N.m.

Buscaram-se três tipos de proposta com os equipamentos analisados, considerando o custo X benefício, ou seja, uma proposta com ferramentas básicas, outra intermediárias que atenderia uma maior faixa de ferramentas e uma última proposta considerada “Plus”, ou seja, com toda a qualidade e acessórios disponíveis.

4.3.3.1 Proposta básica

Como o próprio nome diz, nesta proposta está o necessário para executar o processo com algumas limitações. Faz-se necessário a aquisição de três ferramentas que são o *STanalyser* com transdutor dinâmico com capacidade de 6

até 1400 N.m, mais um *STAnalyzer* com transdutores estáticos com capacidade de 6 a 500N.m. Incluindo ainda um *STwrench* cambiável com faixa de 6 a 720N.m.

A utilização do *STAnalyzer* com transdutores dinâmicos proporcionam os seguintes benefícios de utilização:

- Transdutores dinâmicos para teste na condição da junta até 1400N.m;
- Teste de ferramentas rotativas pneumáticas e eletrônicas;
- Não é recomendado teste de ferramentas hidropneumáticas.

Já a utilização do *STAnalyzer* com transdutores estáticos proporciona:

- Teste de hidropneumáticas e torquímetro.

A utilização do *STwrench* tem como benefícios de utilização os seguintes pontos:

- Medição de torque residual da junta;
- Diversos transdutores no mesmo torquímetro.

A estimativa de investimento na proposta básica é de R\$340.000,00 (trezentos e quarenta mil reais) na aquisição das ferramentas.

4.3.3.2 Proposta intermediária

Na proposta intermediária é considerada a utilização de uma Bancada Estática com células de carga de 3 até 500N.m, todas as juntas de teste e acessórios e com transdutor externo adicional com capacidade de 6 a 1400N.m. Somando ainda um *STwrench* cambiável com faixa de 6 a 720N.m.

A utilização da Bancada Hidráulica tem os seguintes benefícios de utilização:

- Teste da ferramenta sem necessidade de parar a linha;
- Teste de juntas que não há acesso;
- Teste em torques de produtos que raramente são produzidos;
- Transdutores dinâmicos para teste na condição da junta até 1400Nm;
- Possibilidade de gerenciamento das auditorias por rota (sem necessidade de *software* adicional).

A utilização do *STwrench* tem como benefícios de utilização os seguintes pontos:

- Medição de torque residual da junta;
- Diversos transdutores no mesmo torquímetro.

A estimativa de investimento da proposta intermediária é de R\$420.000,00 (quatrocentos e vinte mil reais) na aquisição das ferramentas.

4.3.3.3 Proposta *Plus*

Nesta solução é proposto a utilização de uma bancada hidráulica, com células hidráulicas de 20 até 750 N.m e células estáticas de 3 até 500N.m. Ainda um transdutor externo adicional de 1400 N.m utilizado na bancada, com todas as juntas de teste e acessórios incluídos. Mais um *STwrench* cambiável com faixa de 6 a 720N.m. Nesta proposta é levada em consideração o que existe de melhor no mercado, com todas as possibilidades de verificação e de tecnologia existente.

A utilização da bancada hidráulica possibilita os seguintes benefícios de utilização:

- Teste da ferramenta na condição da junta do produto sem necessidade de parar a linha;
- Teste das ferramentas na condição mais próxima da junta de aperto;
- Tempo de verificação reduzido por não ser necessário o desaperto da junta;
- Teste de juntas que não há acesso;
- Teste em torques de produtos que raramente são produzidos;
- Possibilidade de gerenciamento das auditorias por rota (sem necessidade de *software* adicional).

A utilização do *STwrench* tem como benefícios de utilização os seguintes pontos:

- Medição de torque residual da junta;
- Diversos transdutores no mesmo torquímetro.

A estimativa de investimento para a aquisição da proposta Plus é de R\$540.000,00 (quinhentos e quarenta mil reais).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente um dos maiores desafios das empresas é contornar a situação financeira do mercado atual, buscando manterem-se competitivas em mercados de forte concorrência. De um modo geral, a competitividade das empresas está diretamente ligada à sustentação da credibilidade de seus produtos, somando-se a relação da marca, diante dos olhos dos clientes.

O controle da qualidade é afetado por diversas variáveis as quais devem ser ponderadas anteriormente a aplicação da prática na produção de um produto, sendo assim, uma forma adotada pelas empresas para garantir o conceito de que somente produtos que estejam conforme especificações sejam entregues nas mãos dos clientes é a execução sólida do controle da qualidade.

Com base no exposto, a elaboração de uma proposta de controle do processo de torque na empresa estudada, evidenciada no capítulo 4, comprova o atendimento ao objetivo geral deste trabalho.

Para o atendimento do objetivo geral, traçaram-se alguns objetivos específicos, sendo o primeiro deles “identificar o modo de falha” com maior impacto no processo produtivo, no item 4.2.1 a identificação foi realizada, apresentada e concluída, onde o banco de dados que a empresa mantém, foi a fonte a ser analisada.

O segundo objetivo específico, condiz em determinar o produto com maior impacto sofrido pelo modo de falha identificado, o item 4.2.2, mostra que a colheitadeira é o produto que sofre o maior impacto e para o mesmo as ações propostas devem ser realizadas primeiramente.

O terceiro objetivo específico compreende identificar quais ferramentas são empregadas no processo produtivo, quantidades, faixas de aplicação e métodos de verificação atualmente aplicados. As informações estão relacionadas no item 4.2.3, e mostram que são empregadas basicamente ferramentas rotativas e manuais.

Estes três objetivos específicos iniciais mostraram a situação do processo atual realizado pela empresa estudada, identificando assim que o processo de controle atual não está direcionado ao processo produtivo como um todo, mas sim, apenas focado na verificação da ferramenta utilizada e não no emprego do torque como um todo.

Após o levantamento dos dados e análise dos eventos históricos relacionados ao modo de falha estudado, o item 4.3 apresenta uma proposta de controle do processo produtivo, onde o emprego do torque é executado. Logo, no item 4.3.1 é realizada uma proposta de execução do processo de controle, identificando responsabilidades, amostragem, frequência, preparação, execução, monitoramento, análise de dados coletados e ferramentas de verificação, atendendo assim ao objetivo específico que visa o monitoramento dos processos produtivos com o emprego de torque realizados na empresa.

O item 4.3.2 está diretamente ligado ao item anterior, ilustrando um fluxograma que proporcione a execução do controle e monitoramento do processo produtivo relacionado a torque, tendo assim, a proposta de dois fluxogramas, um para ferramentas rotativas e outro para ferramentas manuais, contemplando o objetivo específico de propor um fluxo para o procedimento de monitoramento/controlado.

Finalmente, o item 4.3.3 é elaborado com três propostas de custos diferentes, visando facilitar a seleção dos equipamentos levando em consideração a dificuldade financeira presente no mercado atual, as propostas estão relacionadas aos equipamentos necessários para realizar a inspeção e verificação dos torques executados na empresa, completando e atendendo assim, ao objetivo específico de analisar e propor equipamentos que comportem a realização de auditorias e verificações de torques aplicados.

Com a idealização das propostas, acredita-se que a redução do modo de falha estudado será significativa, diminuindo custos com retrabalho, aumentando a qualidade, confiabilidade e resultando em clientes satisfeitos. O aumento do controle do processo produtivo é viável e também expressivo com a implementação dos conceitos e informações compreendidas ao longo do estudo. Benefícios em termos de redução de custos com manutenção e calibração das ferramentas, também ocorrerão.

É possível observar no desenvolvimento do trabalho que se faz necessário o envolvimento de uma equipe multifuncional para a execução e controle do processo produtivo, necessitando de conhecimento mais aprofundado sobre o tema. Com a idealização das propostas, a realização do monitoramento ocasionará em dados consistentes para análise da equipe multifuncional, possibilitando ajustes às tendências apresentadas no processo, agindo ao mesmo tempo de forma proativa

na correção de ferramentas ou atuações nas áreas que apresentam maior número de incidências de falhas.

Como sugestão ou consideração para trabalhos de continuação, indica-se aprofundarem-se nos dados coletados, realizando a estratificação e análise dos mesmos. Isto proporcionará ações direcionadas à falha específica e determinadas, conceituando um controle rigoroso sobre o processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIAG - AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Controle Estatístico do Processo (CEP)**: manual de referência. 2. ed. Southfield, EUA: AIAG, 2005. Tradução de: Instituto da Qualidade Automotiva (IQA).

_____. **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle (APQP)**: Manual de Referência. 2 ed. Southfield, EUA: AIAG, 2008. Tradução de: Instituto da Qualidade Automotiva (IQA).

ALBERTAZZI, A. G. Jr.; SOUSA, A. R. de. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. 1. ed. Barueri: Manole, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 6789: **Ferramentas de montagem de parafusos e porcas** - Torquímetros manuais – Requisitos e métodos de ensaio para verificação da conformidade do projeto, da conformidade da qualidade e procedimento de calibração e recalibração. Rio de Janeiro: 2009.

ATLAS COPCO. **Parafusadeiras**. Suécia: JetLag, 2003a.

ATLAS COPCO. **Tecnologia de aperto**. Suécia: JetLag, 2003b.

BARRIOS, Delfino Gómes. **Seminario de Torque y Atornillado: Diseño, Aplicación, Medición y Control. Supplier & Services México**, 2009. Disponível em: <<http://www.ghd.com.mx/m1st.pdf>>. Acessado em: 26 mar. 2015.

BONILLA, José A. **Gestão da qualidade total na agropecuária**: aspectos introdutórios. revista eletrônica de ciência administrativa (RECADM) - ISSN 1677-7387. v. 2, n. 2, 2003. Disponível em <<http://revistas.facecla.com.br/index.php/recadm/article/view/432/330>>. Acessado em: 16 abr. 2015.

BORROR, Connie M. (editor). **The certified quality engineer handbook**. 3 ed. Milwaukee, EUA: ASQ, 2008.

CAMPOS, Vicente F. **TQC controle da qualidade total** (No Estilo Japonês). 2. ed. Belo Horizonte: Bloch, 1992.

_____. **TQC controle da qualidade total** (No Estilo Japonês). 8. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 175 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5393: **Rotatory tools for threaded fasteners** – Performance test method. 2. ed. Genève, Suíça: ISO. 1994.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

JURAN, J.M. Juran Planejando Para a Qualidade. 3.Edição. São Paulo: Pioneira, 1995._____ A Qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Tradução: Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004.

MARCONI, M. de Andrade; LAKATOS, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

OLIVEIRA, Otávio J. (org). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2. ed.. São Paulo: Atlas, 2009.

SANTOS, Carlos Alberto; PINTO, Eduardo. **A influência da seleção de uma ferramenta correta na aplicação de torque na indústria automotiva**. São Paulo:SIMEA, 2008. Disponível em: <http://www.slideshare.net/Ricardara/explicao-sobre-torque-e-metodos-de-aperto>>. Acessado em: 15 abr. 2015.

SILVA, Christian L. **Competitividade: mais que um objetivo, uma necessidade**. Revista FAE Business, Curitiba: FAE Centro Universitário, n. 1, nov. 2001.

SLACK, Niegel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOARES, Antonio A. C. **Qualidade: estratégia de competitividade industrial – uma análise na indústria sul brasileira**. Florianópolis: UFSC, 1999. Acessado em 12/03/2015. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta99/soares/index.html>>.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa - Ação**. São Paulo:Cortez,1985.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.