



**Cristiano Marchalek de Mattos**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MELHORIA NO SISTEMA DE APERTO E  
FIXAÇÃO DE COMPONENTES PARAFUSADOS COM O USO DE NOVAS  
TECNOLOGIAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM**

Horizontalina - RS

**2018**

**Cristiano Marchalek de Mattos**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MELHORIA NO SISTEMA DE APERTO E  
FIXAÇÃO DE COMPONENTES PARAFUSADOS COM O USO DE NOVAS  
TECNOLOGIAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Sirnei César Kach, Me.

**Horizontina - RS**

2018

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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“Implementação de uma melhoria no sistema de aperto e fixação de componentes parafusados com o uso de novas tecnologias em uma linha de montagem”**

**Elaborada por:**

**Cristiano Marchalek de Mattos**

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

Aprovado em: 04/12/2018

Pela Comissão Examinadora

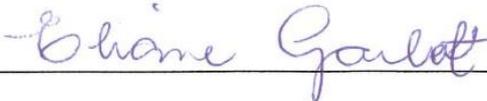
---



Mestre. Sirnei César Kach

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---



Mestre. Eliane Garlet

FAHOR – Faculdade Horizontalina

---



Mestre. Francine Centenaro

FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS**

**2018**

## Dedicatória

A todos os professores, que guiaram toda a jornada de estudos, amigos e colegas que de alguma forma ajudaram nessa trajetória.

Em especial a minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e me incentivar a buscar meus sonhos. Também a minha namorada que me auxiliou nessa trajetória me motivando e suportando nos momentos mais difíceis.

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade que me deste de poder buscar mais conhecimento e por meio deste me proporcionar grandes conquistas.

Meu agradecimento especial a Neda Motta que além de ser uma grande líder, acreditou em mim e me ajudou a adquirir uma bolsa a qual foi fundamental para eu conquistar a minha formação.

Agradeço a empresa que oportunizou esta pesquisa, e as pessoas que me auxiliaram na construção deste trabalho, principalmente a equipe deste projeto.

A equipe da Atlas Copco que suportou nas análises, escolha da solução, conhecimento técnico e pelo suporte despendido.

Juntam-se a estes os agradecimentos aos mestres que me mostraram o caminho para chegar aqui. Em especial ao meu orientador Mestre Sirnei César Kach, pela sua dedicação e conhecimento.

“O trabalho é um processo, e todo o processo tem de ser controlado. Para tornar o trabalho produtivo, portanto, requer-se a construção dos controles adequados para o processo de trabalho”.

(Peter F. Drucker)

## RESUMO

Atualmente, linhas de montagem estão sendo cada vez mais pressionadas a garantir seus processos de forma completa. Deste modo, seus equipamentos e ferramentas devem possuir características de aplicabilidade que realizem o processo de forma correta e dentro de parâmetros pré-estabelecidos. Montagens com torque fora do especificado podem significar produtos de baixa qualidade. Porém, para garantir aplicações de torque com o grau de exigência adequado, são necessários equipamentos robustos e capazes de detectar avarias no processo e impossibilitar que o processo continue errado, pois variações podem acontecer e, se estas fugirem aos parâmetros de qualidade, podem causar produtos defeituosos. Como em qualquer processo, uma linha de montagem possui necessidade de cumprir metas de qualidade e produtividade, o que torna complexo o ato de monitorar apertadeiras e seus resultados de aplicação de torque. Neste contexto, para a empresa em estudo, a lista de identificação de modos de falha apresenta como um dos principais a falta de aperto (não aplicado), baixa ou elevada aplicação de torque. A proposta deste trabalho é apresentar uma nova ferramenta de aperto para o controle dos processos relacionados a torques, em uma empresa multinacional localizada em Horizontina RS, que atua no ramo de maquinários agrícola. 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 através do método pesquisa ação. Sendo assim, os efeitos da aplicação de um controle de qualidade mais eficaz, com verificações e processos mais robustos, resultarão em equipamentos com maior confiabilidade, qualidade e redução de custos com retrabalhos, aumentando assim, a competitividade, diferenciação e posicionamento da empresa no mercado. Também aborda as principais causas priorizadas que levam às propostas de implementação de soluções de melhorias neste processo.

**Palavras-chave:** Qualidade. Torque. Controle do processo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de causa e efeito .....	22
Figura 2: Análise dos defeitos em uma linha de montagem .....	25
Figura 3: Interligação entre os conceitos.....	30
Figura 4: Ciclo PDCA de controle de processo .....	34
Figura 5: Junta parafusada.....	34
Figura 6: Aplicação de torque em uma junta .....	35
Figura 7: Análise do tipo de solução empregada .....	50
Figura 8: Levantamento dos tipos de ferramentas .....	51
Figura 9: Principais tipos de ferramentas utilizados na linha de colheitadeiras.....	52
Figura 10: Gráfico de Pareto para os postos de trabalho .....	53
Figura 11: Diagrama de causa e efeito .....	55
Figura 12: Apertadeira ETP TBP 81 55-10 (20-55 Nm), controladora e bateria com carregador .....	56
Figura 13: Proposta 1 versus Proposta 2 .....	61
Figura 14: Layout atualizado .....	65
Figura 15: Informação de aperto .....	69
Figura 16: Sequência de aperto para o montador .....	69
Figura 17: Gráfico de aperto.....	70
Figura 18: Relatório de reprovação de torque .....	70
Figura 19: Histograma de aperto.....	71
Figura 20: Melhorias após o ponto de corte .....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma de levantamento de dados .....	46
Quadro 2: Comparação do número de ocorrências e número de máquinas produzidas.....	54
Quadro 3: Observações reportadas pelos funcionários .....	56
Quadro 4: Dados para análise.....	59
Quadro 5: Resultado Análise Financeira .....	60
Quadro 6: Redução do tempo de montagem .....	64
Quadro 7: Valores gastos com a implementação.....	66
Quadro 8: Monitoramento do processo .....	67

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 TEMA .....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	14
1.4 HIPÓTESES.....	15
1.5 JUSTIFICATIVA .....	15
1.6 OBJETIVOS .....	16
<b>1.6.1 Objetivo Geral</b> .....	17
<b>1.6.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	18
2.1 QUALIDADE.....	18
<b>2.1.1 Determinantes da qualidade</b> .....	20
<b>2.1.2 Custos da qualidade</b> .....	20
2.2 FERRAMENTAS GERENCIAIS DA QUALIDADE.....	21
<b>2.2.1 Diagrama de causa e feito</b> .....	22
<b>2.2.2 Gráfico de Pareto (ou análise de Pareto)</b> .....	23
<b>2.2.3 Folha de verificação</b> .....	25
2.3 TÉCNICAS ASSOCIADAS À QUALIDADE .....	25
<b>2.3.1 Benchmarking</b> .....	26
2.3.1.1 Benefícios do <i>Benchmarking</i> .....	26
2.3.1.2 <i>Benchmarking</i> interno.....	26
2.3.2 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) .....	27
2.3.2.1 FMEA de Processo.....	27
2.4 TQM CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL .....	28
<b>2.4.1 Produtividade</b> .....	28
<b>2.4.2 Competitividade</b> .....	30
2.5 PROCESSO .....	31
<b>2.5.1 Relacionamento causa/efeito</b> .....	31
<b>2.5.2 Controle</b> .....	31
2.5.2.1 Controle de execução.....	32
<b>2.5.3 Problema</b> .....	32

2.6 MÉTODO DE CONTROLE DE PROCESSO.....	33
<b>2.6.1 O ciclo PDCA de controle de processo .....</b>	<b>33</b>
2.7 TORQUE .....	34
<b>2.7.1 A junta aparafusada .....</b>	<b>35</b>
2.7.1.1 Tipos de juntas .....	36
2.8 MANUTENÇÃO.....	36
<b>2.8.1 Papel da manutenção no sistema da qualidade da organização .....</b>	<b>36</b>
<b>2.8.2 Tipos de manutenção.....</b>	<b>37</b>
2.8.2.1 Manutenção corretiva .....	37
2.8.2.2 Manutenção preventiva .....	37
2.8.2.3 Manutenção preditiva .....	38
2.8.2.4 Manutenção detectiva .....	38
2.8.2.5 Engenharia de manutenção .....	38
2.9 PROJETANDO E DESENVOLVENDO PROCESSO DE PRODUÇÃO .....	38
<b>2.9.1 Operações de manufatura .....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.2 Fatores importantes que afetam a escolha de projetos de processo.....</b>	<b>39</b>
<b>2.9.3 Características das fábricas do futuro .....</b>	<b>40</b>
<b>2.9.4 As expectativas dos clientes.....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.5 Fontes da ruptura .....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.6 Quatro grandes impactos .....</b>	<b>42</b>
2.10 MÉTODOS DE ANÁLISE DE VIABILIDADE .....	43
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	47
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	48
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	49
<b>4.1.1 Tipos de ferramentas .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.2 Análise dos modos de falhas na linha principal.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.3 Análise de defeitos por postos de trabalho .....</b>	<b>53</b>
4.1.3.1 Análise dos dados .....	53
4.1.3.2 Análise das causas geradoras de defeitos em relação a torques .....	54
4.2 PROPOSTA DE MELHORIA.....	55
<b>4.2.1 Testes práticos com a solução escolhida.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.2 Escolha do posto de trabalho para implementação.....</b>	<b>58</b>
4.3 ANÁLISE FINANCEIRA E TÉCNICA .....	59

<b>4.3.1</b>	<b>Análise do retorno sobre o investimento</b>	<b>59</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Análise técnica</b>	<b>61</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Melhor ergonomia</b>	<b>62</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Melhoria de produtividade</b>	<b>64</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Arranjo físico</b>	<b>65</b>
<b>4.3.6</b>	<b>Valores investido na implementação</b>	<b>66</b>
<b>4.3.7</b>	<b>Monitoramento do processo</b>	<b>67</b>
<b>4.3.8</b>	<b>Definição do processo</b>	<b>68</b>
<b>4.3.9</b>	<b>Instalação</b>	<b>68</b>
<b>4.3.10</b>	<b>Integração e gerenciamento dos dados</b>	<b>68</b>
<b>4.3.11</b>	<b>Plano de contingência e tipo de manutenção abordada</b>	<b>71</b>
<b>4.3.12</b>	<b>FMEA</b>	<b>72</b>
<b>4.3.13</b>	<b>Melhorias de qualidade</b>	<b>74</b>
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICE A - Folha de verificação de ferramentas de aperto utilizadas na linha de montagem</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE B - Fluxo do processo para resolução de problema</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE C – Imagens da implementação do projeto</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE D – Cronograma do projeto</b>	<b>84</b>
	<b>APÊNDICE E – FMEA de processo</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas precisam agir de forma rápida às constantes mudanças nos volumes de produção, diversidade de produtos, prazos cada vez menores de entrega e acima de tudo com uma qualidade diferenciada. Contudo as indústrias têm um papel muito especial em busca da qualidade distinta e processos cada vez mais robustos, procurando cada vez mais o aumento da produtividade e redução dos desperdícios.

Qualidade, produtividade e satisfação dos clientes, são essenciais no planejamento estratégico de organizações que buscam a sobrevivência e destaque no mundo corporativo. Reduzir tempos, custos e defeitos são objetivos diários das empresas e, neste contexto, utilizam a aplicação de metodologias e ferramentas que apontam para reduções de variabilidade e para melhorias no desempenho de processos e produtos. Processos definidos e controlados, é a busca constante pelas organizações que integram a lista das mais competitivas no mundo dos negócios.

Para que as empresas possam se adequar a essa nova realidade, surge a necessidade de processos a prova de erros, que visam reduzir a probabilidade de erros que estão inerentes no processo. Esta nova realidade econômica fez as empresas buscarem maior eficiência nas operações e processos de gestão com investimento simultâneo em qualidade, tempo, flexibilidade e inovação. É nesse contexto que surgem os sistemas de produção modernos (ANTUNES, 2008).

Diante desta situação, este estudo abordará a situação real de uma linha de montagem de colheitadeiras, que apresenta problemas de qualidade nos processos de montagem, principalmente nos modos de falhas baixo torque, *over* torque, e parafusos soltos. Tendo essas premissas em mente, o trabalho busca novas tecnologias de aperto, ferramentas que empresas de classe mundial estão buscando para seus processos e a nova tendência *Smart connected assembly*<sup>1</sup> que visa uma integração total do equipamento com a sequência correta de aperto, valores de torque extremamente precisos, capazes de atender totalmente as necessidades e requisitos do projeto reduzindo a probabilidade de falhas, detectando variações no processo em tempo hábil para agir. Outro fator importante é mostrar melhorias também em ergonomia, pois as ferramentas atuais possuem uma vibração maior do

---

<sup>1</sup> *Smart connected assembly*: montagem conectada inteligente.

que as novas soluções disponíveis no mercado e oferecerá resultados positivos nesse quesito levando em conta que no processo de montagem temos muitas atividades repetitivas e que isso pode trazer lesões aos montadores colaboradores.

### 1.1 TEMA

Análise do processo produtivo, em um módulo de montagem de colheitadeiras e das ferramentas de aperto disponíveis em torno da linha, bem como a estratégia de torque que a empresa tem definida para atender as especificações de torque.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se ao estudo realizado em uma empresa de grande porte do segmento de máquinas agrícolas, localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

A elaboração desse projeto consiste em coleta de dados, geração de informações e implementação de uma melhoria na estratégia de torque em um posto de trabalho na linha de montagem de colheitadeiras. Este posto de trabalho, realiza o aperto das blindagens laterais da máquina onde possui um elevado número de apertos em cada modelo, com bitolas e especificações de torque diferentes para cada aplicação, bem como aplicações em blindagens de fibra e outras em metais.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A empresa estudada não possui um método robusto para garantia do processo de aperto, que atenda as especificações de torque de acordo com cada bitola, classe dos parafusos, tipos de juntas ou valores definidos pela engenharia do produto.

Com base no exposto, o problema de pesquisa caracteriza-se com a seguinte pergunta: quais equipamentos existentes no mercado poderiam reduzir falhas inerentes no processo, atendendo integralmente as necessidades de fábrica e controlar o processo de maneira eficaz?

## 1.4 HIPÓTESES

Existem ferramentas de aperto que utilizam um CLP (controlador lógico programável) que envia ao operador (a) o programa correto com o valor de torque que deverá ser aplicado em cada etapa do processo de montagem, de acordo com cada modelo de produto. Onde no caso uma etapa não seja seguida a ferramenta não permite seguir o processo, um dos principais benefícios da mesma, que é a busca do processo executado de forma correta.

As ferramentas oferecem orientações ao operador na forma de claros *feedbacks* de resultado via LED ou sinais de áudio. Essa solução possui um transdutor de torque na própria ferramenta e por ser eletrônica a bateria, proporciona mais liberdade ao operador e atenderá integralmente as especificações de projeto monitorando em tempo real o torque ângulo e quantidade de aperto.

Através das configurações que o equipamento tem disponível, é possível buscar históricos de aperto, gráficos do comportamento do processo de aperto, quais os passos rejeitados e aprovados.

Outra possibilidade é a redução de mangueiras de ar no posto, uma vez que o trabalho exercido por essas ferramentas é através de uma bateria recarregável.

Será possível buscar uma padronização na sequência de aperto dos conjuntos produzidos no posto. Pois é possível configurar uma sequência de aperto. Assim existe um alinhamento entre turnos de trabalho, bem como, para funcionários novos no posto que terão que seguir etapas exatamente iguais.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Na empresa alvo de estudo, percebeu-se uma dificuldade em atender as especificações de torque e a garantia de que o processo foi executado de acordo com a sequência de eventos. Percebe-se um aumento na taxa de defeitos e sabe-se que se tem um *défit*<sup>2</sup> de ferramentas para atender toda a gama de apertos, em função de restrições de infraestrutura.

Mais de 70% das ferramentas de aperto utilizadas na empresa são hidropneumáticas, onde estas trabalham com ar comprimido gerando instabilidade

---

<sup>2</sup> *Défit*: quantidade que está em falta para um valor numérico, correspondendo a diferença entre o valor previsto e o valor realmente obtido.

no sistema (esses equipamentos podem ter uma variação de  $\pm 20\%$  do valor que o equipamento foi especificado) e não fornecem um *feedback* para verificar se foi realizado o processo de acordo com o especificado, também não proporcionam uma garantia de que o equipamento utilizado está entregando a carga de trabalho de acordo com o que foi dimensionado para executar o processo.

Também em função da infraestrutura, atualmente utiliza-se a mesma ferramenta para várias aplicações de montagem dentro de cada posto. Isso porque seria inviável financeiramente ter uma apertadeira para cada tipo, classe, junta e especificação de torque.

Atualmente se conhece o percentual geral que este modo de falha representa nos indicadores de DPM<sup>3</sup>. Porém não exatamente quais postos são os maiores causadores e o motivo disso ocorrer de forma desproporcional, sendo que o conceito atual de ferramenta para as linhas de montagens é igual dentro da organização. Desta forma, este trabalho contribui com a empresa, pois apresentará um novo conceito de ferramentas de aperto, capaz de fornecer em tempo real o status de cada etapa do processo e conseqüentemente reduzir retrabalhos, impactos na produtividade, custos com falhas do processo e melhores resultados nos indicadores internos da empresa.

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.

## 1.6 OBJETIVOS

A partir do tema e do problema de estudo proposto, apresentam-se a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos.

---

<sup>3</sup> DPM: defeitos por máquina

### **1.6.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa ação abordando os defeitos por máquinas que seja oriundo dos modos de falhas relacionados a torque, bem como implementar melhorias a este processo através de análise comparativa entre o processo existente e após implementação das melhorias.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Levantar o número de defeitos por máquina de cada posto de trabalho na linha principal de colheitadeiras
- Verificar quais são as principais causas que originam a não conformidade
- Realizar um levantamento da quantidade de ferramentas disponíveis atualmente na linha de montagem e seus respectivos modelos
- Propor melhorias na estratégia de torque adotada pela empresa com base no estudo feito em um posto específico
- Análise da viabilidade técnica e financeira para o investimento.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para que seja possível o desenvolvimento da pesquisa proposta anteriormente, é preciso realizar um estudo mais aprofundado em relação aos assuntos que serão trabalhados e que devem servir de fundamentação para o estudo proposto. A revisão de literatura que segue, expõe de maneira concisa os assuntos fundamentais para o estudo.

### 2.1 QUALIDADE

Conforme Campos (1992) um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende os requisitos do projeto ou do que foi planejado, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente, ou seja, um produto ao qual o cliente adquirir e que esse traga segurança enquanto estiver em uso, sem interrupções por questões de falha e com baixo custo de manutenção.

O que define uma qualidade diferenciada é a preferência do consumidor. Pois é isso que garantirá a sobrevivência de uma empresa: a preferência do consumidor pelo seu produto em relação aos concorrentes. Se a percepção do cliente for de que o produto ou serviço é inferior ao dos seus concorrentes diretos e indiretos, há um grande risco de perder privilégios em função da percepção do cliente em cima do que ele está disposto a pagar (CAMPOS, 1992).

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

A qualidade passou por bastante mudança em sua concepção e enfoque no decorrer da história, porém ela sempre foi importante para organização e para o progresso. Nos últimos anos vários pesquisadores estudaram e estudam ferramentas para auxiliar no gerenciamento da qualidade (PALADINI, 2008). Contudo é difícil definir qualidade em poucas palavras, ressaltando que sua natureza complexa está conjecturada na extensa gama de definições existentes e referenciadas por vários pesquisadores. Encontram-se desde enfoques de cunho humanista até configurações eminentemente técnicas.

Importante destacar que a evolução do conceito de qualidade contribui a cada dia para que as organizações possam ser mais eficientes. (ROBLES JR.; BONELLI, 2006).

Segundo Rodrigues (2006), a qualidade atualmente consiste em padrões de produção e de gestão que tendem a uma globalização, utilizando e otimizando a cadeia de suprimentos e a apropriada tecnologia da informação, buscando conhecimento interdisciplinar para integração das ações organizacionais e a utilização de técnicas, ferramentas na busca da efetividade e encantamento do cliente.

Ao definir qualidade Robles Jr. e Bonelli (2006) afirmam que, é de praxe que a qualidade do produto está correlacionada ao término total destinado ao consumidor ou público alvo, isso seja na prestação de serviço ou mesmo o bem ou produto que a organização oferece ao mercado. Entretanto, os especialistas na gestão do gerenciamento ligados a qualidade, associam está como toda cadeia produtiva do processo, que engloba desde os processos em que o produto venha a ser materializado até sua finalização. A análise de todo processo em cada etapa já sugere que o produto final tenha as características e padrões adequados dentro do conceito da qualidade.

Conforme descrito na ISO 9001(2008), a explosão global dos mercados vem criando condições adicionais mais exigentes, a diferentes níveis, não só dos produtos, dos serviços e dos recursos humanos, mas também na gestão da organização como um todo. Estas exigências redefiniram o conceito da qualidade. Como disciplina científica, a qualidade passou a possuir uma agenda, um vocabulário próprio, técnicas, ferramentas e metodologias associadas às suas práticas.

A norma ISSO 9001 (2008), define qualidade como todas as características de um produto ou serviço que são requeridas pelo consumidor e o gerenciamento da qualidade como aquilo que a organização faz para assegurar que seus produtos estão de acordo com os requisitos do consumidor.

Os oito princípios da gestão da qualidade, de acordo com a NBR ISO 9001 (2008) são:

- a) Princípio 1: Foco no cliente;
- b) Princípio 2: Liderança;
- c) Princípio 3: Envolvimento das pessoas;
- d) Princípio 4: Abordagem de processo;
- e) Princípio 5: Abordagem sistêmica para a gestão;

- f) Princípio 6: Melhoria contínua;
- g) Princípio 7: Abordagem factual para a tomada de decisão;
- h) Princípio 8: Benefícios mútuos nas relações com os fornecedores.

Paladini (2008) relaciona que a gestão do fator humano se torna um dos grandes desafios para as organizações, pois a qualidade do produto ou do processo depende do comprometimento dos colaboradores, que está diretamente relacionado aos processos e determinam uma produção com qualidade.

### 2.1.1 Determinantes da qualidade

Para Gaither e Frazier (2001), uma questão chave é como obter a qualidade, e para isso são necessárias várias ações, tais como:

- **Qualidade do projeto:** após identificar quem são seus clientes, uma empresa tem de determinar o que seus clientes querem de seus produtos e serviços. Depois seus produtos e serviços são projetados para atender e mostrar aos clientes de modo que seja atendido a expectativa deles.
- **Capabilidade dos processos de produção:** os processos de produção devem ser elaborados e desenvolvidos para ter a capacidade de entregar produtos com os atributos desejados pelos clientes.
- **Qualidade de conformidade:** os locais de produção devem então ser dirigidos para produzir produtos e serviços que atendem às especificações do projeto e desempenho voltados às expectativas de qualidade dos clientes.
- **Cultura de qualidade da empresa:** toda empresa deve trabalhar com persistência para fazer o que é necessário para projetar, produzir e dar assistência técnica aos produtos e serviços que atendam os desejos dos clientes. Deve-se criar ações que visam a melhoria contínua da qualidade para que essa cultura seja percebida nos produtos e serviços entregue pelas empresas.

### 2.1.2 Custos da qualidade

Segundo Gaither e Frazier (2001), há custos associados com a qualidade do produto ou do serviço. Alguns desses custos estão ligados a como evitar a má

qualidade e outros considerado os piores é de quando ocorrer depois do problema má qualidade ocorrer. Entre esses custos estão:

- **Sucata e retrabalho:** ocorre quando os produtos apresentam defeitos ainda na fase de produção, eles têm de ser sucateados ou retrabalhados. Entre esses custos estão o de produzir os itens sucateados; custo de retrabalhar e retestar produtos defeituosos; e todos os custos de atrasos, reprogramação e outros aborrecimentos causados pelos produtos defeituosos.

- **Produtos defeituosos nas mãos dos clientes:** quando os produtos são enviados aos clientes, os custos podem ser enormes e intangíveis. Entre esses custos podem estar custos de garantia, processos ou acordos de responsabilidade pelo produto e os custos de devolução ou recolhimento e perda de negócio e freguesia.

- **Detectar defeitos:** o custo de todas as atividades que visam produtos e serviços que não estão de acordo com as especificações antes de saírem da fábrica e enviados para os clientes. Nesse contexto inclui os custos de inspecionar, testar e outras atividades de controle da qualidade.

- **Evitar defeitos:** os custos de treinar, representar graficamente o desempenho da qualidade para estudar tendências, revisar projetos, fazer mudanças nos processos de produção, trabalhar com os fornecedores e outras atividades que visam melhorar a qualidade e reduzir taxas de defeitos.

Cada um desses tópicos pode ser um custo alto para as empresas, mas é fato aceito que o custo de encontrar e lidar com produtos defeituosos pode representar 25% do custo de venda de várias empresas. A dedicação de encontrar defeitos e lidar com eles, tem sido a abordagem tradicional da gerência da qualidade (GAITHER e FRAZIER, 2001).

## 2.2 FERRAMENTAS GERENCIAIS DA QUALIDADE

Para ser possível trabalhar, medir e contextualizar a qualidade surgiram ferramentas que auxiliam nesse processo, as mais importantes delas serão tratadas na sequência.

## 2.2.1 Diagrama de causa e feito

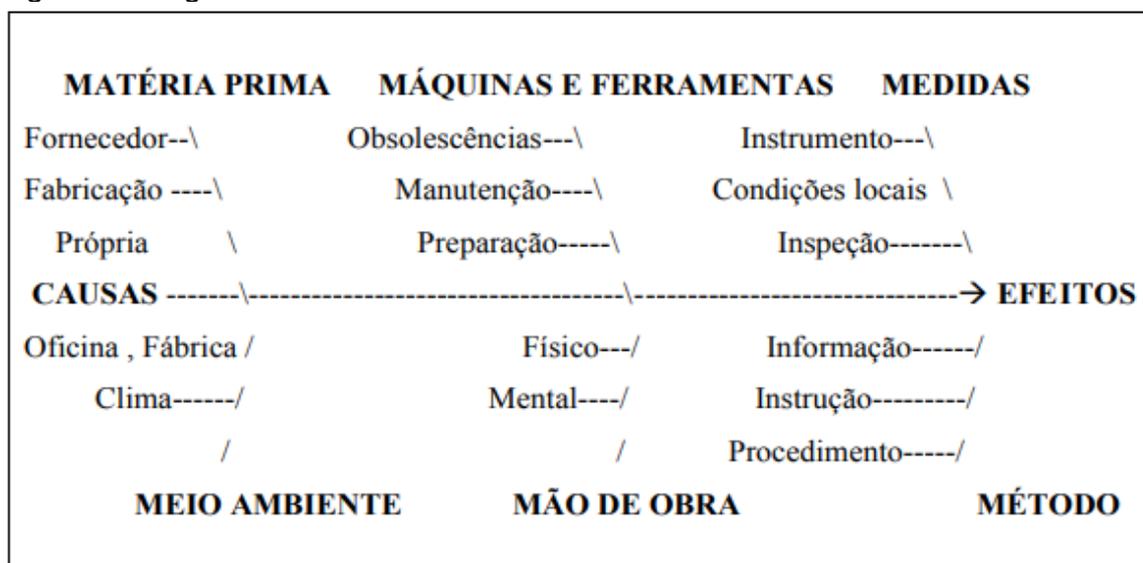
Conforme Miguel (2006) esse diagrama também conhecido como espinha de peixe devido a sua forma, consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito).

No diagrama de causa-efeito tem os seguintes propósitos:

- Definir o problema a ser estudado
- Informar as possíveis causas e colocá-las no diagrama
- Analisar as variáveis utilizando a metodologia 6M (mão-de-obra, máquina, matéria-prima, método, meio ambiente e medida).
- Analisar o diagrama e verificar as causas diretas e qual a correlação com o problema.

Basicamente, o resultado do diagrama é o fruto de um *brainstorming*, sendo o diagrama o elemento de registro e representação de dados e informações (MIGUEL, 2006). A Figura 1 mostra a estrutura de um diagrama de causa e efeito.

Figura 1: Diagrama de causa e efeito



Fonte: Miguel (2006).

O diagrama, por ser uma representação gráfica simples de ser construída e de fácil entendimento, traz diversos benefícios para a organização e para a equipe que a utiliza. Alguns desses benefícios são:

- Melhor visibilidade dos problemas;
- Identificação das possíveis causas;
- Hierarquização das causas encontradas;
- Registro visual que facilita futuras análises;
- Aperfeiçoamento dos processos;
- Exploração dos desdobramentos do problema;
- Envolvimento de toda a equipe na gestão da qualidade;
- Organização das ideias do grupo.

Para Miguel (2006), a espinha de peixe tem sua divisão baseada em causas primárias, que podem ser elas, os 6 M's. Onde podemos identificar as causas dos problemas analisando o todo. São esses dois tipos de causas primárias:

- **Método:** Da forma de execução do trabalho, de processos incorretos ou aplicados indevidamente.
- **Material:** Toda causa proveniente do material usado, na matéria-prima.
- **Máquina:** Causa que envolva a máquina, como ajustes incorretos ou defeitos mecânicos e elétricos.
- **Meio Ambiente:** Além dos fatores climáticos, agrega também situações políticas e de mercado que podem causar problemas.
- **Medição:** Avaliações feitas de forma incorreta e levantamento de dados impreciso.
- **Mão de obra:** Toda causa que envolva a ação de um colaborador.

### 2.2.2 Gráfico de Pareto (ou análise de Pareto)

Conforme Miguel (2006), o gráfico de Pareto consiste em organizar dados por ordem de importância, de modo a determinar as prioridades para resolução de problemas. É um gráfico usado para classificar causas (por ordem de frequência), que podem ser defeitos, não conformidades, etc. O gráfico é composto por colunas, onde os dados relacionados com percentuais e distribuídos nos eixos das abscissas em ordem decrescente. Sequência para a análise de um gráfico de Pareto pode ser sistematizada através dos seguintes passos:

- Listar os elementos que influenciam no problema.

- Medir a influência de cada elemento, ou seja, a frequência com que cada efeito acontece.
- Ordenar, em ordem decrescente, segundo a frequência de ocorrência de cada elemento.
- Construir a distribuição acumuladas.
- Interpretar o gráfico e priorizar a ação sobre os problemas.

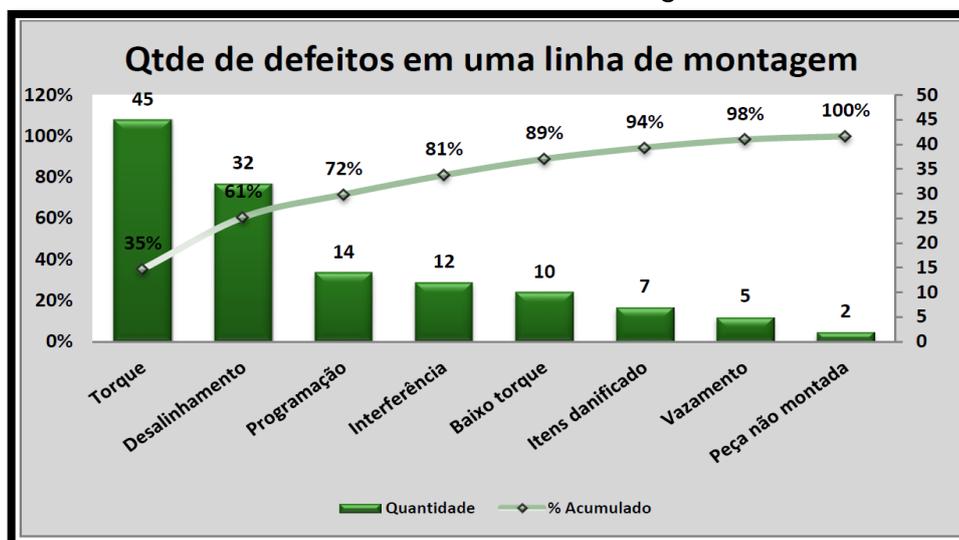
Depois de elaborado o gráfico, este pode ser dividido em regiões denominadas ABC do seguinte modo:

- **Região A:** problemas mais críticos (aproximadamente 20%).
- **Região B:** delimita em torno de 50% dos problemas e representa aqueles cuja análise é viável, desde que resolvidos os problemas da região A.
- **Região C:** determina a maior gama que, na realidade, representa os problemas menos graves e que devem ser avaliados se vale a pena trabalhar nessa região em função do impacto nos resultados serem baixos.

Para Nunes (2015) a análise de Pareto ajuda a classificar e priorizar os problemas em duas classes – os poucos problemas vitais e merecedores de maior atenção e os muitos problemas triviais e de certa forma desprezíveis. Este método, muito aplicado na área do controlo de qualidade e sempre que existem vários problemas relacionados entre si ou quando um problema apresenta diversas causas.

Segundo Miguel (2006), existe uma tendência de que 80% a 90% dos problemas são gerados por 10 a 20% das causas. Posteriormente, uma análise pode identificar quais as causas críticas devem ser atacadas para eliminação dos problemas (efeitos). A Figura 2 mostra um exemplo de um gráfico de Pareto.

Figura 2: Análise dos defeitos em uma linha de montagem



Fonte: Adaptado pelo autor (2018).

Pode-se concluir pela Figura 2 os modos de falhas mais críticos são o torque e o desalinhamento, ou seja, esses são os defeitos que devem ser trabalhados como prioridade.

### 2.2.3 Folha de verificação

Consiste em uma planilha na qual um conjunto de dados pode ser sistemicamente coletado e registrado de maneira ordenada e uniforme, permitindo rápida interpretação dos resultados. Permite a verificação do comportamento de uma variável a ser controlada, como por exemplo para registro de frequência e controle de itens defeituosos (MIGUEL, 2006).

Para Rezende (2014), as chamadas folhas de verificação seriam simplesmente planilhas, devidamente organizadas, onde é possível realizar anotações de um determinado levantamento de dados. Sua principal proposta é organizar a maneira como os dados serão observados pelo colaborador que realizar tal atividade e sua periodicidade, de forma que independente do colaborador, sempre seja possível observar os mesmos pontos de controle.

## 2.3 TÉCNICAS ASSOCIADAS À QUALIDADE

A seguir são descritas algumas técnicas associadas à gestão da qualidade. Essas técnicas são aqui consideradas como “associadas à qualidade”, pois parte delas não foram especificamente desenvolvidas para tal finalidade, ou seja, dirigidas

para qualidade, mas contribuem significativamente para a obtenção de melhor qualidade em produtos, serviços ou informações para gestão (MIGUEL, 2006).

### **2.3.1 Benchmarking<sup>4</sup>**

Conforme Miguel (2006), define benchmarking como a busca das melhores práticas que conduzem uma organização a um desempenho superior.

Basicamente é uma forma de comparar processos, práticas, funções e resultados com os líderes reconhecidos para identificar as oportunidades para melhoria da qualidade. Trata-se de um processo contínuo, que pode incluir a comparação de estratégias, produtos, serviços operações, processos e procedimentos. Essa comparação pode ser feita inclusive com líderes de ramos de atuação diferentes a organização.

#### **2.3.1.1 Benefícios do *Benchmarking***

Segundo Miguel (2006) os benefícios provenientes do uso do benchmarking são:

- A visão externa quebra barreiras contra mudanças e provoca motivação dos funcionários.
- Conscientização sobre as melhores práticas da empresa e sua busca
- Conquista de uma posição competitiva (as melhores práticas conduzem as melhorias).
- Atendimento mais adequado às exigências dos clientes.

#### **2.3.1.2 *Benchmarking* interno**

Para Miguel (2006) trata-se se uma comparação de desempenho entre unidades de negócio similares ou processos similares de diferentes unidades de negócio dentro da própria organização.

---

<sup>4</sup> *Benchmarking*: é um processo de comparação de produtos, serviços e práticas empresariais, e é um importante instrumento de gestão das empresas

### 2.3.2 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Para Miguel (2006), o FMEA é um método analítico para identificar e documentar de forma sistemática falhas em potencial, de maneira a eliminá-las ou reduzir sua ocorrência, através de uma metodologia estruturada que pode ser aplicada durante o estágio de desenvolvimento de novos produtos, mas também, para produtos correntes, ou processos novos e atuais. Na verdade, existem três tipos: FMEA de sistema, FMEA de projeto e FMEA de processo. Nesse exposto trabalho abordará somente o FMEA de processo.

Conforme Palady (1997) o FMEA oferece três funções distintas:

1. É uma ferramenta para prognosticar problemas
2. É um procedimento para desenvolvimento e execução de novos projetos ou revisão dos mesmos
3. É o diário do projeto, processo ou serviço

É uma das técnicas de baixo risco e muito eficiente para prevenção de problemas e identificação da melhor solução para reduzir falhas. Qualquer modificação que afete a qualidade ou confiabilidade do produto, deve ser avaliada e documentada no FMEA (PALADY, 1997).

#### 2.3.2.1 FMEA de Processo

Conforme Miguel (2006), o PFMEA de processo é usado para analisar o processo de fabricação e de montagem, deve ser conduzido quando o processo de fabricação já foi definido. Pode ser usado quando o processo foi alterado ou mesmo para analisar questões de qualidade relacionadas a eles. Dentre seus objetivos, pode-se citar:

- Identificar as deficiências nos processos para permitir implantação de controle para redução de ocorrência de produtos defeituosos;
- Identificar parâmetros críticos e relevantes dos processos, auxiliando na elaboração de planos de controle;
- Estabelecer prioridade para as ações de melhoria;
- Documentar as razões das alterações de projeto do produto para orientar futuros desenvolvimentos.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009) o FMEA de processo é uma técnica analítica utilizada pela equipe de desenvolvimento do processo para garantir que os

potenciais modos de falhas e seus efeitos sejam discutidos suficientemente. O estudo FMEA de processo, todas as etapas, os procedimentos e operações do processo são detalhadamente analisados em busca dos potenciais problemas.

## 2.4 TQM CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL

Numa era de economia global não é mais possível garantir a sobrevivência da empresa no mercado somente esperando resultado das pessoas. É preciso ter métodos, ferramentas e instruções que direcione e mobilize todos os funcionários de uma empresa, guiando-lhes para o mesmo objetivo (CAMPOS, 1992).

Conforme Campos (1992), o controle da qualidade total é regido pelos seguintes princípios básicos:

- Gerar produtos ou serviços que atendem integralmente às necessidades do cliente
- Manter a empresa ativa no mercado através da qualidade diferenciada mantendo um lucro contínuo
- Reagir de forma rápida aos problemas de acordo com a prioridade
- Tomar decisões baseadas em dados concretos e não em suposições.
- Gerenciar a empresa através do controle do processo e não pelos resultados que o processo apresentou. Neste momento a ação é tardia e o indesejável já aconteceu
- Reduzir de forma planejada as dispersões através do isolamento das causas reais para tal fato.
- Não permitir a saída de produtos defeituosos. O cliente não aceita isso e não está pagando para ter produtos os serviços com defeitos.
- Não permitir que os problemas se repitam pela mesma causa raiz.
- Respeitar os funcionários como seres humanos independentes.
- Estar alinhado com a visão e estratégia da empresa de acordo com o proposto pela alta direção.

### 2.4.1 Produtividade

Segundo Campos (1992), aumentar a produtividade é produzir cada vez mais e/ou melhor com cada vez menos recursos, ou seja, mais produção com menos

desperdícios no processo. O cálculo é a razão do que ela produz (output) e o que a empresa utilizou de recurso (input).

Conforme Schwab (2016), na última década a produtividade em todo o mundo (medida como a produtividade do trabalho ou a produtividade total dos fatores) manteve-se devagar, embora haver um crescimento exponencial do progresso tecnológico e dos investimentos em inovação.

A produtividade é o fator mais importante para o crescimento de longo prazo e padrões de vida crescentes. Esse modelo mais recente do paradoxo produtividade, o alegado fracasso da inovação tecnológica em conseguir níveis mais elevados de produtividade, é um dos maiores enigmas econômicos atuais, que antecede o início da grande recessão, e para o qual não há uma explicação satisfatória (SCHWAB, 2016).

Para aumentar a produtividade de uma organização, deve-se agregar o máximo de valor ao menor custo. O cliente não está disposto a pagar pela ineficiência de uma empresa ou pelo o que ela não gera de valor agregado, ou seja, o cliente não quer saber o que a empresa teve que fazer para entregar tal serviço ou produto, e sim, somente pelo produto ou serviço pronto e que seja viável para ele (CAMPOS,1992).

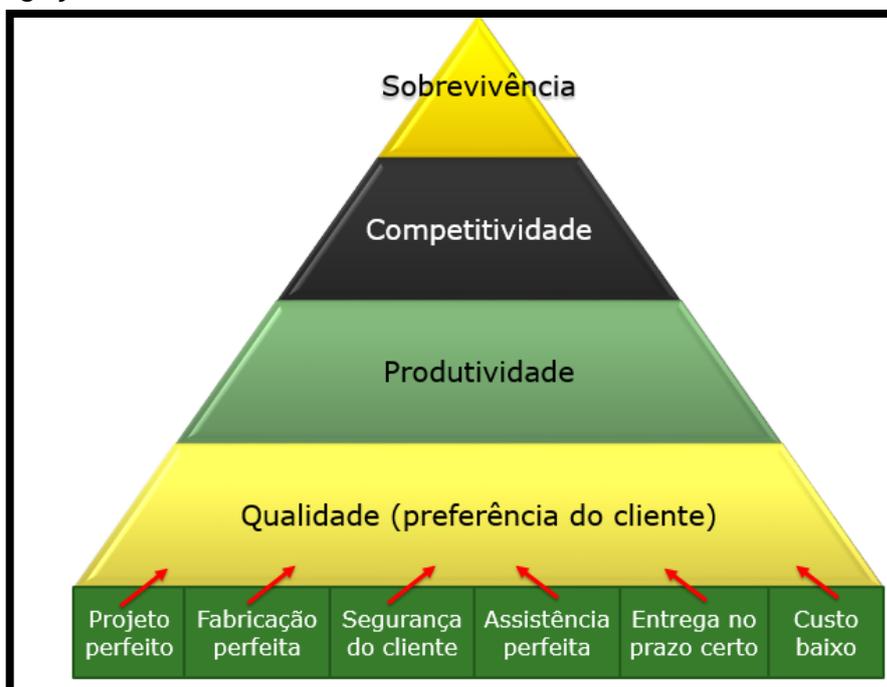
Quanto maior a produtividade de uma empresa, mais rentável ela é para a sociedade, pois está atendendo as necessidades dos clientes a um custo significativamente baixo. O seu lucro decorrente é o resultado do que a sociedade lhe paga pelo bom serviço prestado (CAMPOS,1992).

Para Gaither e Frazier (2001), a visão tradicional de controle de qualidade é de que para conseguir obter um produto com maior qualidade terá custos maiores para atender esse requisito. Porém não é essa visão que predomina. Atribui-se aos fabricantes japoneses a popularização de que a qualidade impulsiona a produtividade. Isso significa que se o setor de produção fizer certo da primeira vez e produzir produtos e serviços sem defeitos, elimina-se o desperdício e reduz os custos. Nesse contexto, quando gestores de operação trabalham para eliminar defeitos, a qualidade dos produtos melhora e a produtividade também. Os custos diminuem à medida que a qualidade do produto aumenta, porque perdem-se menos produtos para a sucata, devolve-se menos produtos para serviços dentro do período de garantia e há menos interrupções na produção.

### 2.4.2 Competitividade

Para Campos (1992), ser competitivo é ter a maior produtividade entre todos os seus concorrentes. O que realmente garante a sobrevivência das empresas é a garantia de sua competitividade. No entanto, estas variáveis estão todas interligadas: a garantia de sobrevivência decorre da competitividade, a competitividade decorre da produtividade e esta da qualidade (valor agregado), como mostra a Figura 3.

Figura 3: Interligação entre os conceitos



Fonte: Campos (1992).

Pode-se ver que os pilares da sobrevivência de uma empresa, está na construção de um projeto robusto ou serviço, com o um processo bem elaborado, que transmita confiança ao cliente e a certeza de que ele está fazendo a escolha certa, dentro dos prazos que foram combinados em um custo que ele está disposto a pagar pelo produto ou serviço. Como também, se falhas ocorrerem, que o suporte na resolução dos problemas seja eficaz fazendo com que ele mantenha a preferência pela sua empresa (CAMPOS, 1992).

Para Godoy (2015), não há mágica para sobreviver ao momento, mas uma junção de cinco fatores que, interligados, sustentam a produção e a competitividade. São eles:

- Alta produtividade
- Competitividade
- Disciplina
- Organização
- Suporte de referências técnicas que agregam conhecimento e experiência à atividade.

Tais condições levam ao princípio da qualidade, ou seja, entregar o melhor produto ou prestar o melhor serviço, ao menor custo, utilizando os recursos disponíveis, garantindo a sobrevivência de uma empresa e cultivando uma equipe de pessoas que saiba montar e operar um sistema, que seja capaz de projetar um produto que conquiste a preferência do consumidor a um custo inferior ao de seu concorrente (GODOY, 2015).

## 2.5 PROCESSO

Segundo Werkema (1995), a existência de um processo ocorre devido à 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.

### 2.5.1 Relacionamento causa/efeito

Para Werkema (1995) o controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos da empresa, desde o presidente até os operadores. Um fato importante do controle do processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito. Sempre que ocorrer um efeito indesejável, existe um conjunto de causas que influenciaram tal fato.

### 2.5.2 Controle

Para Campos (1992), são planejamentos padrões do processo com intuito de manter sob controle e saber localizar o problema, analisar o processo, padronizar e

estabelecer itens de controle com seus itens de controle de tal forma que o problema nunca mais ocorra. É necessário sempre replanejar o processo a fim de buscar sempre melhores resultados, conforme especifica (CAMPOS, 1992).

No TQC generaliza-se o conceito de “desastre” para todo resultado indesejável nas dimensões da qualidade total (qualidade, custo, entrega, moral e segurança).

Para Campos (1992), o conceito japonês de controle inclui o lado humano, onde toma como princípio a ideia de que o homem tem uma natureza boa. As pessoas são inerentemente boas e sentem satisfação por um bom trabalho realizado. Quando um problema ocorre, não existe um culpado! Existem causas que devem ser entendidas por todas as pessoas da empresa de forma voluntária.

#### 2.5.2.1 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 paralisação do processo durante a realização do mesmo. Assim, consiste em rodar o ciclo de retroalimentação repetidamente e realizar a verificação periodicamente (JURAN, GODFREY, 1999).

#### 2.5.3 Problema

Segundo Campos (1992) um problema é o resultado indesejável de um processo. Devido ao item de controle medir o resultado final, pode-se dizer que um problema é algo que um determinado cliente ou processo não está satisfeito.

Pode-se observar que o único critério da existência de um problema é o responsável pelo processo estar ou não satisfeito com os resultados mostrados pelos seus itens de controle. No passado os gerentes ganhavam mérito se não tinham problemas em suas áreas. Nos dias de hoje isso é totalmente ao contrário. Pois quanto mais problema um gerente tiver, significa que seu processo tem melhorias contínuas para serem executadas e para isso ele representa tal cargo. Ter problemas, significa ter a oportunidade de melhorar constantemente seus processos e entregar um produto ou serviço com uma melhor qualidade e redução de custo de processamento (CAMPOS, 1992).

As pessoas em geral têm dificuldades de localizar concretamente seus problemas, reconhecê-los e agir de forma eficaz buscando desenvolvimento e aperfeiçoamento através das lições aprendidas (CAMPOS, 1992).

## 2.6 MÉTODO DE CONTROLE DE PROCESSO

Para garantir a qualidade é necessário empregar algum método que é testado e aprovado. Nesse estudo será seguido praticas do modelo PDCA, o qual estará sendo abordado na sequência.

### 2.6.1 O ciclo PDCA de controle de processo

Para Campos (1992) o controle do processo, é exercido através do ciclo PDCA, que é composto por quatro fases básicas do controle: planejar, verificar, executar, verificar e atuar corretivamente.

Os termos no ciclo PDCA tem o seguinte significado conforme Campos (1992):

- Planejamento (P): definir as metas e o método para atingir as metas propostas
- Execução (D): realizar as ações definidas no plano e coleta de dados para verificação do processo.
- Verificação (C): checar os resultados alcançados com os objetivos planejados através dos dados coletados na execução.
- Atuação corretiva (A): agir em cima dos desvios detectados de forma a fazer correções definitivas para que tal ocorrência não volte a acontecer.

Esta metodologia pode e deve ser utilizada em qualquer parte de uma organização, desde processos produtivos e administrativos, para o gerenciamento, manutenção e melhoria de processos e também para a solução de problemas, visando à obtenção de melhores resultados e melhoria contínua. Na Figura 4 ilustra as quatros fases do ciclo PDCA (CAMPOS, 1992).

Figura 4: Ciclo PDCA de controle de processo



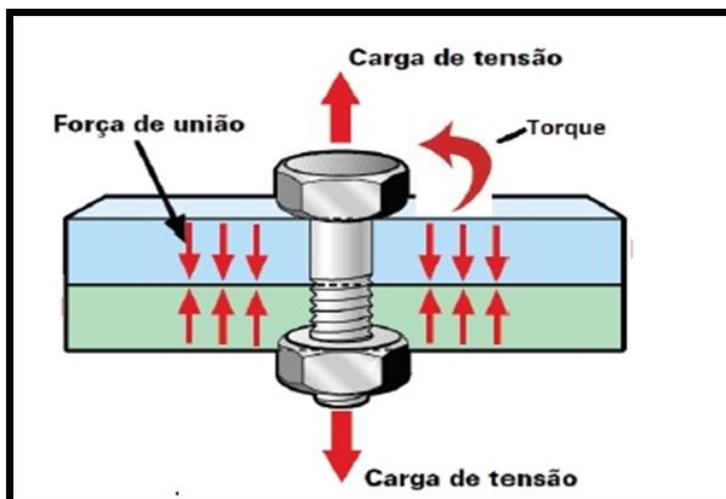
Fonte: Werkema, apud Campos (2012).

De forma geral, pode-se ver na Figura 4 as fases do ciclo e no que consiste cada uma delas.

## 2.7 TORQUE

Conforme Atlas Copco (2003), existem várias definições para torque e suas aplicações. Considerou-se nesta análise que o torque ou momento da força é a grandeza utilizada para medir a força de união de uma junta aparafusada, conforme Figura 5. Para especificar o torque, se faz necessário considerar as exigências de qualidade da junta em questão

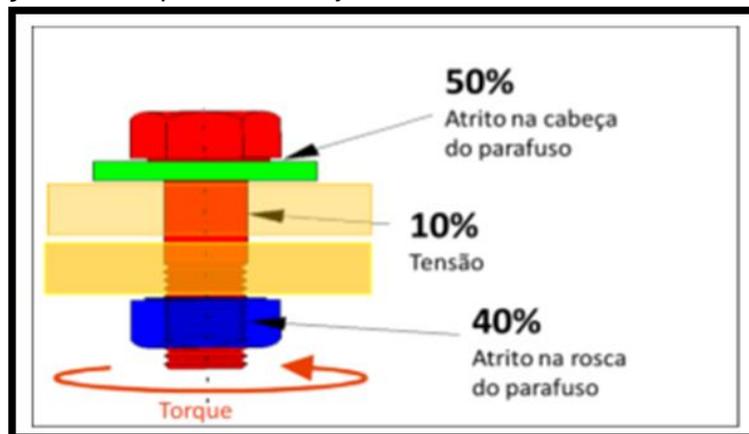
Figura 5: Junta parafusada



Fonte: Atlas Copco (2003).

Ainda na Figura 6 pode-se ver o esforço em cada região do parafuso e da junta.

Figura 6: Aplicação de torque em uma junta



Fonte: Atlas Copco (2003).

Conforme a imagem da Figura 6 percebe-se que o maior esforço está concentrado na região da "cabeça" do parafuso, em seguida na região da rosca do parafuso, onde o restante é na parte lisa do parafuso.

### 2.7.1 A junta aparafusada

Conforme Barrios (2009) os elementos que formam uma rosca "junta aparafusada" são: dois ou mais materiais que serão unidos; por um parafuso ou parafuso e uma porca externa ou intrínseca em um dos materiais. 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. O Parafuso e a "junta" são mecanismos que armazenam energia (proveniente do torque aplicado). À medida que eles se apertam, sua energia potencial aumenta. Alongamento e estresse (compressão) fazem com que a "junta" permaneça "fixa" e seja capaz de reagir às cargas através do trabalho normal e permanecer completa sem falhas durante sua vida útil.

### 2.7.1.1 Tipos de juntas

A 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 sem flexível. Abaixo estão colocadas as classificações das juntas conforme ISO 5393:

- De 0 a 30 graus “junta extremamente rígida”
- De 31 a 120 graus “junta rígida”
- De 121 a 270 graus “junta media”
- De 271 a 720 “junta flexível”
- De 721 acima “junta extremamente flexível”

## 2.8 MANUTENÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2001), há pouco tempo atrás a manutenção tinha o conceito de que a sua missão era de restabelecer as condições originais dos equipamentos e sistemas. Porém atualmente a sua missão é garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

### 2.8.1 Papel da manutenção no sistema da qualidade da organização

Para Kardec e Nascif (2001), a competitividade de uma organização depende de uma série de fatores que se interligam através de relações extremamente fortes e interdependentes. Nesse contexto a manutenção tem um papel muito significativo pois, para cumprir a sua missão, ela precisa atuar como elo de ligação com engenharias, suprimento, inspeção de equipamentos, dentre outros, para atender ao cliente interno, que é a operação.

## 2.8.2 Tipos de manutenção

A maneira de como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza qual o tipo de manutenção existente. Existe uma variedade grande de denominações para classificar a atuação da manutenção. Com isso, essa diversidade provoca confusões na caracterização dos tipos (KARDEC e NASCIF, 2001).

### 2.8.2.1 Manutenção corretiva

Para Kardec e Nascif (2001) é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Desse modo, a ação principal na manutenção corretiva é corrigir ou restaurar as condições iniciais do equipamento antes de ter falhado. A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- **Manutenção corretiva não planejada:** nada mais é do que a correção da falha de maneira aleatória. Caracteriza-se pelo fato já ocorrido em que precisou da atuação da manutenção. Nesse caso não há tempo para preparação do serviço e normalmente esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois a quebra inesperada pode gerar perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

- **Manutenção corretiva planejada:** é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por uma decisão gerencial, ou seja, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão estratégica de operar até quebrar.

### 2.8.2.2 Manutenção preventiva

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva busca obstinadamente evitar a ocorrências de falhas, ou seja, prevenir falhas. De modo geral é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho do equipamento, seguindo a um plano previamente desenvolvido, baseado em intervalos definidos de tempo (KARDEC e NASCIF, 2001).

### 2.8.2.3 Manutenção preditiva

Também conhecida por manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento. Em outras palavras, é a atuação realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, onde o acompanhamento segue rigorosamente uma sistemática. Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos através de acompanhamento de parâmetros que permitam a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível (KARDEC e NASCIF, 2001).

### 2.8.2.4 Manutenção detectiva

É a atuação efetuada em sistemas de proteção visando identificar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade (KARDEC e NASCIF, 2001).

### 2.8.2.5 Engenharia de manutenção

É a segunda quebra de paradigma na manutenção. Praticar a engenharia de manutenção significa mudança cultural de uma organização. É deixar de consertar continuamente, para buscar as causas básicas de tal evento, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas e interferir tecnicamente nas compras (KARDEC e NASCIF, 2001).

## 2.9 PROJETANDO E DESENVOLVENDO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Para Gaither e Frazier (2001) os avanços nas tecnologias estão mudando a maneira pela qual as organizações administram suas operações e tomam decisões. Os clientes esperam cada vez mais produtos de qualidade mais alta a preços mais baixos e entrega mais rápida. Por esse motivo, o planejamento e desenvolvimento de processos se torna algo vital para o negócio.

Na sequência estará sendo tratado como funciona, a importância e as melhores práticas a serem empregadas no processo produtivo.

### **2.9.1 Operações de manufatura**

Conforme Gaither e Frazier (2001), para obter sucesso as empresas precisam desenvolver uma infraestrutura que lhes permita:

- Construir e projetar rapidamente novos produtos com qualidade diferenciada e comprometer-se em melhorar continuamente os projetos de produtos existentes.
- Desenvolver sistemas flexíveis de produção e que consigam realizar de forma rápida produtos de alta qualidade baixo custo e que possam se moldar aos desejos dos clientes.

Gaither e Frazier (2001) afirmam que para conquistar esses resultados exige ações fundamentais no modo de como as empresas planejam e desenvolvem produtos e processos de produção. Mesmo sendo de alto custo e consomem tempo, essas metas prometem mudar significativamente não somente a aparência das empresas, mas também a maneira de elas agirem e se comportarem. Projetar e desenvolver produtos e processos de produção são elementos chaves em estratégias robustas nos dias de hoje. Quando os produtos são projetados, podemos dizer que:

- As características detalhadas de cada produto são definidas.
- As características de um produto é o que define que estratégias serão adotadas para manufaturar o produto
- A forma de como o produto será produzido é o que determina o tipo do sistema de produção.
- O projeto do produto afeta diretamente sua qualidade, custos de produção e a satisfação do cliente.

### **2.9.2 Fatores importantes que afetam a escolha de projetos de processo**

Para Gaither e Frazier (2001), podemos citar cinco principais fatores que afetam a escolha do processo. Abaixo estão eles.

- Origem da demanda por produto/serviço: padrões de demanda e relações de preço-volume
- Nível de integração vertical
- Flexibilidade de produção: produto e volume

- Grau de automação
- Qualidade do produto

### 2.9.3 Características das fábricas do futuro

Conforme Gaither e Frazier (2001) atualmente já existem fábricas do futuro e cada vez se intensifica mais esse tipo de organização que possui características fortes, tais como:

**1. Elevada qualidade do produto:** um produto com baixa qualidade e variações oriunda de processos manuais serão evitadas. A automação permitirá uma qualidade do produto diferenciada. A demanda por produtos de baixa taxa de defeitos no mercado garantirá uma qualidade que essa característica seja prioridade em qualquer organização.

**2. Elevada flexibilidade:** novas tecnologias será usada no projeto de processos de produção de uma forma muito flexível. Muitos modelos de produtos serão fabricados para atrair mercados que exigem variedade de produtos.

**3. Rápida entrega de pedidos dos clientes:** com a redução de lotes, operações que podem ser alteradas de forma rápida e alto número de produção, os pedidos serão produzidos em um menor espaço de tempo.

**4. Transformada economia de produção:** na fábrica automatizada haverá uma alteração na forma de calcular os custos fabris. Onde os custos fixos passaram a ser variáveis e os variáveis custos fixos. Nesse novo conceito o custo fixo será predominante e os custos variáveis mais significativos serão apenas os gastos com materiais e gastos gerais. Os custos predominantes serão gastos como os de escritórios e funcionários administrativos, engenharia, ferramentaria, manutenção, utilidades e software.

**5. Sistemas acionados por computador e integrados por computador:** O sistema CAD/CAM será a base para elaborar projetos e processos. Tudo isso integrará os processos e armazenará em um banco de dados comum.

**6. Mudanças na estrutura organizacional:** na fábrica automatizada o pessoal de operações terá um outro perfil, mais semelhante com o pessoal do staff. As áreas de suporte à produção como por exemplo a manutenção, qualidade, engenharia, administração da mudança tecnológica, desenvolvimento e manutenção

de software e projetos de robótica e automação terão a maior responsabilidade nas atividades de organização.

Conforme Gaither e Frazier (2001) os investimentos em inovação em tecnologia de produto e processo deve trabalhado diferentemente do contexto das decisões de investimento de projeto a projeto. O investimento em tecnologia deve ser visto como uma opção estratégica de longo prazo para a organização. Não obstante os retornos sobre o investimento serem um importante critério para as decisões de investimento, os termos retornos assumirá um novo e ampliado significado. Como por exemplo melhora da qualidade do produto, entregas mais rápidas, melhoria da flexibilidade de produto e volume, redução de custos de produção, aumento do *Market Share*<sup>5</sup>, e outras vantagens deverão ser levadas em conta nas decisões de orçamento de capital futuro.

#### **2.9.4 As expectativas dos clientes**

Os clientes estão cada vez mais no centro da economia digital, a qual relaciona de como eles são atendidos. As expectativas dos clientes estão sendo alteradas à medida das suas experiências (SCHWAB, 2016).

Para Schwab (2016) a maioria das empresas afirmam estar centradas no cliente, mas isso está muito próximo deste conceito ser testado a medida que os dados em tempo real e as análises forem aplicadas ao modo que servem e atendem seus clientes. A era digital trata do acesso e uso de dados, refinando produtos e experiências, promovendo um mundo de ajustes e melhorias contínuas, garantindo, ao mesmo tempo, que a dimensão humana da interação continue a ser o cerne do processo.

#### **2.9.5 Fontes da ruptura**

Várias fontes de ruptura causam diferentes impactos nos negócios. Do lado da oferta, muitas indústrias estão vendo a introdução de novas tecnologias que criam formas completamente novas de atender às necessidades efetivas e causar grandes rupturas nas cadeias de valor existentes (SCHWAB, 2016).

---

<sup>5</sup> Market Share: Grau de participação de uma empresa no mercado em termos das vendas de um determinado produto; fração do mercado controlada por ela.

Para Schwab (2016) as rupturas também proverão pelos competidores ágeis e inovadores que, buscando dados nas plataformas digitais globais para pesquisa, desenvolvimento, marketing, vendas e distribuição, poderão ultrapassar os operadores históricos com uma velocidade jamais vista, melhorando a qualidade, a velocidade ou o preço da entrega de valor. Este é um dos motivos dos líderes comerciais consideram que sua maior ameaça são os concorrentes que ainda não são considerados como de fato um potencial à altura. Porém, também seria um erro achar que a ruptura competitiva virá somente dos startups.

No lado da demanda também causaram descontinuidades, como por exemplo a crescente transparência, o engajamento dos consumidores e os novos padrões de comportamento dos consumidores, que estes estão cada vez mais baseados no acesso a dados e redes móveis, que forçam as empresas a adaptarem o *design*, a propaganda e as formas de entrega de produtos e serviços existentes e novos (SCHWAB, 2016).

De modo geral, Schwab (2016) diz que o impacto da quarta revolução industrial nos negócios é como uma mudança implacável da digitalização simples que caracterizou a terceira revolução industrial para um modo muito mais complexo e inovação com base na combinação de várias tecnologias e em novas formas. Porém o essencial permanece a mesma, onde os líderes empresariais precisam entender que as rupturas afetam a demanda e a oferta de seus negócios, e isso deve obrigá-los a desafiar os seus empregados a encontrar novas maneiras de fazer as coisas, ou seja, inovar continuamente.

#### **2.9.6 Quatro grandes impactos**

Schwab (2016) ressalta que a quarta revolução industrial possui quatro marcos principais aos negócios de todas as indústrias.

1. As expectativas dos clientes estão mudando a cada dia;
2. Os produtos estão sendo melhorados pelos dados, e isso aumenta a produtividade dos ativos;
3. Estão sendo criadas novas parcerias, conforme as empresas se dão conta da importância dessa nova metodologia;
4. Os modelos operacionais estão sendo transformados em novos modelos digitais.

## 2.10 MÉTODOS DE ANÁLISE DE VIABILIDADE

A análise de viabilidade visa compreender as estimativas de retorno sobre investimentos para novos projetos. Para Santos (2001) “as decisões de investimentos são importantes para a empresa porque envolvem valores significativos e geralmente têm um alcance de longo prazo”.

Para melhor conseguir analisar a viabilidade existem vários métodos para avaliar se o ganho que podasse obter em um projeto é viável no ponto financeiro, o mais conhecido deles é a análise da TIR (taxa Interna de Retorno) que representa a rentabilidade gerada pelo investimento.

Conforme conceitua Santos (2001) a TIR de um investimento é o percentual de retorno obtido sobre o saldo do capital investido e ainda não recuperado. Assaf Neto (2011) afirma que TIR “é a taxa de juros que faz com que o valor presente das entradas esperadas de caixa se iguale ao valor presente das saídas de caixa determinadas pelo investimento”.

O cálculo do FAC depende do conhecimento da TIR, que será calculada utilizando a equação abaixo:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t - FC_0}{(1 + i)^t}$$

FC<sub>0</sub>: é o investimento inicial;

FC<sub>t</sub> = Fluxo de caixa previsto no projeto para cada intervalo de tempo;

*i* = taxa de desconto;

*t* = período de tempo;

*n* = tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Matematicamente, a taxa interna de retorno é a taxa de juros que iguala o valor presente das entradas de caixa ao valor presente das saídas de caixa, ou seja, é a taxa que com o valor atual das entradas seja igual ao valor atual das saídas de caixa.

Outro método importante de ser analisado é o VPL (Valor Presente Líquido), segundo Marquezan (2006), o VPL é o valor das somas algébricas de fluxos de caixa futuros, descontados a uma taxa de juros compostos, em uma determinada data.

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma fórmula matemática-financeira utilizada para calcular o valor presente de uma série de pagamentos futuros descontando a uma taxa de custo estipulada de capital.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCt - I_0}{(1 + i)^t}$$

FCt = é um fluxo genérico para t = (0... n) que pode ser positivo (ingressos) ou negativo (desembolsos);

I<sub>0</sub>: é o investimento inicial;

i = taxa de desconto;

t = período de tempo;

n: é o número de períodos do fluxo.

Santos (2001) ainda destaca que se o VPL é maior do que zero, significa que o investimento é vantajoso, pois existe lucro econômico, já que o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa.

Outro critério importante é a análise do Payback, que nada mais é do que o período de recuperação do Investimento, ou seja, é o período de tempo necessário para que as entradas de caixa geradas por um determinado projeto se igualem ao valor do investimento Segundo Assaf (2011) para o cálculo do Payback Descontado “deve-se primeiro trazer cada uma das entradas de caixa a valor presente, descontando esses fluxos a uma taxa de juros que represente a rentabilidade mínima (custo de oportunidade) exigida pela empresa na aceitação do projeto”.

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n$$

FCC (t) é o valor presente do capital, ou seja, o fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante t;

I é o investimento inicial (em módulo), ou seja, -I é o valor algébrico do investimento, localizado no instante 0 (início do primeiro período);

R<sub>j</sub> é a receita proveniente do ano j;

C<sub>j</sub> é o custo proveniente do ano j;

i é a taxa de juros empregada;

j é o índice genérico que representa os períodos j = 1 a t.

Em outras palavras, o Pay-back é o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido, e o risco do projeto de investimento aumenta à medida que o Pay-back se aproxima do final do horizonte de planejamento (SOUZA; CLEMENTE, 2004).



### 3 METODOLOGIA

Para o presente trabalho, foi necessário fazer uma análise do cenário para saber quais equipamentos possui em cada posto de trabalho, bem como, modelo, capacidade e aplicação. Nessa etapa foi necessário realizar um cronograma planejando as semanas e os respectivos postos de trabalho que seriam analisados os equipamentos.

Essa etapa teve suporte integral de um representante técnico da empresa Atlas Copco, que além de suportar nas análises, pode recomendar o melhor equipamento para cada aplicação visando os objetivos específicos do projeto.

No cronograma abaixo conforme o Quadro 1 há intercalação nas semanas em função da disponibilidade do técnico da Atlas, onde foi encaixado junto às suas visitas técnicas essa atividade.

Quadro 1: Cronograma de levantamento de dados

<b>Cronograma de levantamento de dados</b>			
<b>Semana</b>	<b>Postos de trabalho</b>	<b>Responsável</b>	<b>Status</b>
Semana 27	Posto 0	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 27	Posto 1	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 27	Posto 2	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 27	Posto 3	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 27	Posto 4	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 5	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 6	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 7	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 8	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 9	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 29	Posto 10	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 32	Posto 11	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 32	Posto 12	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 32	Posto 13	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 32	Posto 14	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>
Semana 32	Posto 16	Funcionário + representante Atlas copco	<b>Concluído</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Conforme Marconi e Lakatos (2010), método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o

objetivo, dados confiáveis, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões. A metodologia da pesquisa-ação utilizada no trabalho exposto tem como finalidade coletar informações e analisar as mesmas, tendo como foco o resultado positivo do trabalho proposto, abordando informações relevantes para o desenvolvimento e execução das etapas.

A característica principal dela, portanto, é a interferência do escritor para a mudança dos fenômenos. O autor deve ser proativo na investigação, como também deve propor ações e depois avaliar os resultados obtidos após implementação.

Desse modo, para realizar uma pesquisa-ação, o autor deve identificar um problema prático de uma comunidade. Em seguida, deve elaborar um projeto com ações para a solução desse problema. Por fim, restaria avaliar as mudanças ocorridas.

### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Os métodos e as técnicas empregadas nesta fase visam estabelecer a sequência das atividades, 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, dar andamento a elaboração do trabalho. Nessa etapa, busca-se entender em quais postos de trabalho apresentam maior número de defeitos relacionado a torque. Como também as causas que geram esse modo de falha e sua magnitude referente ao resultado indesejado no produto.

A partir disso, a realização de uma nova pesquisa buscando novas tecnologia em equipamentos de aperto, rastreabilidade e controle do processo produtivo para um produto melhor e com um processo sob controle.

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.

Nessa análise foi avaliado mais de 500 operações de aperto, verificando em cada posto de trabalho o tipo de ferramenta e aplicação.

Para esse trabalho foi utilizada uma ficha de observação conforme apêndice A, tendo suporte da empresa Atlas Copco buscando preencher dados necessários

para as próximas atividades. Os dados foram devidamente organizados na planilha para posterior análise do levantamento de dados.

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para esse projeto foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Apertadeira ETP TBP 81 55-10 (20-55 Nm) com 5500 rpm da empresa Atlas Copco para os testes operacionais em linha
- Um carregador de bateria de LI-ION 36 V de 2.6 Ah para a ferramenta de aperto
- Uma controladora modelo *Power focus* 6000 para gerenciar os programas de aperto e realizar a comunicação da ferramenta de aperto
- Um roteador para melhorar o sinal de *wi-fi* dentro da fábrica
- Software ERP SAP para análise de dados de falhas
- Ferramentas do *office* para elaboração dos materiais: Excel, *Word* e *PowerPoint*
- Computadores para análise e processamento de dados
- Cronômetro para coleta de tempos

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa, é 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 a situação atual da empresa e, a identificação dos modos de falhas do sistema de aperto, impactando no processo, buscando ainda históricos sobre o mesmo. A segunda 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. Na terceira etapa verificou-se os benefícios da implementação da nova tecnologia empregada pelo estudo.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Na empresa de estudo há vários modelos de ferramenta de aperto e muitos projetos elaborados pela engenharia visam melhorias nesse aspecto, esse trabalho busca uma solução nova e diferenciada no que compete ao tema e estará sendo abordada neste tópico. Conforme requerido pela empresa estudada, a utilização de valores numéricos absolutos não pode ser aplicada, sendo assim utiliza-se percentuais referenciando os dados analisados.

Como fundamento para essa proposta, foram consideradas: a avaliação da tecnologia empregada nos processos já existentes; o auxílio da empresa parceira fornecedora de ferramentas de torques e; a base teórica dos diversos autores citados na revisão bibliográfica. Estas informações são fundamentais no transcorrer da proposta, concebido pelas seguintes etapas.

#### 4.1.1 Tipos de ferramentas

Realizou-se uma análise para verificar os tipos de ferramentas disponíveis na linha de montagem. Neste estudo, analisou-se 62,5% das ferramentas existentes em toda a linha principal de montagem (excluindo-se apenas os postos de inspeção, testes e retrabalhos). O intuito desse inventário, foi verificar as respectivas quantidades de máquinas na linha, bem como o tipo e ainda se ela fornece um *feedback* do processo. Neste trabalho se utilizou uma folha de verificação conforme apêndice A que traz informações importantes para as demais análises, tais como:

- Local onde foi realizado o levantamento de dados
- Modelo de máquinas que utiliza cada ferramenta
- Posto de trabalho
- Nome da ferramenta
- Modelo de acordo com as especificações técnicas
- Para qual valor de torque está regulada
- Em por fim, qual a variação de carga permitida

Conforme a Figura 7, pode-se verificar que somente 8% dos equipamentos são capazes de fornecer informações do processo, tais como data e hora da execução, torques aprovados e reprovados, ângulo, velocidade de aperto e em qual chassis foi aplicado torque.

Figura 7: Análise do tipo de solução empregada

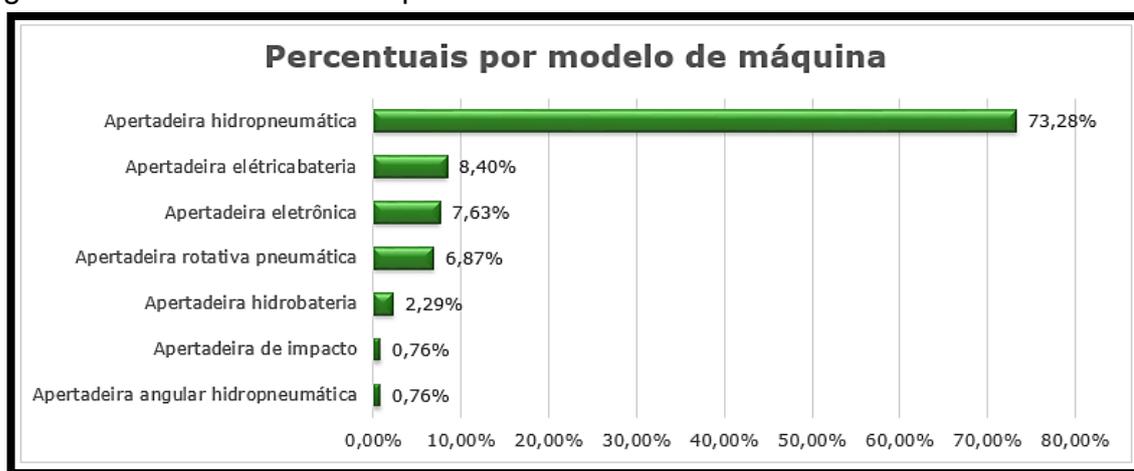


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nesse gráfico, observa-se um grande potencial que existe de melhoria no processo de aperto. Pois 92% dos equipamentos utilizados nessa linha de montagem não se tem garantia de que o processo foi executado da forma correta, ou seja, estão totalmente sob responsabilidade do operador (a) a disciplina na execução.

Além disso, foi realizado um levantamento através de uma ficha de verificação conforme citado no apêndice A, para entender quais são os atuais equipamentos utilizados no processo de aperto. Na Figura 8 é possível verificar que mais de 70% dos equipamentos são apertadeiras hidropneumáticas, ao qual funcionam através de ar comprimido vindo das instalações. Esse conceito de ferramenta varia até +/- 20% do valor oferecido de carga de trabalho.

Figura 8: Levantamento dos tipos de ferramentas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Mesmo com novas tecnologias de aperto e garantia do processo, equipamentos que conseguem fornecer *feedback* do processo, ocupa um espaço bem pequeno nas fábricas em função de custo. As ferramentas eletrônicas atualmente são utilizadas para aplicações em que são críticos para qualidade e segurança. Normalmente envolve faixas de torques em que a tolerância é menor ou igual a 10%. Como também, torques elevados em que não é possível fazer com ferramentas convencionais sem uma estrutura mais robusta.

Na Figura 9 foi exposto algumas imagens que retratam os quatros principais conceitos de equipamentos utilizados na empresa.

Figura 9: Principais tipos de ferramentas utilizados na linha de colheitadeiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os modelos apresentados na Figura 9, são os mais tradicionais na linha de montagem de produtos pesados para união de peças através de itens de fixação. Isso em função de custo, infraestrutura e estratégia atual da empresa.

#### 4.1.2 Análise dos modos de falhas na linha principal

Buscou-se elaborar também, um diagrama de Pareto para entender quais os principais modos de falhas que ocorrem na linha de montagem, bem como, qual o impacto de cada um. Esses dados foram levantados através de relatórios coletados da empresa alvo de estudo no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) que a mesma utiliza no seu negócio. A análise dos dados foi realizada com a ajuda da ferramenta do office, o Excel para poder produzir o diagrama e ter forma gráfica dos dados. O período dessa análise considera dados de novembro de 2017 até setembro de 2018. No apêndice B pode-se ver o diagrama.

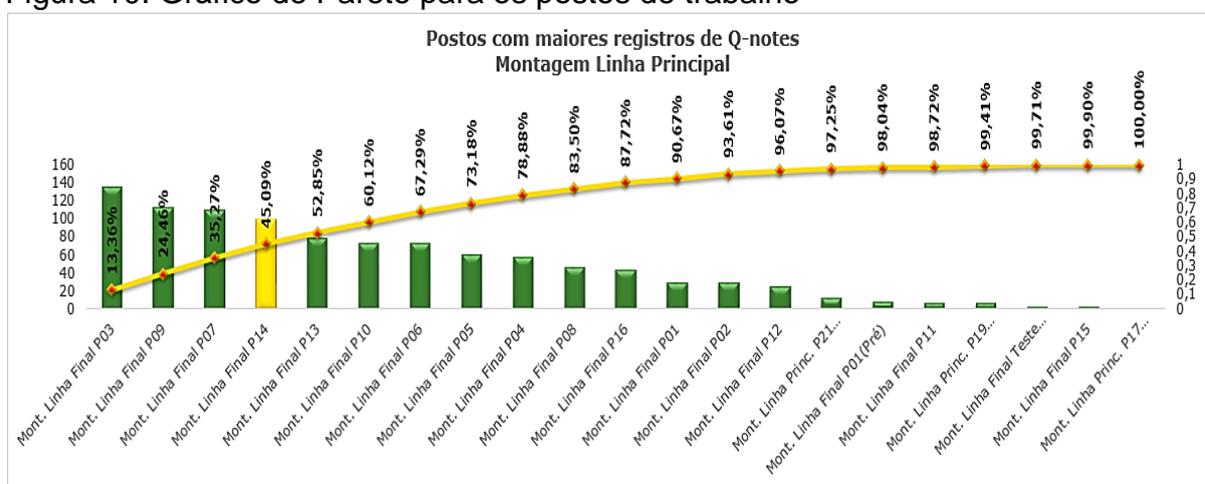
Conforme o apêndice B, podemos ver que mais de 17% dos problemas de qualidade são originados por questões referentes a aperto. Isso mostra de forma clara o direcionamento que a empresa precisa dar para reduzir a taxa de falhas e melhorar constantemente os indicadores de qualidade.

### 4.1.3 Análise de defeitos por postos de trabalho

Conforme mostra a Figura 10, realizou-se um gráfico de Pareto com intuito de identificar quais postos estão impactando mais os indicadores de qualidade relacionado ao modo de falha torque.

Visualmente pode-se ver que os postos que apresentam um maior número de ocorrências.

Figura 10: Gráfico de Pareto para os postos de trabalho



Fonte: Empresa estudada (2018).

Nesta etapa busca entender somente quais postos de trabalho seriam a prioridade para implementação de um processo capaz de reduzir ou eliminar esse modo de falha.

#### 4.1.3.1 Análise dos dados

Buscou-se entender o que colocou esses postos como os maiores impactantes nos resultados. Percebeu-se que os postos 3 e 7, tiveram uma ocasião especial, em que o impacto do modo de falha baixo torque/excesso de torque e solto, causaram em um só momento uma quantidade de registros significativa. Isso em função de que quando é adotado o procedimento de inspeção de estoque de produto acabado, é necessário bloquear todas as máquinas de pátio para uma verificação, gerando assim, um cadastro para cada chassi.

Retirando esses dados, observa-se que os postos 9 e 14 são uns dos principais impactantes randômicos, ou seja, que em vários momentos do ano vem

causando um efeito indesejável para empresa alvo de estudo. Devido a empresa ter atuado somente em um turno de trabalho no produto colheitadeiras até 10 de setembro de 2018, não tem diferença de ocorrências entre turnos de trabalho em função desse evento não ter acontecido. Buscou-se de forma geral, verificar se é em um determinado período do ano que os defeitos acontecem e se tem uma correlação forte com o aumento do volume de produção. Porém conforme mostra o Quadro 02, é bastante variado, sendo que em junho foi o mês de maior número de ocorrência de defeitos, entretanto não é o maior volume produzido. Já o maior número de máquinas produzidas não é o maior impacto de falhas no mês.

Quadro 2: Comparação do número de ocorrências e número de máquinas produzidas

Mês	Qtde e ocorrências	Máquinas produzidas	% de falhas
01/11/2017	153	182	9,53%
01/12/2017	70	172	4,36%
01/01/2018	159	203	9,90%
01/02/2018	110	222	6,85%
01/03/2018	166	246	10,34%
01/04/2018	83	226	5,17%
01/05/2018	156	172	9,71%
01/06/2018	308	213	19,18%
01/07/2018	169	312	10,52%
01/08/2018	67	139	4,17%
01/09/2018	141	252	8,78%

Fonte: Empresa estudada (2018).

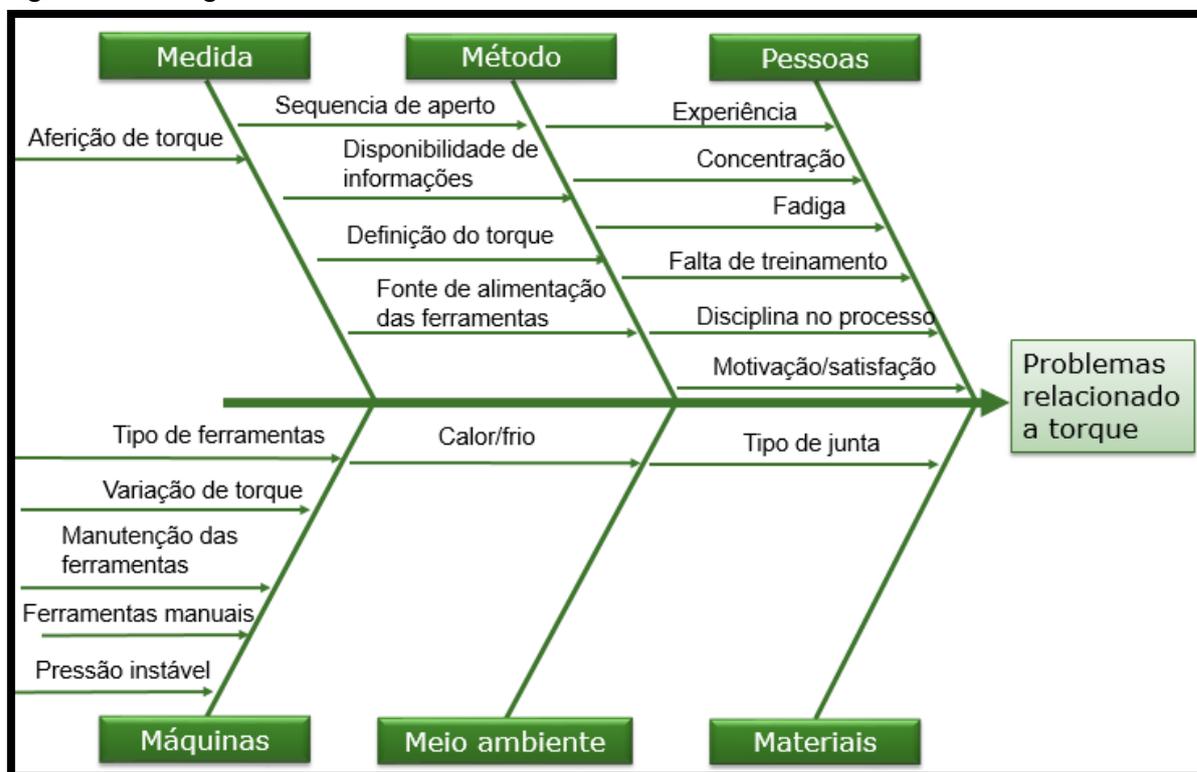
Um fato marcante no mês de junho foram as contratações de novos funcionários que contribuiu para tal efeito ocorrer devido ao período de aprendizagem.

#### 4.1.3.2 Análise das causas geradoras de defeitos em relação a torques

Para esse tipo de análise, foi necessário envolver mais pessoas, que estes por sua vez, possuem um grande conhecimento no assunto. Nesse evento, realizou-se um diagrama de causa e efeito, onde participaram recursos da engenharia de manufatura, engenharia de produto, qualidade, operações e manutenção, mais

precisamente oito pessoas participaram desse trabalho. Na Figura 11 pode-se ver de forma gráfica o trabalho realizado.

Figura 11: Diagrama de causa e efeito



Fonte: Empresa estudada (2018).

De modo geral, o grupo identificou mais variáveis na questão do método, pessoas e máquinas que hoje está bastante sob responsabilidade do operador fazer certo na primeira vez, sem um dispositivo à prova de erro.

#### 4.2 PROPOSTA DE MELHORIA

A proposta apresentada é algo totalmente novo no mercado de apertadeiras pulsativas a bateria. Desenvolvida em 2017 e disponível no mercado em abril de 2018, as apertadeiras TBP trazem um novo conceito de ferramenta (conforme pode ser verificado na Figura 12). Um *design* robusto e inovador, onde seu funcionamento eletrônico é capaz de fornecer várias informações ao usuário, como por exemplo: controle de torque, ângulo, velocidade de aperto, ajustes de acordo com o tipo de junta, rastreabilidade do processo em um determinado chassis, gráficos de aperto e garantia de que o processo foi executado da forma correta (ATLAS COPCO, 2018).

Figura 12: Apertadeira ETP TBP 81 55-10 (20-55 Nm), controladora e bateria com carregador



Fonte: Atlas Copco (2018).

Na sequência do trabalho será apresentando os tópicos que descrevem como foi abordado e implementado, bem como as melhorias que tangem este estudo.

#### 4.2.1 Testes práticos com a solução escolhida

Em dezembro de 2017 a empresa Atlas Copco conseguiu uma amostra do equipamento junto a equipe de desenvolvimento da Suécia. Esse equipamento ficou em teste por cinco dias em três postos de trabalho. Conforme *feedback* de alguns montadores que tiveram contato com a ferramenta, houve uma aceitação muito boa. Pode-se ver no Quadro 3 os pontos positivos e negativos levantados por eles.

Quadro 3: Observações reportadas pelos funcionários

Observações feitas com os montadores(as) que testaram o equipamento TBP	
Pontos positivos	Pontos negativos
→ Equipamento prático de usar, sem mangueiras de ar	→ Suportar eventuais quedas
→ Baixo ruído	→ Engessar o processo
→ Leve	→ Poder soltar e executar novamente o processo de aperto
→ Controle do processo/garantia da execução	
→ Baixa vibração	→ Suporte em resolução de eventuais problemas com a ferramenta ou execução do processo
→ Duração da bateria	
→ Rapidez	→ Somente Engenharia de Manufatura pode avançar o processo manualmente quando ocorrer algum erro
→ Segurança em saber que a ferramenta está entregando o torque requerido	
→ Inovação	→ Dificuldade em mexer no painel controlador
→ Redução de setup	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com as observações realizadas pelos funcionários, buscou-se respostas para cada tópico, a fim de deixar mais confortável a inovação, como também para saber em que pontos deve-se trabalhar na parte de treinamentos além da parte técnica. Através dessas observações foi listado as ações para cada tópico:

- **Suportar eventuais quedas:** o equipamento foi testado pela equipe de desenvolvimento do equipamento. Nesse teste, obteve os seguintes resultados: queda de 1,0 m = sem problemas, teste de queda de 1,5 m = alguns danos e teste de queda de 2,0 m = a ferramenta quebra. As ferramentas TBP possuem encaixe para suspender em balancim e/ou cinto de segurança. Porém qualquer queda não só com esse equipamento como qualquer outro, deve ser aberto ordem de serviço para a manutenção poder avaliar os danos independentemente da altura que caiu. Equipamentos de torque mesmo não aparentando avaria visualmente, deve-se pelo menos realizar uma aferição do torque que está sendo entregue. Para esse assunto deve ser trabalhado com treinamento para toda linha de montagem, obtendo um alinhamento do processo e qual a ação que deve ser tomada.

- **Engessar o processo:** o processo de padronização é demorado e desgastante para funcionários. Ainda há uma grande resistência dos funcionários quando se fala de padronização. Eles acreditam que terão que trabalhar “obrigados” a executar as suas atividades de uma forma “diferente” da que estão acostumados a fazer e que julgam ser a forma certa. Por isso, é imprescindível convidar os funcionários a participar do desenvolvimento dos padrões e orientá-los sobre o acompanhamento dos indicadores, bem como, a importância do processo. Depois dos padrões montados precisa-se ter certeza que estão sendo cumpridos conforme

estão estipulados e por fim deixar o funcionário bem à vontade para replanejar o padrão sempre que julgar que o mesmo pode melhorar.

- **Poder soltar e apertar novamente um aperto:** Esse processo é totalmente permitido enquanto ele estiver em execução em um determinado grupo de tarefa. Após o mesmo ter finalizado um ciclo de aperto, essa atividade avança automaticamente para a próxima atividade. Nesse momento se o operador quiser por algum motivo soltar e apertar novamente, não irá conseguir sem a interação de um engenheiro de manufatura que terá que executar manual essa atividade.

- **Suporte em resolução de eventuais problemas com a ferramenta ou execução do processo:** O processo será o mesmo como qualquer outro equipamento. Conforme apêndice C pode-se ver que existe um plano de reação para eventuais problemas com equipamentos. Para problemas relacionados à execução do processo deve ser contatado o técnico de engenharia do respectivo módulo. Neste apêndice está em forma de fluxograma explicando como funciona o processo de suporte.

- **Somente Engenharia de Manufatura pode avançar o processo manualmente quando ocorrer algum erro:** Sim, isso é um processo utilizado com todas as unidades da empresa alvo de estudo. Subentende-se que somente o time de Engenharia de Manufatura está apto a avaliar o processo e entender o que houve para em seguida executar o processo manualmente se necessário.

- **Dificuldade em mexer no painel controlador:** Nesse ponto não há porque o indivíduo se preocupar. Pois jamais ele precisará ter interação com o controlador. Inclusive os CLPs (Controlador lógico programável) são protegidos por senha que somente o time de Engenharia de Manufatura e Manutenção tem esse acesso. Os montadores (as) só terão interação com a ferramenta de aperto.

#### **4.2.2 Escolha do posto de trabalho para implementação**

Como a empresa apresenta diversos postos de trabalho, para que pudesse ser implementado e validado o projeto, primeiramente precisaria ser instalado em um local apenas. Para chegar na conclusão do melhor local, foi usado como base o levantamento realizado referente aos postos que necessitam de atenção e que apresentam maior número de defeitos (conforme foi descrito no tópico 4.1.3 deste trabalho), além disso foram apresentados os números a liderança da empresa e

solicitado um direcionamento de como proceder, se deve-se implementar esse ano alguma melhoria, se seria necessário mais algumas análises e buscar novas soluções, diferente da que está sendo proposta para aquisição e implementação.

Essa foi uma iniciativa importante, pois os números mostram prioridades diferentes do que eles estavam prevendo. Pois o direcionamento foi para focar no posto 14 onde é realizado a montagem das blindagens principais de todos os modelos de colheitadeiras. Essa priorização foi estabelecida devido ao fato de que fornecedor atual das blindagens de fibra de vidro e poliéster (que hoje é 70% de todas as blindagens utilizadas neste posto) faliu, e o novo contrato com a empresa que passará a fornecer esses itens, só entregará as blindagens, ou seja, sem os itens que são montados nela, como por exemplo, suporte das molas gás, suporte das dobradiças, trinco, farolete e demais itens que compõem esse conjunto. Para isso a empresa estará investindo em processo para absorver essa demanda, buscando sempre atender todos os requisitos de projeto e processo.

#### 4.3 ANÁLISE FINANCEIRA E TÉCNICA

Buscou-se através de dados e referencial teórico mostrar argumentos convincentes para a justificativa pela opção de implementar o modelo de apertadeira eletrônica a bateria da empresa Atlas Copco. Nos próximos tópicos estará detalhado a análise financeira e técnica do projeto

##### 4.3.1 Análise do retorno sobre o investimento

Neste estudo foi feita também um esboço da análise financeira, para verificar se o projeto se torna viável também por esse viés. Para análise desse projeto desenvolvido, apurou-se os valores descritos no Quadro 4.

Quadro 4: Dados para análise

Descrição	Dados
Investimento	R\$ 181.518,00
Retorno	R\$ 58.782,53 por ano
Depreciação	8 anos

Taxa de desconto	14,10%
Inflação Preço e Custo	1,50%

Fonte: Empresa estudada (2018).

Para o investimento foram considerados a compra das parafusadeiras, pontos de rede e energia, pedestais, totens, computadores e televisores, todos os itens eram indispensáveis para o funcionamento do equipamento em questão.

Para as entradas de caixa, foi considerado os valores que a empresa consegue economizar trocando o equipamento que utilizava anteriormente por esse defendido no estudo. Os pontos contabilizados foram ganhos com custo de mão de obra, com retrabalhos internos, sucata, garantia e suporte ao produto.

A empresa trabalha com valor residual zero no final da vida útil, a depreciação deste tipo de equipamento é de 8 anos (12,5% ao ano de depreciação).

A taxa de desconto que a empresa utiliza para retorno nesse tipo de projeto é de 14,1%, considera retorno para acionista, inflação e risco Brasil.

Então com base nos valores levantados foram feitas as análises de Taxa interna de retorno (TIR), Valor presente líquido (VPL) e *Payback* descontado e chegou-se no resultado apresentado na Quadro 5.

Quadro 5: Resultado Análise Financeira

Indicativo Financeiro	Resultado
Taxa interna de retorno (TIR)	16,8%
Valor presente líquido (VPL)	13.598
Payback descontado (anos)	6,5 anos

Fonte: Empresa estudada (2018).

O retorno desse projeto em termos financeiros é positivo, a Taxa interna de retorno (TIR) de 16,8% além de ser positiva é maior que a taxa de desconto empregada pela empresa. Com o Valor presente líquido (VPL) de R\$ 13.000,00 pode-se perceber que mesmo considerando a inflação no final do tempo estimado de retorno esse projeto traz resultado positivo para empresa, ou seja, esse projeto trará lucro financeiro.

Outro ponto importante quanto a análise financeira é o Payback, que basicamente determina o período de tempo necessário para que a empresa recupere o valor inicialmente investido, com a análise verifica-se que esse tempo é de 6 anos e meio.

Em suma constata-se que o investimento é bom pois além de todos os outros ganhos apresentados nesse trabalho ainda haverá retorno financeiro, muitas vezes o projeto pode ser justificado apenas pela qualidade ou segurança e não ter ganho financeiro, porém quanto mais resultado o projeto trazer é mais viável fazê-lo.

#### **4.3.2 Análise técnica**

Para definir qual seria a melhor alternativa para o problema apresentado foi levado em consideração duas propostas de ferramentas, no qual foi analisado as características de cada ferramenta, o que cada uma possui de recursos referente a controle do processo e garantia dos valores aplicados.

A primeira solução que foi considerada era financeiramente melhor, porém não iria atender os requisitos propostos, como por exemplo, ter interação da ferramenta com o processo e monitoramento das atividades que a empresa atual utiliza, bem como rastreabilidade e garantia do processo. Já a segunda proposta, trata-se de um equipamento eletrônico que pode ser configurado qualquer informação ou controle desejado.

Então a escolha pela segunda solução vem de encontro ao tópico 2.4 colocado neste trabalho, onde aborda a necessidade de as empresas tomarem decisões baseadas em dados concretos e não em suposições, mantendo a empresa ativa no mercado, gerenciando a empresa através do controle o processo e não pelos resultados que o processo apresentou. Também se busca não permitir a saída de conjuntos montados defeituosos e buscar implementar uma solução que está alinhado com a visão estratégica da empresa. Na Figura 13 pode-se ver uma imagem ilustrativa da primeira proposta *versus* segunda proposta

Figura 13: Proposta 1 versus Proposta 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A introdução dessa solução vai de encontro ao tópico 2.3.1 que é a busca pelo *benchmarking* que é uma forma de comparar processos, práticas, funções e resultados com os líderes reconhecidos para identificar as oportunidades para melhoria da qualidade, onde essa comparação pode ser feita inclusive com líderes de ramos de atuação diferentes a organização como por exemplo linhas de montagem automotivas.

Conforme citado no tópico 2.9.2 os fatores importantes que afetam a escolha de projetos de processo, buscou-se escolher uma solução que atenda a qualidade do produto conforme especificações. Seguindo o que Schwab (2016) ressalta no tópico 2.9.4 deste trabalho, é de que as empresas precisam de forma rápida entender que as expectativas dos clientes estão mudando a cada dia no sentido de uma busca de um produto perfeito. Onde os produtos estão sendo melhorados pelos dados e isso aumenta a produtividade dos ativos.

Para finalizar a análise técnica, A escolha da segunda proposta busca a redução de sucata, retrabalho e a possibilidade de sair produtos defeituosos da fábrica, com um equipamento capaz de detectar falhas e impedir que isso venha causar um potencial problema à empresa.

#### 4.3.3 Melhor ergonomia

Conforme Atlas Copco (2018), com as apertadeiras TBP espera-se que se tenha melhorias nos níveis de vibração, desta forma é possível poupar o operador e reduzir a fadiga e as lesões. Também como não apresentam mangueiras de ar comprimido, não atrapalham o fluxo e o manuseio do operador durante o processo

de aperto. Em tese constata-se que é provado pela empresa melhorias nos pontos descritos abaixo:

- Alça projetada para atender princípios ergonômicos
- Melhor desempenho com as questões de temperatura do equipamento durante trabalho intenso
- Gatilho de acionamento extremamente leve
- Menos custo gasto com ferimentos do operador e ausências por doença
- Melhor experiência do operador
- Equipamento pesando apenas 2 Kg conforme Tabela 2.

Tabela 1: Características básicas da ferramenta

Model	Square Drive	Torque range		Battery	Speed r/min	Weight excl. battery		Weight inc. battery (18V)		Length mm	Height mm	Ordering No.
		Nm	ft lb			kg	lb	kg	lb			
ETP SR 31-25-10	3/8	5-25	3.7-18.4	18V	2010	0.85	1.8	N/A	N/A	210	179	8436 4300 20
ETP SRB 31-20-10	3/8	5-20	3.7-14.75	18V	1500	1.15	2.53	1.65	3.63	223	211	8433 3270 30
ETP SRB 31-25-10	3/8	5-25	3.7-18.4	18V	1500	1.15	2.53	1.65	3.63	223	211	8433 3260 30
ETPTBP 61-32-10	3/8	12-35	8.9-25.8	18V	6000	1.33	2.93	1.83	4.05	200	231	8433 3230 20
ETPTBP 81-55-10	3/8	20-55	14.8-40.6	18V	6000	1.5	3.3	2	4.4	200	231	8433 3230 30

Fonte: Atlas Copco (2018).

A Tabela 2 mostra as especificações técnicas de cada modelo das apertadeiras TBP, informando as principais características, tais como descrição de cada ferramenta, tamanho do encaixe, faixa de torque, carga da bateria, peso do equipamento e com bateria, comprimento, altura e código do equipamento no catálogo da Atlas Copco.

Também foi buscado a atender alguns requisitos da NR17 conforme descrito no tópico 17.4.1 e 17.4 onde diz que os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e a natureza do trabalho a ser executado. Ainda conforme requisitos citados no parágrafo 17.4.3 buscou-se no momento da instalação posicionar os equipamentos de modo a proteger de contra reflexos e proporcionar corretos ângulos de visibilidade ao trabalhador. Para isso foi adquirido televisores de 40" no lugar de monitores simples.

#### 4.3.4 Melhoria de produtividade

No Quadro 6 foi realizado uma comparação em ganhos de produtividade que houve com a implementação da solução de uma apertadeira eletrônica. O aumento significativo em produtividade é oriundo principalmente pela eliminação da marcação de torque com canetão branco e a atividade de passar torquímetro em todos os pontos de aperto para garantia do torque de acordo com o especificado.

Após duas semanas de implementação foram coletados os novos tempos de processo através de um cronômetro, onde foi realizado dez tomadas de tempo por blindagem nos dois turnos de trabalho. Essa é uma etapa importante para verificar se o processo teve ganhos também em produtividade após a maturidade e maior experiência dos operadores. Conforme a Quadro 6 pode-se ver os resultados obtidos.

Quadro 6: Redução do tempo de montagem

Descrição da atividade	Tempo antes(horas/100 pçs)	Tempo depois (horas/100 pçs)	Diferença (horas/100 pçs)	Ganho e produtividade
Nível 2 da estrutura de uma colheitadeira: montagem das blindagens	120,00	104,00	16,00	13,33%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O ganho é medido em horas, onde o tempo antes da implementação era de 120 horas/100 peças produzidas. Esse é um método que a empresa alvo de estudo utiliza para cálculos de roteiro, custo e demais processos administrativos. O quadro 6 identifica-se uma diferença de 16 horas de ganho a cada 100 máquinas produzidas. Isso significa que se teve um ganho de 13,33% em função de que está se fazendo as mesmas atividades em um menor tempo e disponibilizando esse tempo para demais atividades em outros postos próximos. Importante ressaltar que as 104 horas está considerando não somente o aperto, mas sim todo o processo de montagem e aperto das blindagens, ou seja, desde a montagem de decalco, montagem na máquina e toda a lista de componentes que compõem o conjunto.

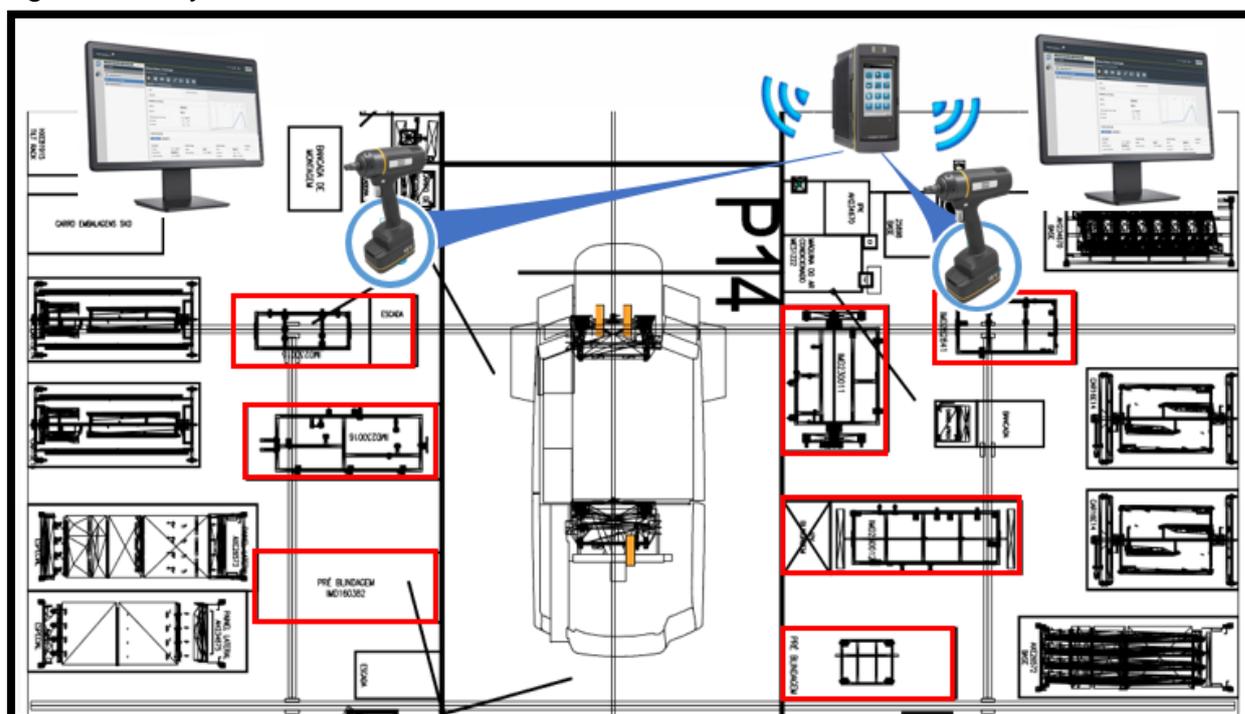
### 4.3.5 Arranjo físico

Devido a ter um incremento de equipamentos no posto, foi necessário a revisão do layout, tanto na parte do chão de fábrica como no sistema. Conforme a Figura 14, a alteração é bem foi colocado de forma ilustrativa alguns dos equipamentos instalados.

Abaixo estão os itens adicionados no layout:

- 1 Pedestal para a controladora, roteador, carregador de bateria e apertadeira
- 2 Pedestal para os computadores e os televisores
- 1 Corrimão para evitar colisões de carros de peças de almoxarifado contra a controladora

Figura 14: Layout atualizado



Fonte: Empresa estudada (2018).

Conforme a Figura 14, às áreas destacadas em vermelho são os locais onde está sendo utilizado as novas apertadeiras. São áreas de pré-montagem das blindagens principais da colheitadeira.

Também no layout está sendo ilustrado dois monitores, a controladora e as duas apertadeiras.

#### 4.3.6 Valores investido na implementação

Conforme o Quadro 7, pode-se ver os valores totais que foram gastos com a implementação. Foi considerado como investimento em função de que desde a parte de instalação e equipamentos foi necessário ser instalado tudo novo para poder manter o equipamento funcionando, ou seja, não foi realizado adequações e sim novas instalações.

Quadro 7: Valores gastos com a implementação

Controle de gastos na ordem interna					
Posto	Descrição	Fornecedor	Parazo de entrega	Status	Investimento
Posto 14	02 Apertadeiras TBP8 + Painel PF6000	Atlas Copco	10/10/2018	Concluído	R\$ 149.000,00
Posto 14	Pedestal padrão para painel PF6000	Atlas Copco	10/10/2018	Concluído	R\$ 9.876,00
Posto 14	Pontos de rede e energia	FOCKINK	23/09/2018	Concluído	R\$ 12.000,00
Posto 14	Disjuntor + parafusos	Eletronor	23/09/2018	Concluído	R\$ 145,00
Posto 14	Totens para computador	GTP	10/10/2018	Concluído	R\$ 2.847,00
Posto 14	02 Computadores + 2 cabos HDMI	Recurso próprio da empresa	10/10/2018	Concluído	R\$ 4.000,00
Posto 14	02 Televisores 40"	Lojas Becker	22/10/2018	Concluído	R\$ 3.650,00
Total					R\$ 181.518,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Conforme Quadro 7 pode-se ver os valores discriminados dos materiais e ferramentas adquiridos para a implementação, bem como quais fornecedores, posto de trabalho, prazo de entrega e status de cada tópico.

### 4.3.7 Monitoramento do processo

Devido a não estar no planejamento da empresa alvo de estudo o investimento em novas tecnologias este ano, foi possível através de defesa de capital um valor de R\$ 190.000,00. Sendo assim, foi possível comprar duas ferramentas ETP TBP 81 55-10 (20-55 Nm) para implementação da melhoria. Um argumento forte utilizado na defesa de capital foi ao fato de que a empresa estará nos próximos meses adquirindo somente as blindagens e as montagens dos componentes serão feitos internamente como os recursos da mesma.

Com a implementação do novo conceito de ferramenta de aperto, obteve um controle e monitoramento do processo em média de 94% em dois centros de trabalho, com apenas dois novos equipamentos. É um número bastante expressivo, pois anteriormente a esta implementação não se tinha monitoramento e controle de aperto, ou seja, estava totalmente sob responsabilidade do operador e confiança na ferramenta. Conforme o Quadro 8, pode-se ver os resultados para cada modelo.

Quadro 8: Monitoramento do processo

Descrição da atividade	Qtde de apertos	Qtde de apertos possíveis	% de Controle	Comentários
Painel S500/S600 Dianteiro lado esquerdo	27	25	93%	Especificação da ferramenta não atende o torque para parafuso M4
Painel S500/S600 Traseiro lado esquerdo	24	24	100%	
Painel S400 Traseiro lado esquerdo	17	16	94%	Conceito do projeto não permite acesso
Painel S400 Dianteiro lado esquerdo	34	33	97%	Conceito do projeto não permite acesso
Painel S500/S600 Dianteiro lado direito	26	24	92%	Especificação da ferramenta não atende o torque para parafuso M4
Painel S400 Traseiro lado direito	22	21	95%	Conceito do projeto não permite acesso
Painel S400 Dianteiro lado direito	23	22	96%	Conceito do projeto não permite acesso
Porta de acesso ao motor	45	38	84%	Conceito do projeto não permite acesso
Média geral			94%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nesse cálculo foi coletado a quantidade total de aperto e depois comparado com a quantidade de aperto que foi possível integrar no novo processo. Nota-se que

a maioria dos componentes não obtiveram 100% de integração com a nova ferramenta. Isso em função de dois motivos principais. O primeiro em função de que a ferramenta possui especificações de torque na faixa de 20-55 Nm, onde contempla parafusos M6 até M8 e tem uma aplicação que é parafuso M4. O segundo motivo é acesso com a ferramenta em função do design do conjunto não permitir que seja apertado com uma ferramenta a não ser manualmente com o uso de chaves manuais e posteriormente o uso de um torquímetro para o torque final.

#### **4.3.8 Definição do processo**

Através de uma folha de verificação buscou-se a sequência de aperto para cada modelo de máquina produzido nesse posto de trabalho. Essa atividade foi necessária fazer nos dois turnos de trabalho para checar se está sendo executado o processo de forma igual, bem como, se está sendo utilizado as ferramentas adequadas para cada aplicação.

A partir disso foi elaborado o processo para o chão de fábrica. Foi necessário também uma análise virtual para testar os acessos com a ferramenta em locais que não havia sido testado a nova apertadeira. Em cima dessas informações foi definido quais pontos foi necessário adequar para conseguir executar o processo.

#### **4.3.9 Instalação**

Para a implementação do processo, foi necessário desenvolver um cronograma do projeto conforme apêndice E, detalhando cada etapa, buscando atender o ciclo PDCA. Essa etapa foi fundamental para conseguir implementar o projeto e dentro dos prazos estipulado pela gerência da fábrica. Pois no cronograma foi dividido em pacotes de atividades, contendo exatamente quais ações foi necessário executar em cada etapa. Como também, várias ações dependem de outra para poder ser executada e posteriormente concluída.

#### **4.3.10 Integração e gerenciamento dos dados**

Com a implementação de apertadeiras eletrônicas foi possível obter alguns resultados que anteriormente não era possível em função do conceito de ferramentas. Conforme a Figura 15, pode-se observar que o painel controlador

fornece o resultado do aperto ao montador, informando que o torque está correto ou errado. Como também o valor que foi aplicado a cada ciclo.

Figura 15: Informação de aperto



Fonte: Empresa estudada (2018).

Ainda sobre o acompanhamento do processo, o operador visualiza em uma televisão de 40" quais os passos que ele deve executar, bem como o valor de torque, tamanho do soquete e extensões. Outra melhoria foi que com a implementação foi colocar uma imagem do local de aperto e a sequência que o operador deve executar conforme ilustrado na Figura 16.

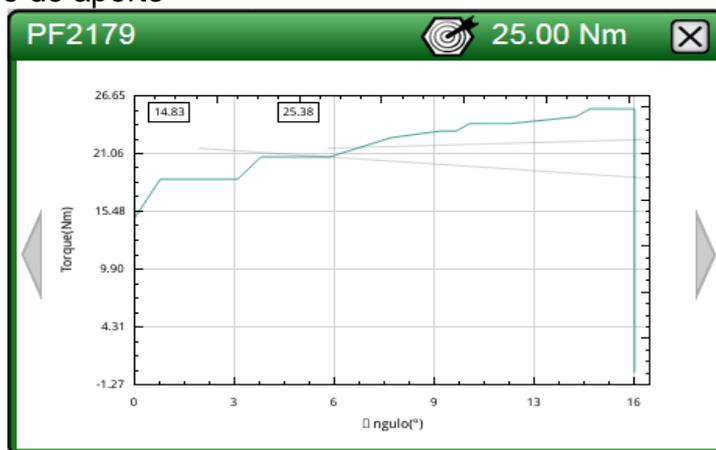
Figura 16: Sequência de aperto para o montador



Fonte: Empresa estudada (2018).

Para cada ciclo de aperto é possível verificar o gráfico de aperto. Esse acompanhamento pode ser feito fisicamente acessando a controladora instalada no posto ou de qualquer computador com acesso à internet através do IP (*Internet Protocol*)<sup>6</sup> da máquina. Na Figura 17 consegue-se verificar o modelo do gráfico que é gerado para cada ciclo.

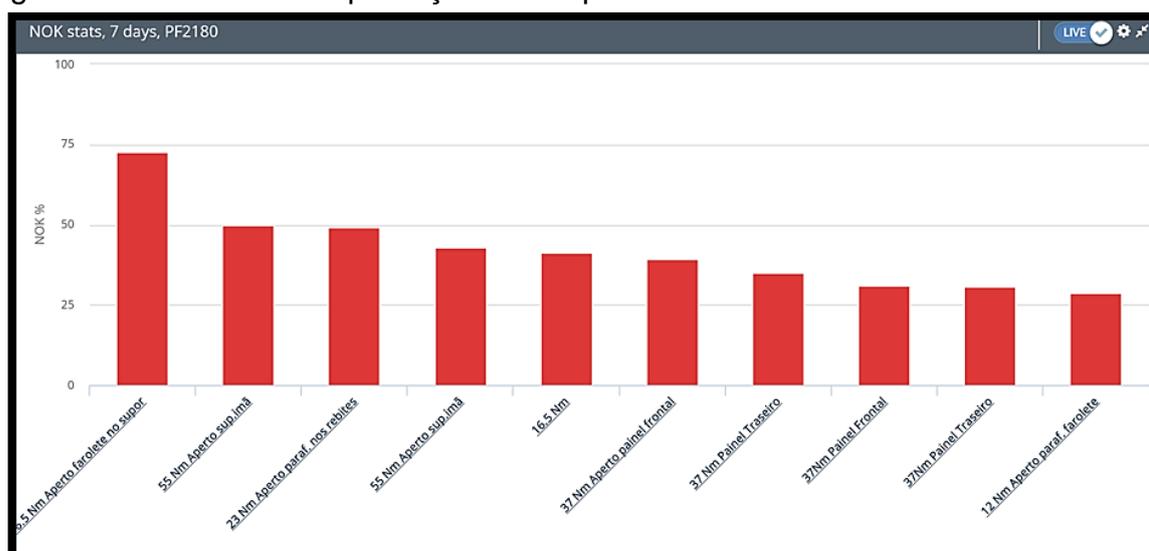
Figura 17: Gráfico de aperto



Fonte: Empresa estudada (2018).

Na Figura 18 pode-se observar quais são os programas de aperto que mais estão apresentando falhas nos últimos 7 dias.

Figura 18: Relatório de reprovação de torque

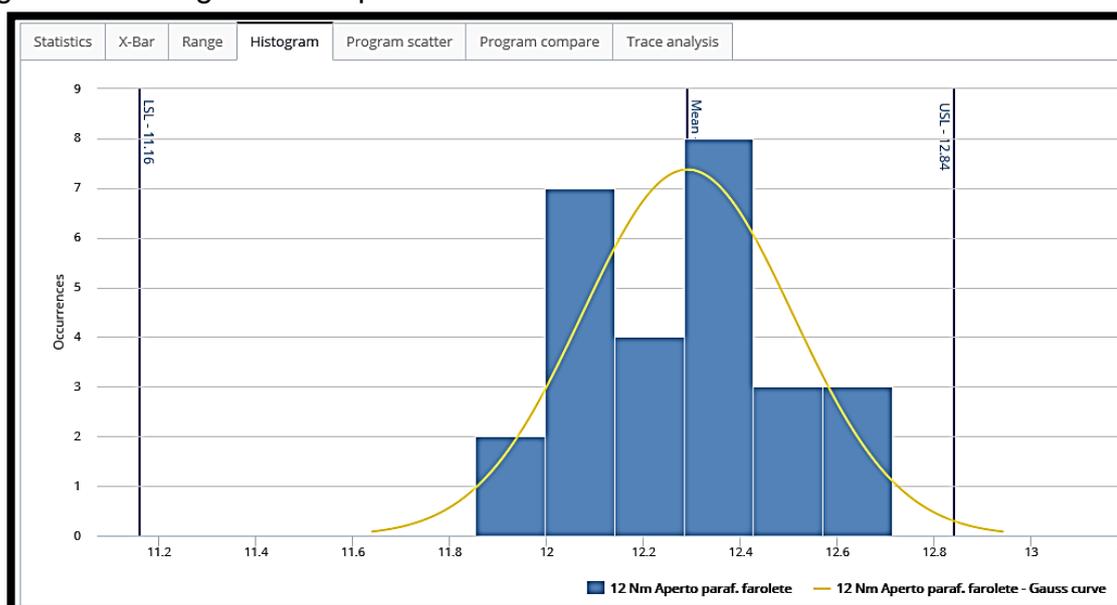


Fonte: Empresa estudada (2018).

<sup>6</sup> *Internet Protocol*: é um número que identifica um dispositivo em uma rede

Através destas informações é possível abrir cada coluna e entender qual o motivo da falha e realizar os ajustes necessários de modo a reduzir as ocorrências. Também é possível ver histogramas para os programas de aperto conforme mostra a Figura 19.

Figura 19: Histograma de aperto



Fonte: Empresa estudada (2018).

Através desse relatório é possível verificar as tendências dos resultados de aperto. Com isso, é possível fazer pequenas correções para trazer ao ponto central os valores de torque aplicado em cada programa. Quanto mais próximo do valor nominal aplicado, significa que o processo está mais preciso e sua capacidade está muito satisfatório.

#### 4.3.11 Plano de contingência e tipo de manutenção abordada

Por se tratar de um equipamento novo na fábrica e com confirmação de implementação intensa durante ao ano seguinte deste trabalho, o departamento de manutenção juntamente com a engenharia de manutenção da empresa alvo de estudo, adquiriu quatro apertadeiras modelo ETP TBP 81 55-10 (20-55 Nm), mesmo conceito das implementadas no posto 14. Os mesmos entendem que é necessário criar e planejar as ações para suportar a fábrica o quanto antes.

Para os equipamentos que foram adquiridos para a produção, foi definido no momento do cadastro de equipamento, de que será um crítico B. Isso significa que

se o equipamento atual falhar não afetará a produção em função de que existe backup que atende integralmente às necessidades de fábrica.

O tipo de manutenção definida para essas duas ferramentas de aperto implementadas no posto 14 será a preventiva. Onde por uma questão gerencial da empresa é uma medida utilizada para todos os equipamentos de aperto. Outra melhoria ligada a manutenção do equipamento será a contagem exata de apertos, onde quando chegar na quantidade estipulada de ciclos aciona o plano de preventiva ao qual um técnico especializado irá realizar a manutenção da ferramenta. Nos equipamentos atuais é realizado uma estimativa apenas. Após realizar a preventiva, o técnico reinicializa a contagem dos ciclos novamente.

Conforme descrito no tópico 2.8.2.2 a manutenção preventiva busca obstinadamente evitar a ocorrências de falhas, ou seja, prevenir falhas. De modo geral é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho do equipamento, seguindo a um plano previamente desenvolvido, baseado em intervalos definidos de tempo.

Ainda conforme colocado no tópico 2.8.2.5 a engenharia de manutenção teve um papel importante nesse projeto. Pois pode agir proativamente na fase de planejamento do projeto, escolha da solução e das estratégias a serem adotadas para manter o equipamento funcionando conforme a expectativa. Também foi a responsável por elaborar o plano preventivo e treinamento aos seus técnicos da manutenção.

#### **4.3.12 FMEA**

Conforme o tópico 2.3.2.1 referenciado por Miguel (2006), quando o processo de montagem for alterado por novos conceitos de ferramentas, deve-se reunir o time de trabalho responsável por essa atividade e revisar o criar o PFMEA. No apêndice D deste trabalho, foi desenvolvido um documento para o aperto em geral dos componentes das blindagens. O processo foi executado apenas para um grupo de blindagens em função de que os riscos e a probabilidade de gerar alguma avaria no processo é muito similar entre os demais conjuntos. Os objetivos do PFMEA foram:

- Identificar as operações críticas e relevantes para elaboração de plano de controle

- Estabelecer prioridade para ações de melhorias de modo a evitar potenciais falhas
- Documentar as razões das alterações

Na elaboração deste FMEA a empresa alvo de estudo revisou as informações e autorizou somente colocar as atividades sem informar códigos de peças, pessoas envolvidas e outros detalhes confidenciais. Na revisão dessa ferramenta considerou-se valores para a severidade do efeito como nível 4 e 5 onde o número 4 corresponde a um risco moderadamente baixo, onde a perturbação e a não conformidade pode ser retrabalhada com ajustes de montagem e a não conformidade pode ser percebida pela maioria dos clientes finais. Para o item 5 foi considerado que a perturbação é menor onde 100% do produto pode ser retrabalhado, mas o cliente final sente alguma insatisfação.

Para a probabilidade da ocorrência foi classificado como 3 e 4, onde o nível 3 corresponde à 1 em 500 máquinas produzidas. Normalmente são falhas isoladas e associadas com processos similares. Para o nível 4 corresponde a falhas que possam ocorrer 1 a cada 200 máquinas produzidas. Caracteriza-se também como falhas ocasionais.

No quesito controle e detecção de processo foi utilizado a classificação 3 e 8, onde o nível 8 corresponde ao modo de falha detectado pela inspeção de pré-entrega - inspeção visual. Para a classificação 3 é considerado que modo de falha detectado na mesma estação/zona por controles automatizados que detectam e bloqueiam os itens impedindo a utilização dos mesmos. Sistema à prova de erro nível 3 aplicado. (Isto é, detecção de defeitos na mesma estação).

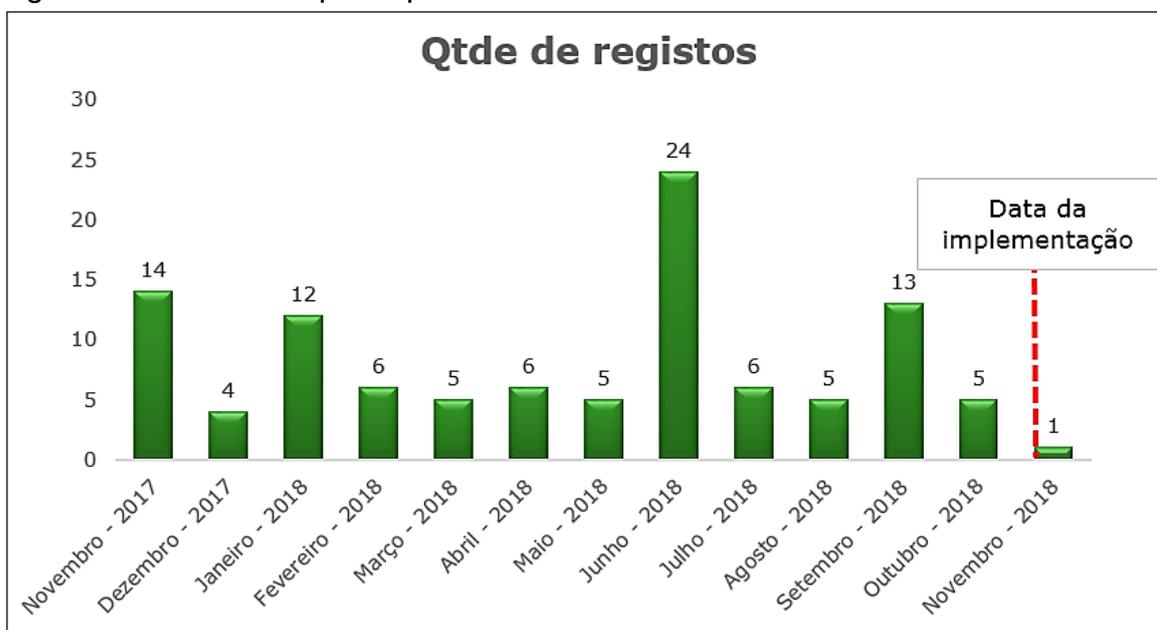
Após realizado esse procedimento é gerado um número de prioridade de risco que nada mais é do que a multiplicação da severidade, probabilidade da ocorrência e o controle de detecção do processo. Através dessa multiplicação se obtém o RPL (nível de prioridade do risco) onde define as prioridades aos quais processos precisam de uma ação para reduzir ou eliminar a potencial falha.

Devido a não ter um FMEA registrado para o processo de montagem e aperto das blindagens no posto 14, não foi comparado dados e sim criado um FMEA de processo após a implementação dos novos equipamentos de aperto.

### 4.3.13 Melhorias de qualidade

Conforme a Figura 20, foi comparado os cadastros após a implementação do projeto na semana 45 e verificado que já se teve um ganho de 92,86%. Espera-se que esse número se mantenha no decorrer dos próximos meses. Ainda é um período curto para comparar exatamente o ganho em percentual que haverá. Pois o projeto teve data de implementação no dia 05/11/2018.

Figura 20: Melhorias após o ponto de corte



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Conforme o gráfico da Figura 20 ocorreu somente uma falha que foi analisada e trata-se de um aperto realizado com chave manual, ou seja, não foi aplicado com a nova ferramenta o aperto. Isso em função do acesso que não é possível chegar até o local. Esse risco existe ainda, pois conforme o tópico 4.3.7 não foi possível integrar 100% do processo com o conceito a prova de erros. Também esse risco foi levantado no FMEA no tópico 4.3.12 onde recomenda-se apenas instrução de trabalho e treinamento.

## CONCLUSÃO

À medida que as empresas ocupam posições de liderança, elas se tornam mais enxutas e ágeis, e esperam muito que suas operações modernizadas sejam confiáveis e eficientes. Nesse ambiente dinâmico a administração da produção e operação se torna cada vez mais importante. As operações são a peça da integração crítica que permite o funcionamento conjunto de todas as áreas funcionais de uma empresa (GAITHER e FRAZIER, 2001).

Neste trabalho foi apresentado a importância de se melhorar continuamente os processos e produtos de uma empresa, de uma forma geral, para que os produtos tenham alta qualidade e possam ser competitivos no mercado.

A evolução do mundo corporativo reforça a necessidade de as empresas aprimorarem seus processos e produtos para se manter competitivas e atender às expectativas de um mercado dinâmico, com clientes e acionistas cada vez mais exigentes, que buscam maximizar seus lucros enquanto reforçam a produtividade dos negócios.

Com base no exposto, por meio da implementação de novas tecnologias de aperto, evidenciada no capítulo 4, comprova-se o atendimento ao objetivo geral desta pesquisa de entender o que gera os resultados indesejáveis e implementar em um posto de trabalho uma ferramenta capaz de reduzir falhas relacionadas a torque, bem como a busca por uma melhor qualidade nos produtos.

Para o atendimento do objetivo geral, traçaram-se alguns objetivos específicos, sendo o primeiro deles “levantar o número de defeitos por máquina de cada posto de trabalho na linha principal de colheitadeiras” com maior impacto no processo produtivo. O atendimento aos objetivos específicos deste projeto é evidenciado no capítulo 4: Os itens 4.1.3 e 4.1.3.1, comprovam o objetivo específico de levantar o número de defeitos em cada posto de trabalho.

O item 4.1.2, 4.1.2.2 e 4.1.3.2 contempla o segundo objetivo específico – “verificar quais são as principais causas que originam a não conformidade”, onde se buscou verificar através das ferramentas da qualidade quais são as variáveis que afetam principalmente os modos de falhas estudados nesse trabalho.

O terceiro objetivo específico é de “realizar um levantamento da quantidade de ferramentas que tem atualmente na linha de montagem e seus respectivos modelos”. Para esse tópico, foi atendido através do estudo realizado nos tópicos

4.1.1 onde foi possível visualizar os percentuais de cada modelo de ferramentas, bem como suas características.

Após o levantamento dos dados e análise dos eventos históricos relacionados ao modo de falha estudado, os itens 4.2.1 e 4.2.2 apresenta uma proposta de controle do processo produtivo, onde o emprego do torque é executado através de uma apertadeira eletrônica. Esses tópicos buscaram atender o objetivo específico de “propor melhorias na estratégia de torque adotada pela empresa em um posto de trabalho”. Onde ressalta-se que a ferramenta proposta é um conceito novo no mercado e a empresa está sendo uma das primeiras a utilizar em seu processo essa tecnologia.

Para atender o último objetivo específico deste trabalho, foi realizado um estudo na análise financeira ao qual pode-se ser vista no tópico 4.3.1. Também se analisou a questão técnica no tópico 4.3.2 onde foram apresentados os estudos para cada assunto.

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. Com a implementação do novo conceito de ferramentas para juntas parafusadas, a realização do monitoramento ocasionará em dados consistentes para análise futuras, possibilitando ajustes às tendências apresentadas no processo, agindo ao mesmo tempo de forma rápida na correção de ferramentas ou atuações nos pontos crítico do posto de trabalho. Como sugestão, recomenda-se que a empresa estudada utilize os dados analisados e os resultados conquistados para implementar nos demais postos de trabalho onde justifica a introdução desse modelo de ferramenta. Isto proporcionará ações direcionadas à falha específica e determinadas, conceituando um controle rigoroso sobre o processo.

Por fim, o trabalho foi extremamente importante para o autor, pois possibilitou buscar conhecimento técnico através de estudos em referencial teórico, bem como desenvolvimento profissional no quesito de gerenciamento de projeto, conhecimento de novas tecnologias e a oportunidade de apresentar a empresa um trabalho consistente e robusto que já está apresentando resultados muito positivos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Luiza. **O que é e como fazer um diagrama de ishikawa**. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/diagrama-de-ishikawa>>. Acesso em: 23 set.2018.
- ANTUNES, Junico. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para uma gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ASSAF NETO, Alexandre; LIMA, Fabiano Guasti. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2011.
- ATLAS COPCO. **Tecnologia de aperto**. Suécia: JetLag, 2003b. Disponível em: <<https://www.atlascopco.com/pt-br/itba/plp/tbp>>. Acesso em: 29 out 2018.
- ATLAS COPCO. **TBP - Redefinindo o que uma ferramenta de pulso pode fazer** <https://www.atlascopco.com/pt-br/itba/plp/tbp>>. Acesso em: 13 dez 2018.
- BARRIOS, Delfino G. **Seminario de Torque y Atornillado: Diseño, Aplicación, Medición y Control**. Supplier & Services México, 2009. Disponível em: <<http://www.ghd.com.mx/m1st.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2018.
- BRASIL. **Segurança e Medicina do Trabalho**. Ergonomia: NR 17, 1978.
- CAMPOS, Vicente F. **TQC Controle da qualidade total (no estilo Japonês)**. 8. Ed. Minas Gerais: Editora EDG, 1992.
- FOGLIATTO, S. F.; RIBEIRO, D. L. J. **Confiabilidade e manutenção industrial**. São Paulo: Elsevier, 2009.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GODOY, Raimundo. **Fatores críticos para a sobrevivência das empresas**. [Artigo científico]. Disponível em: <http://www.institutoaquila.com/pt/noticias/fatores-criticos-para-sobrevivencia-das-empresas/>. Acesso em: 19 abr. 2018.
- 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.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MIGUEL, Paulo A.C. **Qualidade: Enfoques e ferramentas**. São Paulo: Editora Artliber, 2006.

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

MARQUEZAN, Luis Henrique Figueira. **Análise de Investimentos**. Revista Eletrônica de Contabilidade Curso de Ciências Contábeis, Santa Maria, v.3, n.1, 2006.

NBR ISO 9001, 2008. **Norma Brasileira ABNT NBR ISO 9001**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NUNES, P. **Análise de Pareto**. Disponível em: <<http://http://know.net/cienceconempr/gestao/analise-de-pareto/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2ª ed – 3ª reimpressão, 2008.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos modos de falha e efeitos**. ed. São Paulo: Instituto IMAN, 1997.

REZENDE, F. **Ferramentas da Qualidade – Diagrama de Pareto e Folha de Verificação**. Disponível em: <<http://www.gestaoporprocessos.com.br/ferramentas-da-qualidade-diagrama-de-pareto-e-folha-de-verificacao/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ROBLES JR, A.; BONELLI, V. V. **Gestão da Qualidade e do meio ambiente: enfoque econômico, financeiro e patrimonial**. São Paulo: Atlas 2006

RODRIGUES, Marcus Vinicius Carvalho; **Ações para a qualidade GEIC: gestão integrada para a qualidade**. 2ed. atualizada e ampliada Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SANTOS, Edno Oliveira dos. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

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

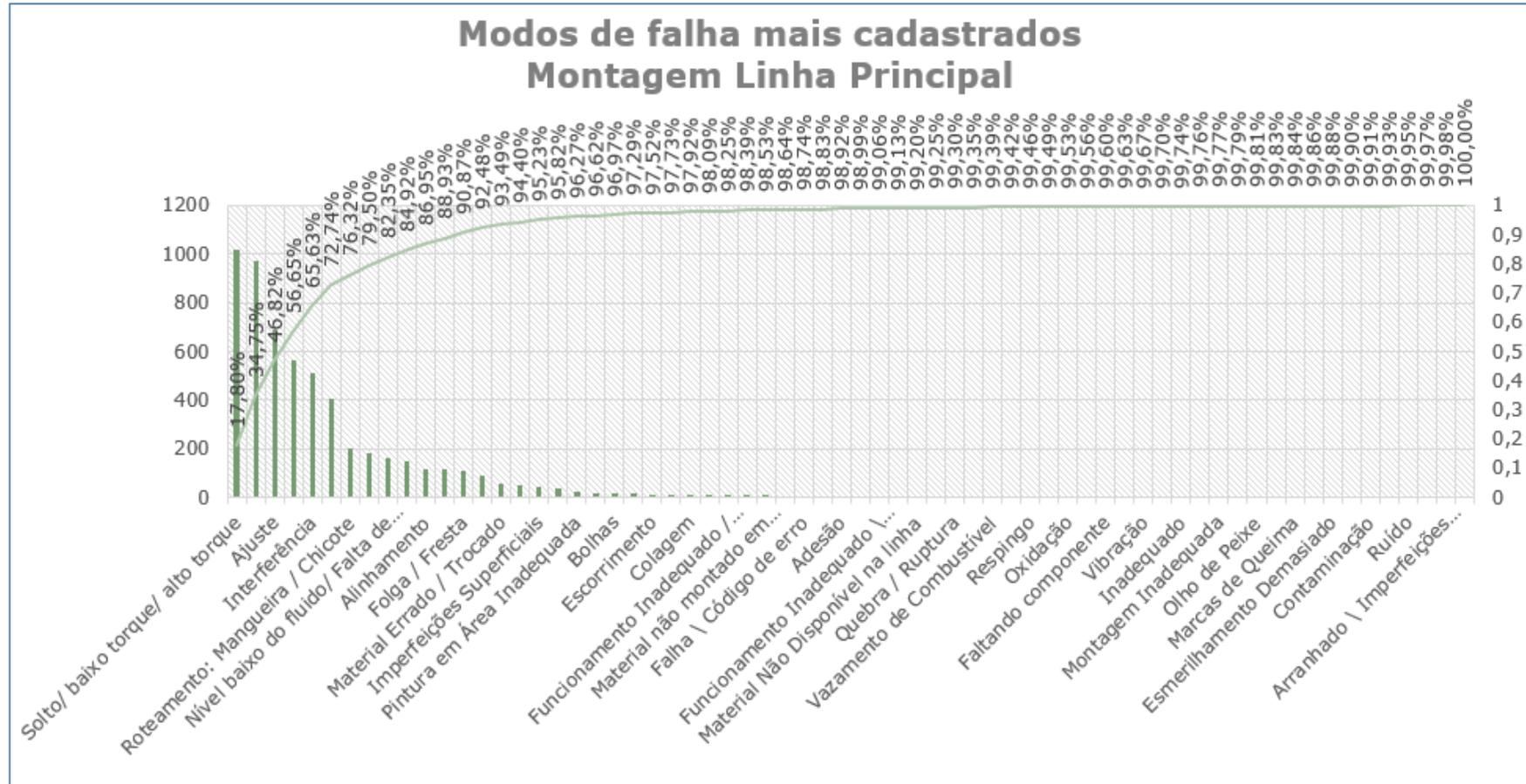
WERKEMA, Cristiana. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

## APÊNDICES

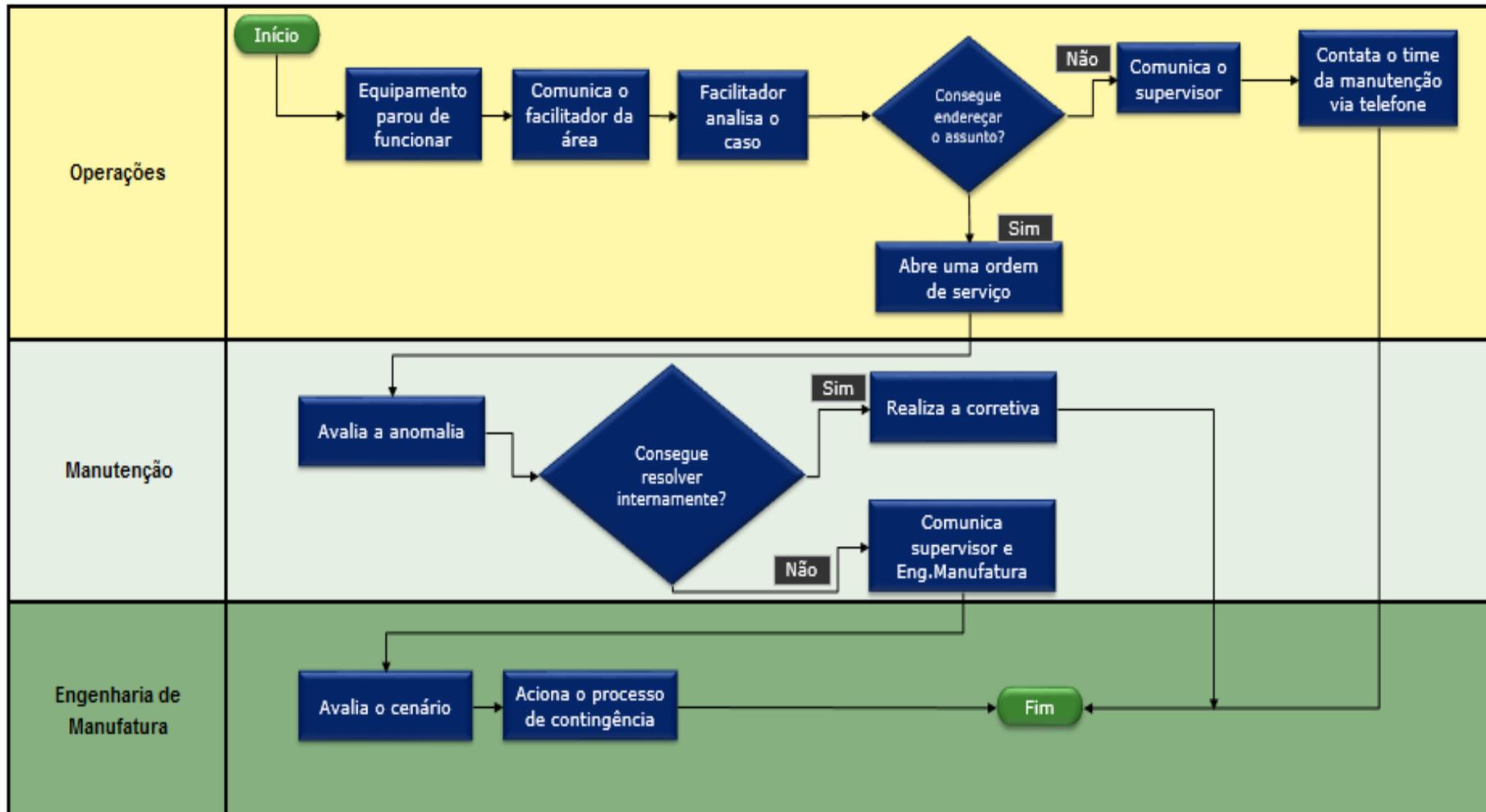
## APÊNDICE A - FOLHA DE VERIFICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE APERTO UTILIZADAS NA LINHA DE MONTAGEM

Local		Modelo Colheitadeira	Estação	Local	Parafusadeira	Modelo PF	Modelo	Tag PF	Tolerância
Data: 19/07/2018		E-mail: <a href="mailto:cm001576@fahor.com.br">cm001576@fahor.com.br</a>							
Eng Responsável Cristiano M de Mattos		Fone: (55) 996904498							
Folha de verificação de ferramentas de aperto utilizadas na linha de montagem									
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF1704	Bosch Exact 12	Apertadeira elétrica	bateria	1,85 Nm	20%
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF1189	EP07 PTX	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF2027	ULT150	Apertadeira hidropneumática		M14	20%
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF850	LTV28	Apertadeira angular hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF2078	ULT150	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	S400/S500/S600	Posto 0	Linha Principal	PF1566	EP07 PTX	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Pré-Montagem	PF1300	EP10 PTS90 HR1	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Pré-Montagem	PF397	UL90	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Pré-Montagem	PF657	EP10 PT HR13/C	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Pré-Montagem	PF1024	UXR2400	Apertadeira hidropneumática		M20	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Pré-Montagem	PF1867	EP12PTS150	Apertadeira hidropneumática		M12	20%
Colheitadeira	Série S / S400	Posto 1	Pré-Montagem	PF1864	EP8PTS55 HR10-	Apertadeira hidropneumática		Sem Etiqueta	10%
Colheitadeira	Série S / S400	Posto 1	Linha Principal	PF1560	UAN-701R-60C	Apertadeira rotativa pneumática		M8	20%
Colheitadeira	Série S / S400	Posto 1	Linha Principal	PF859	ALPHA 130	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Linha Principal	PF880	EP06 PT HR10/C	Apertadeira hidropneumática		M8	20%
Colheitadeira	Série S	Posto 1	Linha Principal	PF2077	ULT90	Apertadeira hidropneumática		M10	20%
Colheitadeira	Série S / Magma	Posto 2	Linha Principal - CA102000	PF968	EP12 PTHR13/C	Apertadeira hidropneumática		M12	20%
Colheitadeira	Série S / Magma	Posto 2	Linha Principal - CA102000	PF1253	ULT70	Apertadeira hidropneumática		M8	20%
Colheitadeira	Série S / Magma	Posto 2	Linha Principal - CA102000	PF233		Apertadeira hidropneumática		M8	20%
Colheitadeira	Série S / Magma	Posto 2	Linha Principal - CA102000	PF2015	Bosch Exact 12	Apertadeira elétrica	bateria	Sem Etiqueta	20%

## APÊNDICE B – DIAGRAMA DE PARETO PARA OS MODOS DE FALHAS

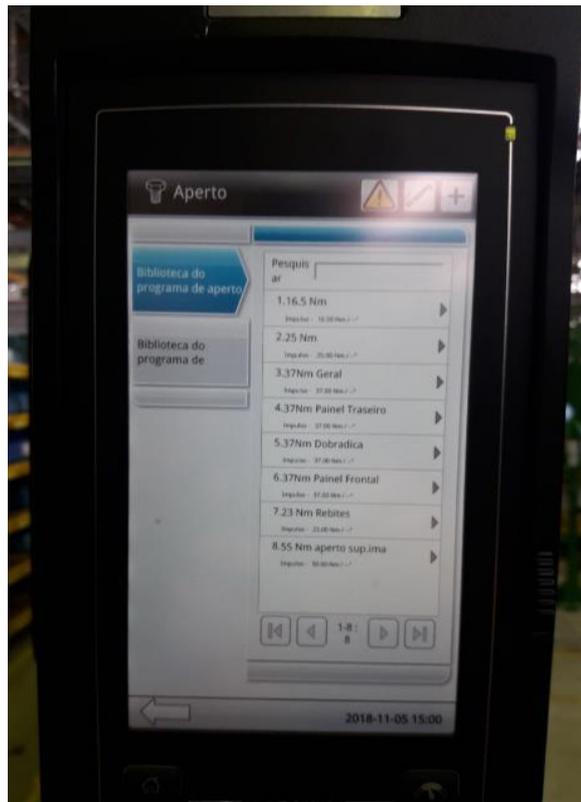


### APÊNDICE C - FLUXO DO PROCESSO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMA



## APÊNDICE D – IMAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO









### APÊNDICE F – FMEA DE PROCESSO

FMEA DE PROCESSO		Novo conceito de apertadeiras											
Líder do FMEA: Cristiano M de Mattos		Produto: Colheitadeiras		Nº FMEA:		Projeto: Apertadeira Eletrônica TBP				Resp. Projeto: Cristiano M de Mattos			
Participantes: ME, QE, DE e OP		Time: Confidencial		Data Original:		Fornecedor: Confidencial				Última Rev.: 14/11/2018			
		Sistema: Aperto		Componente(s): Blindagens do modelo S400/S500/S600									
		Nível de Prioridade de Risco - Risk Priority Level											
		Número de Prioridade de Risco - Risk Priority Number											
Etapas do Processo (Requerimentos)	Modo de Falha Potencial	Severidade do Efeito Efeito Potencial da Falha (Local, Nível Superior) (Usuário Final)	S E V	Probabilidade da Ocorrência Causas Potenciais da Falha	O C O	Controles de Detecção de Processo				D E T	R P N	R P L	Ações Recomendadas
						Controles de Processo Atuais (CEP, Teste Funcional, Visual, etc.)		Prevenção	Detecção				
Apertar dobradiça da blindagem	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Apertar suporte do farolete	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Montagem e aperto do farolete	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Montagem e roteamento do chicote elétrico	Roteamento incorreto	Cliente insastifeito, perda da função	4	Regulagem inadequada	3	Instrução de trabalho	Inspeção, ferramentas e gabarritos	8	96	M	Adicionar atividade para o inspetor da área auditar por amostragem o processo		
Aperto do suporte da mola a gás	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Apertar suporte do trinco	Torque	Desempenho reduzido	4	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	48	L	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Apertar trinco na blindagem	Torque	Desempenho reduzido	4	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	48	L	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Apertar o suporte do ímã	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Apertar conjunto de fechadura	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Montagem dos insertos	Torque	Perda da função	5	Torque incorreto - alto, baixo	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	60	M	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		
Montagem do decalco nas blindagens	Bolhas e alinhamento	Cliente insastifeito	4	Aparência	3	Instrução de trabalho	Inspeção, ferramentas e gabarritos	8	96	M	Implementar uma máscara para aplicação do decalco na posição correta/Treinamento para operadores		
Aperto com chave manual nos locais sem acesso	Torque	Perda da função	4	Torque incorreto - alto, baixo, esquecimento (solto)	4	Sistema a prova de erros	Sistema a prova de erros	3	48	L	Introdução de equipamentos de aperto eletrônico		