



Anderson do Nascimento

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS COM CONTROLE DE TORQUE PARA
REDUÇÃO DE FALHAS**

Horizontina - RS

2020

Anderson do Nascimento

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS COM CONTROLE DE TORQUE PARA
REDUÇÃO DE FALHAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Profa. Eliane Garlet, Ma.

Horizontina - RS

2020

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

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

“Implementação de ferramentas com controle de torque para redução de falhas”

**Elaborada por:
Anderson do Nascimento**

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

Aprovado em: 17/07/2020
Pela Comissão Examinadora

Mestra. Eliane Garlet
Presidente da Comissão Examinadora - Orientadora

Mestre. Geovane Webler
FAHOR – Faculdade Horizontina

Mestre. Luis Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2020**

Aos meus pais, pelos ensinamentos e pelo exemplo que são pra mim. À minha querida Alana, pelos incentivos, dedicação e compreensão. Aos amigos e família que sempre acreditaram na minha vitória.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia de Produção, pelo apoio, pelas preciosas orientações e pelo empenho que sempre tiveram ao repassar seus conhecimentos. A empresa por ter proporcionado a realização deste trabalho. À professora Eliane Garlet pela amizade, apoio e pelas orientações dadas para a realização deste trabalho.

“Não aponte falhas, aponte soluções”.

(Henry Ford)

RESUMO

Em tempos de intensa competitividade, conhecer os fatores que influenciam no desempenho da organização assume um ponto extremamente vital para o seguimento do negócio, que precisa tornar-se cada vez mais competitivo para maximizar seu espaço de atuação no mercado. O presente trabalho foi realizado em uma empresa do ramo metal mecânico envolvendo o processo de montagem da plataforma de motores, que vinha enfrentando altos índices de falhas de torque e vazamento em componentes do sistema hidráulico dos equipamentos produzidos. Este trabalho teve como objetivo implementar ferramentas de torque com controle para redução destas falhas. Utilizou-se o método de pesquisa-ação pois é focado na resolução do problema no chão de fábrica e abordagem qualitativa, que buscou mostrar os benefícios do novo método. Os dados de falhas foram coletados do sistema de gestão da empresa, e também, foram mapeados todos os torquímetros utilizados na linha de montagem de motores. Para a execução do projeto e foco nos resultados foram selecionadas as dez ferramentas que representavam as maiores falhas durante o último ano. Com base nesse mapeamento, foram utilizadas ferramentas da qualidade e implementados torquímetros com controle de aplicação de torque. Após a implementação, foram analisados novamente o histórico de falhas de vazamento e observado uma redução de 96% nas falhas relacionadas as dez ferramentas estudadas, indicando assim que o novo método de aplicação de torque se mostrou eficaz na redução dos defeitos de vazamento do sistema hidráulico dos equipamentos.

Palavras-chave: Qualidade. Controle de torque. Falhas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicação de torque.....	17
Figura 2: Torquímetros	19
Figura 3: Oito perdas da manufatura.....	30
Figura 4: Fluxograma de implementação	35
Figura 5: Linha do tempo da implementação	36
Figura 6: Total de falhas por área	38
Figura 7: Análise de dados de falhas do motor	39
Figura 8: Falhas por componente.....	39
Figura 9: Dados custos e garantias das falhas.....	40
Figura 10: Torquímetro processo atual.....	41
Figura 11: Aplicação de torque.....	41
Figura 12: Instrução de trabalho.....	42
Figura 13: Cabeçalho do roteiro	42
Figura 14: Índice de risco PFMEA.....	44
Figura 15: Fluxo da Montagem como um processo	45
Figura 16: Ferramenta de seleção de ferramenta	46
Figura 17: Custo das ferramentas	47
Figura 18: Torquímetros SLTC.....	48
Figura 19: Painel Global 400.....	48
Figura 20: Fluxo de informação do torque.....	49
Figura 21: Sinal luminoso do torquímetro (OK)	50
Figura 22: Posicionamento dos painéis no <i>layout</i>	53
Figura 23: Painel Global 400 instalado.....	53
Figura 24: Fluxo do cadastro no painel	55
Figura 25: Fluxo de cadastro da <i>interface</i>	56
Figura 26: Sistema de gerenciamento da fábrica	57
Figura 27: Execução do sistema de gerenciamento de fábrica	59
Figura 28: Torquímetros <i>Sturtevant Richmond</i> na linha de montagem	60
Figura 29: Falhas antes e depois da implementação	61
Figura 30: Falhas por componente após implementação.....	62
Figura 31: Dados de falhas antes e depois da implementação	62
Figura 32: Projeção de quantidade de custo e garantias de campo.....	63

Figura 33: Índice de risco PFMEA antes e depois da implementação63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Perdas do <i>Lean Manufacturig</i>	31
Quadro 2: Lista de torquímetros	51

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEP - Controle Estatístico do Processo

ERP - *Enterprise Resource Planning*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

PDCA - *Plan, Do, Check and Act*

PFMEA - *Process of Failure Mode and Effects Analysis*

SAP - Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 HIPÓTESES	14
1.5 JUSTIFICATIVA	14
1.6 OBJETIVOS	15
1.6.1 Objetivo Geral	15
1.6.2 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 AUTOMAÇÃO NAS INDÚSTRAS	16
2.2 CONCEITO DE TORQUE	17
2.3 FERRAMENTAS DE CONTROLE DE TORQUE	19
2.4 CONTROLE DE QUALIDADE	20
2.4.1 Ciclo PDCA	21
2.4.2 FMEA	21
2.4.3 POKA-YOKE (MISTAKE PROOFING)	23
2.5 CRONOANÁLISE	25
2.6 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE	26
2.7 AS 8 PERDAS DA MANUFATURA	28
2.8 SISTEMAS DE GESTÃO	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	33
3.1.1 Método de Pesquisa Adotado	33
3.1.2 Abordagem Qualitativa	33
3.1.3 Objetivos da Pesquisa	34
3.2 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO	34
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	37
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	38
4.3 ANÁLISE DE PROCESSO E QUALIDADE	40
4.3.1 Processo atual de aplicação de torque	41
4.3.2 Análise de PFMEA do processo	43
4.4 ESCOLHA DAS FERRAMENTAS	45
4.5 LEVANTAMENTO DAS QUANTIDADES DE FERRAMENTAS	51
4.6 IMPLEMENTAÇÃO DAS NOVAS FERRAMENTAS	52
4.6.1 Cadastro de manutenção e calibração	52
4.6.2 Instalação dos painéis Global 400	53
4.6.3 Configuração dos programas de torque	54
4.6.4 Testes na linha de montagem	58
4.7 TREINAMENTO DOS MONTADORES	60
4.8 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE FALHAS APÓS IMPLEMENTAÇÃO	61
CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A – PFMEA DE PROCESSO	71

1 INTRODUÇÃO

A teoria Japonesa da manufatura enxuta é baseada na melhoria dos processos de fabricação, pela eliminação contínua das perdas nos processos produtivos. Um grande diferencial competitivo no mundo dos negócios, juntamente com a manufatura enxuta, é a eficiência dos processos e da qualidade do produto final.

Atualmente, quanto menos custos com falhas nos produtos as empresas tiverem, maior será a probabilidade de crescimento da mesma. Isso se dá devido aos altos custos com reparos e *recalls* que são pagos pelas empresas após as falhas acontecerem em campo. Surge então, a necessidade de identificar estes principais pontos geradores da má qualidade na empresa, auxiliando assim na manutenção da marca e no faturamento das organizações.

Em tempos de alta competitividade das empresas, onde os clientes estão cada vez mais criteriosos e seletivos, é necessário investir no desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas para se manter no mercado e, ao mesmo tempo, atingir as expectativas com relação a qualidade dos produtos.

Ao analisar os relatórios de falhas da empresa estudada, que são obtidos das estações de teste e revisão da empresa, observa-se que as falhas relacionadas a torque, sejam elas em sistemas hidráulicos ou em juntas parafusadas, são recorrentes e estão entre as principais falhas do produto na empresa. Com base nestes dados encontrados, este tema precisa de um foco maior para a redução dos níveis de falhas por máquina.

O presente trabalho visa auxiliar a empresa estudada na redução das falhas relacionadas a torque com sistemas hidráulicos, utilizando para isso a implementação de um novo modelo de ferramentas de torque com sistema de controle que identifica a execução da tarefa.

As ferramentas de torque com controle possuem conexão com o sistema de gerenciamento de produção, que auxiliam o operador na execução de suas tarefas, identificando a ferramenta correta, no momento e quantidade corretos. Desta forma, evitando que falhas como falta de torque e torque incorreto sejam executados no processo de montagem.

1.1 TEMA

O foco deste trabalho foi a implementação de um novo método para aplicação e controle de torque que possibilite a redução de falhas relacionadas ao sistema hidráulico.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho de implementação de um novo método para aplicação e controle de torque para redução de falhas e vazamentos no sistema hidráulico, foi realizado na linha de montagem de motores em uma empresa do ramo metal mecânico, localizada na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

No mercado atual, cada vez mais os problemas relacionados a qualidade são determinados como um dos maiores geradores de custos para as empresas. Dentre estes custos podem-se citar recalls e garantias. Porém, há um impacto consideravelmente maior do que o custo monetário sobre a marca, que gera a perda de credibilidade dos clientes e uma potencial perda de vendas futuras.

As falhas hidráulicas dos equipamentos são consideradas críticas dentro da empresa e pelos clientes, pois geram a parada do equipamento até que o vazamento seja encontrado e reparado. Na empresa estudada, as falhas de vazamento e falta de torque são os modos de falha que mais se repetem nas áreas de teste e revisão.

Existem várias causas para estas falhas, como baixo torque, excesso de torque ou a falta de torque. Há ainda falhas no anel de vedação, que ocorrem devido a torque incorreto. Todas estas falhas podem ocorrer devido ao volume de ferramentas disponíveis, o que pode confundir o operador.

Levando estes dados em consideração ao tema proposto, o problema de pesquisa caracteriza-se com a seguinte pergunta: a implementação de ferramentas de torque com controle realmente seria uma solução eficaz para a redução de falhas hidráulicas para o equipamento?

1.4 HIPÓTESES

As falhas com torque nos componentes do sistema hidráulico ocorrem por esquecimento do operador e pelo uso de ferramentas incorretas, ou seja, aplicando baixo torque ou sobre torque.

A utilização de ferramentas de torque com controle resolve o problema de uso de ferramentas incorretas e esquecimento pelo operador. Os torquímetros com controle conectados ao sistema de gerenciamento da fábrica, orientam o operador a utilizar a ferramenta correta, no momento correto e na quantidade de torque correto.

1.5 JUSTIFICATIVA

Atualmente as empresas estão buscando novas estratégias para agilizar seus processos de manufatura e também para reduzir os seus custos diretos e indiretos. Cada vez mais estas empresas estão percebendo as grandes possibilidades de redução de desperdícios gerados por uma má qualidade de produtos e processos.

Em tempos de intensa competitividade, o conhecimento dos fatores que influenciam no desempenho da organização, representa um aspecto extremamente vital para o seguimento do negócio. Problemas com a qualidade dos produtos são críticos e podem definir o sucesso ou fracasso de uma empresa.

É necessário analisar cautelosamente os indicadores de qualidade da organização e identificar o quanto antes os problemas críticos, evitando gastos desnecessários e impactos negativos na marca. Isso está diretamente ligado a manutenção dos clientes, que estão cada vez mais exigentes em relação a qualidade dos produtos.

As falhas com torque em componentes do sistema hidráulico mapeados neste trabalho têm um alto índice de repetibilidade, assim sendo, uma das maiores causas de não conformidade dos componentes. É necessário então fazer uma análise criteriosa dos principais pontos de falha e implementar uma solução eficaz para a empresa, neste caso, tecnologias que possam reduzir os problemas e que ainda estejam de acordo com os conceitos da indústria 4.0.

Em outras palavras, é essencial conhecer os principais modos de falhas e colocar foco para que eles sejam reduzidos ou eliminados, isso está ligado diretamente a um trabalho em conjunto das áreas de engenharia de manufatura e qualidade, em busca dos melhores processos e com mais qualidade.

A implementação e resultados deste trabalho darão informações relevantes para os engenheiros de manufaturas da empresa expandirem a utilização das novas ferramentas de torque para outras áreas da empresa e também para outras unidades da mesma.

O novo processo com ferramentas com controle traz uma maior confiabilidade por parte dos montadores da empresa. Com os novos processos alinhados a Ferramenta de gerenciamento da fábrica, os operadores são orientados pelo sistema sobre qual ferramenta usar, evitando assim esquecimentos e falhas.

O retorno para o cliente talvez seja o mais impactante para este novo sistema. Pois o mesmo evita que peças soltas ou com vazamentos cheguem até o campo, evitando assim a parada das máquinas durante a colheita, que cada vez mais, é realizada em períodos de tempo menores.

1.6 OBJETIVOS

Diante do exposto, foram elaborados os objetivos que conduziram o trabalho.

1.6.1 Objetivo Geral

Implementar uma ferramenta de torque que auxilie na redução de falhas relacionadas a torque em montagens do sistema hidráulico.

1.6.2 Objetivos Específicos

De modo que objetivo geral fosse alcançado foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os dados de qualidade das falhas antes da implementação;
- Verificar o processo de torque atual e escolha do novo processo;
- Realizar o levantamento *in loco* da quantidade de torquímetros necessários;
- Implementar as novas ferramentas na linha de montagem de motores;
- Analisar os dados de qualidade das falhas após a implementação e mensurar se houve redução de falhas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos que serviram de embasamento para a elaboração deste trabalho.

2.1 AUTOMAÇÃO NAS INDÚSTRAS

Atualmente, vivencia-se na quarta revolução industrial, popularmente conhecida como indústria 4.0, o que vem revolucionando de forma rápida e muito significativa todo o mundo, principalmente o setor industrial. Isso porque os avanços tecnológicos estão, cada vez mais, configurando grandes ciclos sociais, econômicos e políticos ao redor do mundo. Ainda, segundo especialistas esta fase é uma grande mudança movida através dos recursos que a tecnologia proporciona como, por exemplo, inteligência artificial, internet das coisas, robótica e nanotecnologia. Para esta nova fase mundial, deu-se o nome de 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0 (SEBRAE, 2018).

A denominação “Indústria 4.0” possui sua origem na Alemanha, onde foi utilizada pela primeira vez no ano de 2011 durante a *Hannover Fair* (evento anual que ocorre na cidade de Hannover e trata sobre tecnologia e inovações industriais). A autoria da expressão é atribuída a um grupo de pesquisadores alemães que estavam no evento apresentando um projeto sobre fábricas inteligentes. Esse projeto, através da utilização de sistemas físicos e virtuais integrados em toda a cadeia produtiva e logística, permitia possibilidade de se ter uma operação fabril de maneira mais autônoma, eficiente e produtiva (SEBRAE, 2018).

De acordo com Faustino (2016) a indústria 4.0 pode ser caracterizada por sua customização em massa, bem como, personalização da linha de produção, tudo isso de forma ligada a conjuntos de tecnologia como robótica, realidade aumentada, big data, internet das coisas, inteligência artificial, nanotecnologia e simulações.

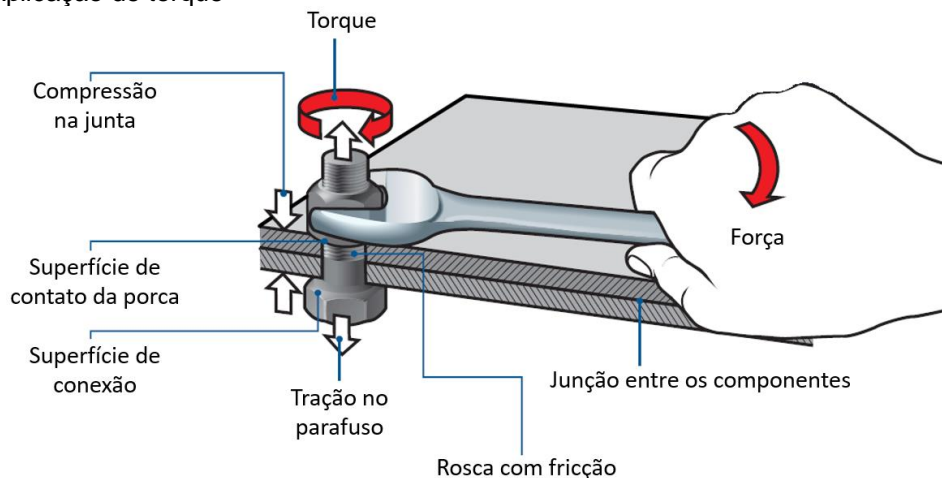
A indústria 4.0 promete grandes benefícios como ganhos em produtividade e redução de custo com as plantas. Também faz a aproximação entre os fornecedores e os clientes, visto que há uma transformação digital na indústria 4.0. A inclusão de mais ferramentas de gestão e tomada de decisão também é um dos principais benefícios (VENTURELLI, 2019).

2.2 CONCEITO DE TORQUE

De acordo com a Gedore (2020) torque é um momento de torção, o que é diferente da tensão por tração. Contudo, utiliza-se o torque para a criação de tensão. Isso acontece, conforme é possível visualizar na Figura 1, ou seja, percebe-se que conforme a porca e o parafuso são apertados, ocorre a união das duas chapas. O ângulo da rosca no parafuso faz com que ocorra a conversão da força aplicada em tensão no corpo do parafuso.

Segundo com o mesmo autor, é de suma importância o conhecimento de que a quantidade de tensão no parafuso é algo crítico, considerando que quando o parafuso é tensionado de forma correta, ele está trabalhando na sua eficiência ideal e assim irá resistir a sua deformação plástica. Porém, se a tensão for muito baixa, a porca pode vibrar ou trabalhar solta. Já se a tensão for muito alta, o parafuso pode quebrar. Desta forma, cada parafuso possui um valor correto de torque/tensão, conforme sua aplicação.

Figura 1: Aplicação de torque



Fonte: Adaptado do Catálogo Gedore (2020)

De acordo com Antunes Junior e Dallalibera [s.d] torque refere-se a uma quantidade física vetorial. O mesmo é a medida de uma força que age em algum objeto fazendo com que o mesmo gire em um ponto central, conhecido também como pivô. A distância deste ponto pivô até o ponto na qual a força atua se chama braço do momento.

Na Equação 1 é possível visualizar a equação que define o torque.

Equação 1: Equação de torque

$$T = F \times L$$

Ainda conforme Antunes Junior e Dallalibera [s.d], o torque pode ser explicado como a resultante de uma força que é aplicada em um braço de alavanca. Seguindo a Equação 1, onde “T” refere-se ao torque, “F” a força e “L” é comprimento da alavanca. O torque possui algumas unidades que são resultado da multiplicação de determinada distância com a força que é aplicada. Assim, tem-se: N.m (*Newton metro*), lbf.ft (*Libra pé*), kgf.m (*Kilograma força metro*).

Para Halliday, Resnick e Walker (2018) é possível descrever torque teoricamente como uma ação de giro ou ainda de torção de uma alavanca através da aplicação de uma determinada força. No sistema internacional a unidade de medida para o torque é N.m (*Newton metro*).

Atualmente o torque, conhecido também por força de união, é um dos fatores mais importantes para que união entre duas juntas aconteça. Isso devido ao fato de que a força de união necessita ser suficientemente capaz de suportar toda a carga para a qual a junta em questão foi projetada, bem como, é preciso que a junta consiga permanecer firme evitando afrouxamentos caso seja exposta a alguma força intermitente (*ATLAS COPCO, 2003*).

Na maioria das aplicações, a confiabilidade da junta depende da capacidade que o parafuso possui de fixar as peças, sendo que uma fixação adequada previne o movimento relativo entre as peças da junta e também o vazamento em juntas que possuam vedações (*GEDORE, 2020*).

Geralmente, se refere a força de união como torque, porque no dia a dia dos processos produtivos não se tem uma forma prática de medir a força de união (*ATLAS COPCO, 2003*).

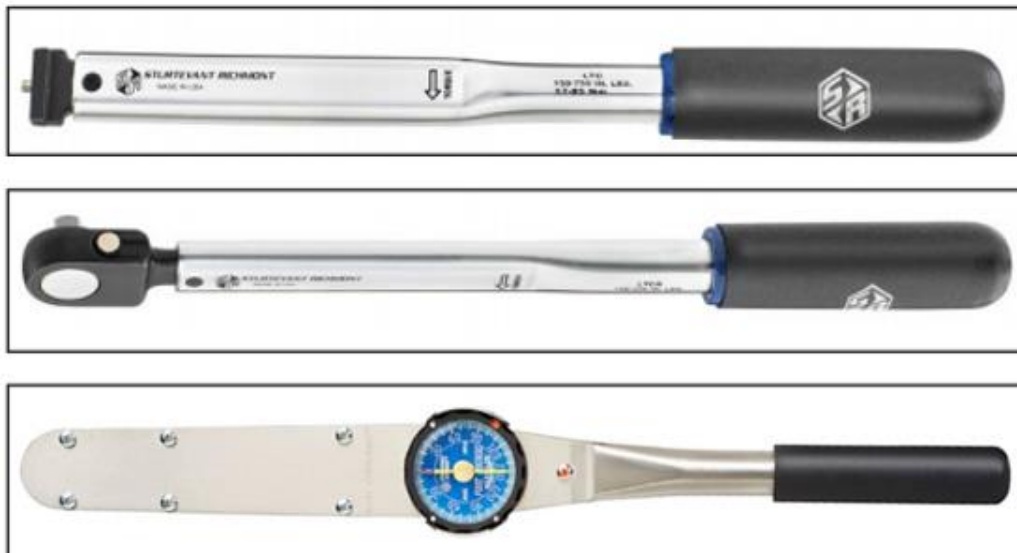
Ainda, conforme o autor supracitado, é relevante lembrar que dentro da faixa elástica do alongamento do parafuso, há uma relação direta entre o torque e a força de união. Contudo, aproximadamente 10% do torque que é aplicado se transfere para a força de união, fazendo com que o restante da força do aperto seja através do atrito da junta parafusada (sendo então, 40% do torque para o atrito na rosca e 50% no atrito sobre a cabeça do parafuso). Essa relação pode mudar proporcionalmente com aumento ou redução do atrito nos demais componentes.

2.3 FERRAMENTAS DE CONTROLE DE TORQUE

Considerando a importância da função do torque, fica clara a necessidade de ter alguma garantia de que o mesmo foi aplicado com a força necessária para evitar problemas. Sendo assim, é preciso realizar medições, essas podendo ser estáticas ou dinâmicas (ATLAS COPCO, 2003).

Conforme o manual de torque da *STURTEVANT RICHMONT* [s.d] para a aplicação do torque a ferramenta utilizada é o torquímetro ou chave de torque, que basicamente são dispositivos de aplicação e medição de torque. Estas ferramentas de torque precisam passar por um processo de calibração e ajustes para que possam medir a resistência ao giro. A Figura 2 mostra alguns exemplos de torquímetros.

Figura 2: Torquímetros



Fonte: Catálogo online Sturtevant Richmond (2020)

As ferramentas de torque ou torquímetros podem ser comparados com outras ferramentas como micrômetros, níveis, e ainda com outros dispositivos de medição que necessitam de calibração (*STURTEVANT RICHMONT*, [s.d.]).

Segundo a *Atlas Copco* (2003) quando o torque de aperto é verificado no final do processo, ou seja, quando o aperto já foi finalizado, denomina-se medição estática. Esta medição, normalmente, é realizada de forma manual, na maioria das vezes utilizando um torquímetro de estalo com uma embreagem que possibilita ser pré-ajustada a um determinado torque. Assim, caso o torque seja superior ao torque pré-estabelecido, essa embreagem irá se soltar com um estalo. Caso o torque seja

menor, é possível aumentar o mesmo até que ocorra o estalo da embreagem. Contudo, este tipo de torquímetro não permite verificar quando há um torque excessivo.

Para que a leitura do torque seja realizada de forma adequada, o torque precisa ser lido instantaneamente quando o parafuso inicia o seu giro. Ainda, para realizar o Controle Estatístico do Processo (CEP), é possível programar os verificadores eletrônicos de torque para um número X de análises, podendo elas serem manuais ou automáticas, conectadas a um computador (*ATLAS COPCO*, 2003).

Conforme o autor supracitado, no que se refere ao outro método de medição de torque, a medição dinâmica, a mesma significa que o torque é medido de forma contínua durante todo o processo de aperto. Geralmente, este é o método preferido para ser utilizado na produção, onde usa-se ferramentas de aperto. Uma das vantagens que esse método possui em relação ao estático, é a indicação do desempenho da ferramenta sem que exista a influência das variações no atrito em repouso e sem o relaxamento da junta. Ainda, elimina a necessidade de se ter uma verificação subsequente.

Conforme o mesmo autor, na medição dinâmica, a medição do torque só é possível quando se tem ferramentas com transmissão de torque direta, isto é, sem força de pulsação como ocorre nos casos em que se usa chaves de impacto e apertadeiras de impulso.

O objetivo de monitorar o aperto dos torques, é garantir que o mesmo seja feito com a força de união desejada e evitar falhas. Contudo, isso não garante 100% de certeza do torque adequado (*ATLAS COPCO*, 2003).

2.4 CONTROLE DE QUALIDADE

Segundo Paladini (2008) o controle da qualidade possui o intuito de analisar, pesquisar e prevenir os defeitos que podem ocorrer nos processos e produtos, sendo que a análise e a pesquisa são atividades do meio do processo e a prevenção a atividade final deste controle da qualidade.

De acordo com Campos (2004a) para que haja um bom controle dos processos, bem como para, aperfeiçoá-los é necessário possuir uma metodologia adequada. Para tanto, torna-se importante a utilização das ferramentas da gestão da qualidade, como o PDCA, escolhido para este estudo.

2.4.1 Ciclo PDCA

De acordo com Werkema (1995) o ciclo PDCA refere-se a um método gerencial que possibilita uma tomada de decisão capaz de garantir que as metas essenciais à sobrevivência das empresas, sejam atingidas. Este método significa no seu idioma original, planejar, fazer, checar e agir.

Este método surgiu através dos conceitos da Teoria da Administração Científica de Taylor e da Teoria Clássica da Administração de Fayol, sendo que Taylor preferia as tarefas da área de produção das empresas enquanto Fayol preferia o que se referia a estrutura da organização. Ambos os conceitos possuíam o mesmo objetivo: obter maior produtividade do trabalho e também uma maior eficiência nas empresas o que seria possível através de uma forma sequencial, tornando o processo mensurável e repetitivo (JURAN 1998; DEMING, 1990).

Segundo Taylor (1995), a administração passou a possuir novas responsabilidades divididas em quatro princípios:

- Princípio de Planejamento: significa remover a improvisação e adicionar a ciência através do planejamento de um método;
- Princípio de Preparo: trata-se de preparar mão de obra, máquinas e equipamentos para a produção;
- Princípio de Controle: refere-se a controlar o trabalho realizado com o intuito de garantir que o mesmo está sendo executado conforme as normas estabelecidas e de acordo com o planejamento;
- Princípio da Execução: significa distribuir de forma equilibrada as atribuições de cada parte envolvida no processo para que o mesmo ocorra de maneira disciplinada.

2.4.2 FMEA

A *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) ou análise dos modos e efeitos das falhas, é uma ferramenta adotada para análise de falhas, sendo umas das mais utilizadas para tal análise. Surgiu nos anos 60 com o intuito de gerar uma maior confiabilidade nos projetos das indústrias aeroespaciais. Na sequência foi diversificado para diversas áreas como industriais automotivos, nuclear e aeronáutica (ROMEIRO FILHO, 2010).

O FMEA é uma técnica analítica que permite apontar e registrar falhas potenciais em diversos processos, sendo que seu objetivo é eliminar ou pelo menos minimizar as falhas e suas ocorrências (ROMEIRO FILHO, 2010).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009) a FMEA é utilizada como um método de confiabilidade no qual há três principais objetivos, sendo eles: (i) reconhecer e analisar as falhas potenciais no processo e produto, (ii) estabelecer ações que possam eliminar ou minimizar a ocorrência da falha, (iii) realizar estudos documentados para que no futuro possam ser utilizados no intuito de contribuir em revisões de projetos ou processo.

De acordo com Palady (2004) FMEA sua aplicação consiste na criação de uma equipe que fornece suporte ao engenheiro responsável pela implantação do projeto. É necessário que uma pessoa seja responsável pelo estudo do FMEA, porém, o mesmo deve ser realizado por uma equipe multifuncional. De forma geral, a equipe deve possuir engenheiros com conhecimento do projeto, desenvolvimento de fornecedores, manufatura, qualidade, vendas, confiabilidade e ainda assistência técnica.

Sempre que possível, é de grande importância que se realize um estudo antes da falha ocorrer e não somente após a sua ocorrência, assim reduzindo custos desnecessários à sua organização (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.4.2.1 FMEA de Processo

A FMEA de processo ou PFMEA (*Process Failure Modes and Effects Analysis*) possui como principais objetivos garantir que as atividades sejam realizadas de acordo com o que foi designado e prevenir as potenciais falhas do processo (PALADY, 2004).

A PFMEA é uma técnica de análise utilizada pelas equipes para garantir que os modos potenciais de falha não criem problemas no processo. Todas as etapas do processo devem ser detalhadas e analisadas para que sejam possíveis identificar as falhas potenciais (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Conforme Couto e Marash (2012) a FMEA de processo é uma ferramenta muito utilizada para identificar os modos de falhas potenciais, bem como, para reduzir ou eliminar as consequências negativas no processo. Normalmente é utilizada para analisar fases de fabricação e também de montagem depois de definir o processo produtivo. No entanto, quando ocorrer uma falha, seja no procedimento

ou na qualidade, a FMEA de processo também deve ser aplicada (ROMEIRO FILHO, 2010).

Para Martins (2013) a FMEA de processo apresenta os itens que podem possuir alguma falha. A avaliação de tais itens deve ser efetuada por uma equipe capacitada, antes da produção ser iniciada e durante toda a vida útil do produto.

Por fim, Fogliatto e Ribeiro (2009) concordam com o pensamento descrito anteriormente quando comentam que a FMEA de processo necessita ter seu início logo após a criação do processo, considerando todo o processo de manufatura. A PFMEA permite antecipar, prevenir e minimizar os impactos, gerando maior confiabilidade ao longo de toda cadeia produtiva. Contudo, deve ser revista de forma periódica ou a cada ciclo de melhoria contínua do processo em questão.

2.4.3 POKA-YOKE (MISTAKE PROOFING)

A implementação de sistemas *poka-yoke* é recomendada quando se verifica que algum processo possui instabilidade, uma vez que o *poka-yoke* precisa ser entendido como uma garantia de estabilidade (GROUT, 2007).

Diversas vezes, são entendidos de forma superficial como sendo sinônimos de dispositivos a prova de erros, embora podem ser compreendidos como sistemas, o que extrapola o conceito de dispositivo (MIDDLETON, 2001; CONNOR, 2006). Esse entendimento do *poka-yoke* como sendo um sistema, ocorre devido ao seu impacto sobre o seu fluxo de valor, a sua relação com outras ferramentas da qualidade, bem como práticas de produção enxuta.

Contudo, mesmo possuindo um impacto sistêmico, o *poka-yoke* não pode ser sempre entendido como um sistema. Segundo Pasa (2004), a definição de sistema é um conjunto de elementos teóricos e práticos e, quando há uma relação dos mesmos, ocasionam o funcionamento de um todo.

Quando se trata de aplicações práticas de *poka-yokes*, normalmente, as mesmas consistem em sensores, gabaritos e alarmes, que podem ser utilizados nas mais diversas situações. Shimbun (1988) por exemplo, apresenta uma relação na qual 240 *poka-yokes* analisados em 100 indústrias distintas, como nas áreas de eletrônicos, indústria pesada e automóveis. De forma similar, Grout (2007), possui um manual com inúmeros *poka-yokes* que podem ser desenvolvidos e aplicados nas áreas da saúde.

Shingo (1988) classifica os sistemas *poka-yokes* conforme o objetivo e as técnicas utilizadas. Quando se vincula ao objetivo, refere-se à função de regularem, por outro lado, quando ligadas as técnicas referem-se à função de detecção.

O mesmo autor citado anteriormente, divide a função de regularem em dois métodos: de controle e de advertência. O primeiro possui por intuito detectar uma variabilidade inesperada no processo e interrompe a operação, evitando uma produção com defeitos em série e criando um senso de urgência para implementação de uma ação corretiva. Já o segundo método, de advertência, detecta a anormalidade, porém não se tem a interrupção do processo, mas sim, somente uma sinalização sonora/visual do ocorrido.

Em relação a função de detecção, Shingo (1988) divide a mesma em método de contato, conjunto e etapas. O método de contato, geralmente, detecta anormalidades em dimensões através da utilização de dispositivos que se mantêm em contato com o produto. O método de conjunto é utilizado nas operações que são executadas em sequência de movimentos, garantindo assim, que não haja negligência de nenhum passo. Ainda, tem-se o método de etapa que também é usado de forma que garanta que nenhuma operação seja negligenciada, porém, neste método não há uma sequência idêntica das operações.

A existência de duas formas de fazer uso do *poka-yoke*, sendo elas a de controle e de advertência, se confirma. A de controle ocorre quando se tem a parada da linha de produção quando a causa do erro é detectada. Já a de advertência não trava o processo, mas emite alertas de sinalização para que o operacional possa tomar as atitudes devidas (FIORIO; HENRIQUE, 2013).

Segundo Ghinato (1996) há oportunidades para que seja utilizado o *poka-yoke* integrado com o CEP (controle estatístico de processo). Ainda, reforça que de forma errônea, utilizam *poka-yokes* em processos sem controle estatístico, porém, de forma contrária a isto, os processos que possuem controles estatísticos são os que melhor apresentam oportunidades para implantação de *poka-yokes*.

De acordo com Werkema (2014) um dispositivo *poka-yoke*, é todo e qualquer mecanismo que seja capaz de evitar que o erro aconteça ou que faça com que o mesmo seja óbvio à primeira vista, facilitando a sua detecção e correção.

Um estudo de Hinckley (2007) permitiu constatar que os problemas causados por erros humanos precisam de uma classificação de acordo com o tipo de erro. Sendo assim, os dispositivos são fortemente indicados para que detectem erros que

acontecem em atividade de rotina, em comportamentos automatizados dos operadores. Nesses casos, o pessoal operacional não está com sua atenção focada em suas atividades e, por conceito, os *poka-yokes* devem funcionar de maneira independente à atenção do operador (SAURIN et al., 2007).

2.5 CRONOANÁLISE

Conforme Dewes (2010) no setor industrial, muitos são os fatores passíveis de análise quando o assunto é gestão de operações. Em paralelo, é possível perceber que, cada dia mais, as empresas estão buscando excelência em suas tarefas, otimizando seus recursos e tempo de execução, visando assim melhores resultados. Ainda, sob essa visão, uma das melhores ferramentas que pode ser utilizada nessas situações é a cronoanálise, a qual nem sempre ganha toda a importância que merece.

Conforme Novaski e Sugai (2002) a base dos estudos de tempos está nos estudos de tempos e movimentos efetuados por Frederic W. Taylor e pelo casal Frank e Lilian Gilbreth. Taylor, conhecido como pai da “Administração Científica”, realizou uma racionalização do trabalho operário, o qual tinha como instrumento o estudo de tempos e movimentos.

Para Costa et al. (2008) o objetivo dos estudos de tempos e movimentos é a determinação da capacidade produtiva de uma linha de produção. Sendo assim, é possível realizar uma comparação com a capacidade real, gerando então, informações úteis para uma tomada de decisão.

Segundo Fellipe (2012) a cronoanálise possui significativa importância na atualidade, uma vez que é utilizada como uma ferramenta que, muito além de definir um tempo padrão, auxilia na organização dos processos, tornando-se uma maneira de acompanhar a evolução de melhorias contínuas. Ainda, informa que uma outra aplicação para a cronoanálise é a utilização do tempo padrão como um parâmetro para constituir o custo industrial pela relação de tempo padrão e custo por minuto do setor.

De acordo com Barnes (1977) existem inúmeras ferramentas que podem ser aplicadas na solução de problemas de produtividade, entre elas, está a cronoanálise que busca determinar o tempo padrão de um processo por meio de técnicas como cronometragem, avaliação de ritmo e velocidade, por exemplo.

Para Martins e Laugeni (2005) há os seguintes meios de desenvolvimento de tempos padrão: cronometragem, tempos sintéticos e também amostragem do trabalho. Ainda, informam que os estudos de tempos possuem o objetivo final de estabelecer padrões de produção e o fornecimento de dados para determinar custos e balanceamento das linhas de produção.

2.6 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE

A qualidade deixou de ser um diferencial e passou a ser uma necessidade para a sobrevivência das empresas, uma vez que sem qualidade nenhum produto ou serviço se mantém no mercado. As inúmeras frequências com a qual mudanças acontecem, são a prova de que os clientes estão mais exigentes com as suas necessidades, bem como, a grande variedade de lançamento de novos produtos também é um desses indicadores (CAMPOS, 2004a).

O mesmo autor ainda aponta que os fatores citados e outros como redução do preço de venda, avanços tecnológicos, legislação atualizada, mostram a evolução do mundo nos últimos tempos e a quantidade de mudanças as quais as empresas precisam se adaptar para seguir atuando no mercado de forma lucrativa. Ainda, provam a suma necessidade de se ter a qualidade como um meio de manter viva a empresa.

A qualidade, seja de um produto ou serviço, possui ligação direta com a satisfação absoluta do consumidor, sendo essa a base de sustentação para a sobrevivência das empresas, em qualquer ramo. Para que ocorra essa satisfação do consumidor, é necessário buscá-la de duas maneiras: defensiva e ofensiva. Na forma defensiva tem-se a preocupação em eliminar os fatos que não agradam o consumidor, através das informações do mercado. Já a forma ofensiva, busca a antecipação das necessidades do consumidor, ou seja, estar “um passo à frente” e incorporar esses aspectos no produto ou serviço fornecido (CAMPOS, 1989).

Segundo Campos (2004a) para que um produto ou serviço seja de qualidade, ele precisa atender aos requisitos impostos pelos clientes como prazo, segurança, acabamento, custo, confiabilidade. Quando esses requisitos são atingidos e ou superados de forma satisfatória, o cliente passa a considerar a empresa como parte importante do seu projeto ou sua vida. Desta forma, a empresa conquista a preferência do seu consumidor e as chances dele se tornar fiel a empresa aumenta.

De acordo com Garvin (2002, p. 47) qualidade possui diversas formas de interpretação e devido a isso, "é essencial um melhor entendimento do termo para que a qualidade possa assumir um papel estratégico".

Para Deming (1990, p.125):

A qualidade só pode ser definida em termos de quem a avalia, na opinião do operário, ele produz qualidade se puder se orgulhar de seu trabalho, uma vez que baixa qualidade significa perda de negócios e talvez de seu emprego. Alta qualidade pensa ele, manterá a empresa no ramo. Qualidade para o administrador de fábrica significa produzir a quantidade planejada e atender às especificações. Uma das frases mais famosas de Deming para conceituar qualidade é "atender continuamente às necessidades e expectativas dos clientes a um preço que eles estejam dispostos a pagar".

De acordo com Feigenbaum (considerado o pai do conceito de "Controle da Qualidade Total"), a qualidade refere-se a um instrumento estratégico de responsabilidade dos trabalhadores. Qualidade é então, uma filosofia de gestão, bem como, é um compromisso com a excelência. Muito além de um método para eliminar defeitos em operações industriais, a qualidade volta-se para fora das empresas e possui como base a orientação para o cliente, consumidor (FEIGENBAUM, 1961 *apud* MARSHALL, 2003).

A qualidade possui como enfoque básico, controlar a qualidade em todas as suas maneiras de se manifestar. Possui o papel social das empresas quando treina seus colaboradores, promovendo uma maior qualidade de ensino e de vida para os mesmos. Assim, a interpretação da qualidade de forma ampla, significa qualidade de informação, processo, divisão, pessoal, sistema, trabalho, serviço, entre tantas outras formas que a qualidade pode ser expressa (ISHIKAWA, 1993).

Contudo, para que um bom nível de satisfação do cliente seja alcançado, tem-se um longo caminho pela frente. É necessário então, que haja investimentos em máquinas, equipamentos, processos e pessoas, para que o processo como um todo seja qualificado e consiga reduzir e ou eliminar o máximo de defeitos possíveis (CAMPOS, 2004b).

Segundo Crosby (1979) a qualidade pode ser definida como o atendimento a requisitos e defende o conceito de que gestores não devem se preocupar com percepções subjetivas como "agradar ao cliente", mas deve focar-se no atendimento dos requisitos e especificações da produção. Desta forma, a satisfação do cliente torna-se uma consequência diretamente ligada ao atendimento desses requisitos.

Juran (1989) possuía a visão da qualidade como sendo o que se adapta ao uso. Para este autor, pode-se definir a qualidade de um produto através das expectativas colocadas por meio das necessidades dos clientes finais. Desta forma, as necessidades precisam ser traduzidas em especificações e incorporadas no processo de produção.

Ainda, em um cenário mais atual, Araújo (2007) defende que a qualidade é a busca pela perfeição, visando agradar cada vez mais os clientes que atualmente estão mais exigentes e conscientes do que as organizações são capazes de oferecer.

Uma das maneiras de se obter um processo, produto e ou serviço de qualidade é a padronização dos processos através da implementação de sistemas de gestão da qualidade como, por exemplo, a ISO 9001. A certificação da ISO 9001 fornece a empresa uma melhor competitividade no mercado, bem como, assegura ao cliente que o mesmo está recebendo a melhor qualidade possível, uma vez que a certificação é realizada por órgãos externos a empresa (CAMPOS, 2004a).

2.7 AS 8 PERDAS DA MANUFATURA

Para Ohno (1997 *apud* Shingo 1996), considerando a grande competitividade do mercado atual, fica clara a importância da mesma e de uma gestão assertiva, bem como, a boa utilização dos recursos para a produção de produtos e também para a prestação de serviços. Desta forma, quanto menor for a quantidade de desperdícios de um processo, mais competitiva a empresa será, o que levará o processo a ser mais enxuto. Assim, a criação de processos produtivos através desse conceito *lean*, ocorre com base na redução da maior quantidade possível de perdas.

Conforme o mesmo autor citado, as perdas podem ser definidas como as tarefas executadas que não geram valor ao cliente final, isto é, recursos utilizados, porém que não apresentam resultados benéficos e podem ser classificados em oito tipos de perdas, sendo elas: Transporte, Espera, Intelecto (Conhecimento), Movimentação, Processamento, Excesso de Produção, Defeitos e Estoque.

Para Ohno (1997 *apud* Shingo 1996), redução e/ou eliminação das oito perdas possuem grande impacto no aumento da eficiência dos recursos, conforme podemos destacar em cada uma delas:

1. Perda por transporte – muito mais do que realizar o transporte do produto até o cliente de forma segura, a importância da organização de um processo

de transporte é fundamental para contribuir com o processo de manufatura, considerando que é preciso analisar como e quando cada insumo será transportado. Assim, quando se fala em processo, é preciso analisar todos os movimentos que serão realizadas com o intuito de minimizar a perda de tempo e recursos;

2. Perda por estoque – atualmente estoque não é mais sinônimo de produtividade e bons resultados financeiros. Com todos os estudos realizados ao longo dos tempos, pode-se concluir com clareza que estoque é dinheiro parado, independente se o mesmo é de produto acabado ou matéria prima;

3. Perda por movimentação – esse tipo de perda está relacionado a movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de um processo. Este tipo de perda pode ser reduzido e/ou eliminado através de melhorias baseadas no estudo dos tempos e movimentos;

4. Perda por espera – ocorre quando um posto fica ocioso durante determinado tempo do processo. “Existem basicamente três tipos de perda por espera: (i) perda por Espera no Processo: todo o lote espera até o final da operação ser executado no lote anterior até que a máquina, os dispositivos e / ou o operador estejam disponíveis para o início da operação; (ii) perda por Espera do Lote: é a expectativa de que cada componente de um lote seja submetido até que todas as outras partes do lote tenham sido processadas e, em seguida, avancem para a operação; (iii) perda por Espera do Operador: ociosidade gerada quando o operador é forçado a ficar perto da máquina para monitorar/monitorar o processamento do início ao fim ou devido a um desequilíbrio nas operações” ;

5. Perda por processamento – ocorre devido ao movimento excessivo das peças, o que por sua vez gera retrabalhos para a equipe e normalmente são cenários que apresentam um desempenho do processo abaixo do esperado. No entanto, é uma parte do processo que pode ser melhorada sem afetar os recursos e o andamento básico da operação;

6. Perda por superprodução - de todas as perdas existentes, a perda por superprodução é a que mais apresenta danos. “Ela possui a propriedade de esconder outras perdas e é a mais difícil de eliminar. Existem dois tipos de perdas por Produção: (i) perda por Superprodução por Quantidade, que é produzida além do volume programado ou requerido (sobram itens/produtos) e (ii) perda por Superprodução por Antecipação, pois é resultante de uma produção feita antes do tempo requerido “;

7. Perda por defeitos - a perda que acontece devido a fabricação de produtos com defeitos é o resultado da criação de produtos que apresentam algumas de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que, por essa razão, não atendem aos requisitos de uso;

8. Perda por conhecimento – “é um desperdício de conhecimento intelectual e habilidades de colaboradores que não são bem explorados”. Ocorre quando a equipe é tratada de forma a pensar que são necessários apenas para executar a sua tarefa principal/específica, o que é prejudicial para o processo, considerando que o intelectual humano pode sempre surpreender e às vezes esses colaboradores poderiam compartilhar ideias que trariam diversos benefícios ao processo, produto, cliente.

A Figura 3, apresenta de forma visual cada uma das perdas.

Figura 3: Oito perdas da manufatura



Fonte: Ohno (1997 *apud* Shingo 1996)

Seguindo o conceito do *lean manufacturing* os autores Ohno (1997 *apud* Shingo 1996), elaboraram o conceito de cada uma das oito perdas da manufatura, conforme apresentado o Quadro 1.

Quadro 1: Perdas do *Lean Manufacturing*

	DESPERDÍCIO	PROBLEMAS	SOLUÇÕES
T	1 Transporte	* Muito transporte de documento entre os envolvidos; * Vai e volta de documentos incompletos/errados.	* Reduza ao mínimo necessário o volume de documentos; * Tenha um fluxo padronizado e simples de troca de informações.
E	2 Espera	* Espera por completar os documentos já que o fluxo é em série; * Longo período de espera por respostas dos responsáveis.	* Elimine etapas desnecessárias; * Crie um fluxo de lembrança de ações a serem feitas e cobrança de ações atrasadas.
I	3 Intelecto	* Pessoas não são chamadas para participar; * As pessoas tem receio de expressar suas opiniões.	* Trabalhe com equipes multidisciplinares; * Estimule o envolvimento das pessoas num ambiente acolhedor.
M	4 Movimentação	* Movimentação excessiva de arquivos e documentos.	* Elimine as movimentações que não agregam valor.
P	5 Processamento	* Uso de muitos sistemas de informação (várias planilhas, e-mails, pastas, etc)	* Utilize o mesmo sistema para todos os envolvidos.
E	6 Excesso de produção	* Informações repetidas em vários documentos.	* Evite repetir informações.
D	7 Defeito	* Tratativas de NC malfeitas, ocasionam o reaparecimento do problema; * Preenchimento errado ou incompleto de RNCs.	* Trate adequadamente as não conformidades para evitar que os defeitos reapareçam. * Mantenha uma uniformidade no método de trabalho entre os envolvidos.
E	8 Estoque	* Alto volume de documentos espalhados em diversas pastas.	* Centralize as informações e evite acumular documentos, imagens e procedimentos desnecessários.

Fonte: Ohno (1997 *apud* Shingo 1996)

No Quadro 1 é possível perceber um exemplo de cada uma das oito perdas da manufatura, bem como, possíveis soluções para mesma. Assim, sendo mais fácil, por exemplo, entender quando cada uma ocorre.

2.8 SISTEMAS DE GESTÃO

Conforme Chaib (2005) um sistema de gestão trata-se de um conjunto de pessoas, recursos e processos que interagem entre si de forma organizada, independentemente de qualquer nível de complexidade, para que seja possível atingir um objetivo em comum.

De acordo com Mendes e Filho (2002 *apud* Deloitte Consulting 1998) ERP (*Enterprise Resource Planning*) é "um pacote de software de negócios que permite a uma companhia automatizarem e integrar a maioria de seus processos de negócio,

compartilhar práticas e dados comuns através de toda a empresa e produzir e acessar informações em um ambiente de tempo real".

Segundo Toffano (2018) os sistemas ERPs são a estrutura que forma a indústria 4.0 nas empresas. Utilizando estes sistemas a gestão das informações e o uso das mesmas se tornaram mais eficientes.

Para o mesmo autor, o principal motivador da utilização dos sistemas ERPs, é a necessidade de integrar as novas tecnologias que surgem cada vez mais e com maior frequência nas indústrias. A busca de vantagem competitiva no mercado também é um dos principais motivos. Porém, a utilização do sistema ainda traz desafios para as empresas, pois são necessárias grandes mudanças de estrutura e de comportamento nas empresas.

3 METODOLOGIA

A metodologia tem por finalidade estudar e identificar os métodos e os caminhos para que se possam alcançar os objetivos do estudo.

Segundo Lovato, Evangelista e Gullich (2007) métodos tem relação com um conjunto de ações necessárias para que o objetivo seja atingido, já metodologia relaciona-se com a escolha do método a ser utilizado, bem como, a justificativa para cada um dos procedimentos.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Neste tópico são abordados os métodos de pesquisa, bem como as técnicas utilizadas para a coleta de dados.

3.1.1 Método de Pesquisa Adotado

O presente trabalho caracterizou-se como uma pesquisa-ação. Pesquisa-ação pode ser entendida às vezes como uma pesquisa participante. Assim, envolve um processo de investigação e ação, o que constitui uma pesquisa educacional e orientada para a ação (HAGUETTE, 2001).

Segundo Thiollent (2008) para que haja uma pesquisa-ação é necessário um acompanhamento prático do problema pelo pesquisador, trabalhando assim de modo colaborativo para a resolução do mesmo.

É importante considerar que quem trabalha com a pesquisa-ação, não lida com hipóteses, mas sim, com temas e desafios de cunho organizacional (CHECKLAND e HOLWELL, 1998).

Ou seja, o pesquisador participa da implementação de ferramentas de controle de torque, com o objetivo de reduzir falhas na linha de montagem do motor. Observando as atividades e ações desenvolvidas pelos colaboradores e contribuindo com sugestões de melhorias que surgem durante o processo de implementação.

3.1.2 Abordagem Qualitativa

De acordo com Oliveira (1999) a abordagem qualitativa se classifica como sendo uma abordagem que não emprega dados estatísticos sendo o centro do trabalho, uma vez que não possui a intenção de medir unidades homogêneas.

A pesquisa qualitativa possui o objetivo de encontrar o significado de situações que não possuam resultados absolutos, a partir do levantamento das hipóteses do estudo em questão (GIL, 2009).

Baseando-se na ideia de Chemin (2015) a pesquisa qualitativa trata-se de uma pesquisa de atitudes e valores que possuem como objetivo principal buscar um melhor detalhamento dos assuntos para que seja possível a compreensão dos mesmos sem embasamento de dados estatísticos. No presente trabalho são abordados dados de histórico de falhas dos componentes, tanto internamente, como no cliente final. Deste modo, o estudo é definido como qualitativo, buscando explicar os benefícios do novo método de aplicação de torque com controle.

3.1.3 Objetivos da Pesquisa

Segundo Lovato, Evangelista e Gullich (2007) os métodos de procedimentos constituem etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos menos abstratos. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenômeno e estão limitadas a um domínio particular.

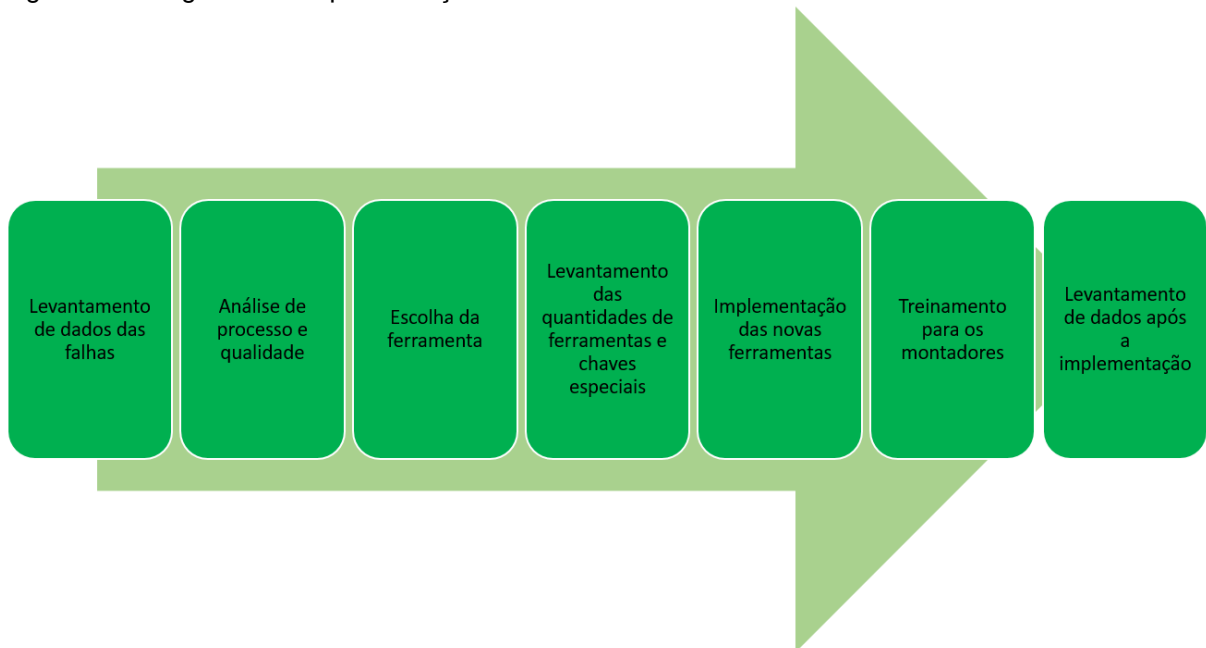
No método de procedimentos são utilizados os métodos comparativo, descritivo e o método estatístico. O método comparativo serve de instrumento na identificação das variações e reduções de falhas de torque e vazamento antes e depois da implementação das novas ferramentas, detectando assim, vantagens do novo processo. O método estatístico que é utilizado para a análise e manipulação de dados e o descritivo é usado para descrever as etapas de implementação do novo processo.

3.2 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO

Para que o pesquisador pudesse realizar a implementação deste trabalho, foi necessário trabalhar na definição de etapas que ajudaria a nortear o progresso do trabalho e também controlar o andamento.

A implementação aconteceu seguindo as etapas conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma de implementação



Fonte: Autor (2020)

A implementação teve início com levantamento dos dados de falhas relacionadas a torque e vazamento. Estas informações foram obtidas das estações de teste e revisão da fábrica. Os dados utilizados são referentes ao ano fiscal de 2018. Para efeitos de comparação, dados de falhas de campo (clientes), também foram usados nas análises.

A segunda etapa do processo de implementação foi a análise do processo atual de aplicação dos torques nas juntas e mangueiras. Nesta etapa, também foi realizada a análise de PFMEA do processo atual, para verificar a necessidade ou não de ferramentas com controle.

Na próxima etapa foi feita a apresentação da ferramenta escolhida. O detalhamento do funcionamento da mesma e informações técnicas do fornecedor do equipamento.

A quarta etapa da implementação foi a realização in loco da quantidade de torquímetros necessários. Também foi necessário avaliar cada ponto de aplicação do torque a fim de identificar o tamanho de cada chave e se era necessária alguma chave especial, ou seja, chave com formas diferentes para atender o acesso ao produto durante a aplicação do torque.

A quinta etapa foi a que mais se estendeu durante a implementação. Primeiramente ao receber as ferramentas as mesmas tiveram de ser identificadas e calibradas pela equipe de manutenção. Nesta etapa os painéis foram instalados na fábrica. Após estes dois processos a programação da nova ferramenta foi feita junto a Ferramenta de Gerenciamento da Produção, que é o programa que faz o gerenciamento entre o Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados (SAP), produção e as ferramentas, interligando estes sistemas na linha de produção.

Na sexta etapa foi realizada a troca da ferramenta anterior pela nova. Para isso o programa precisou ser habilitado na Ferramenta de Gerenciamento da Fábrica e os montadores precisaram ser orientados a utilizar o novo sistema.

Por fim, na última etapa, foi realizado novamente um levantamento dos dados das falhas de torque e vazamento, do período após a implementação da ferramenta. Desta forma houve dados para identificar se teve uma redução ou aumento de falhas, podendo assim responder se as ferramentas com controle são eficazes e valem o investimento.

O cronograma de implementação foi aplicado conforme a linha do tempo mostrada na Figura 5.

Figura 5: Linha do tempo da implementação



Fonte: Autor (2020)

Para que a implementação da solução proposta ocorresse corretamente, todos os prazos da linha do tempo, conforme apresentado na Figura 5, devem ser atendidos conforme o estipulado no estudo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são abordadas todas as etapas necessárias para a implementação prática das ferramentas. Foram usados para isso todos os conceitos estudados no referencial teórico e o conhecimento do trabalho prático na linha de montagem.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Por motivos de confidencialidade o nome da empresa não pôde ser divulgado neste estudo. Todas as informações contidas neste TFC são apresentadas em forma de percentual e os códigos de peças foram substituídos por nomes fictícios, sem comprometer a veracidade dos dados utilizados.

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo metal mecânico da Região Noroeste do Rio Grande do Sul. A área delimitada para a implementação foi a linha de pré-montagem da plataforma do motor.

A empresa é uma companhia multinacional, com fábricas em vários países. É uma montadora de máquinas e implementos agrícolas e seus principais processos de manufatura executados na fábrica são o corte, a estamparia, a soldagem, a pintura e a montagem. Tem como filosofia de produção, a nível corporativo, o Sistema de Produção Enxuta e os processos como tratamento térmico e usinagem são terceirizados.

A empresa atende a demandas de mercado interno, no país inteiro. O mercado externo de maior comercialização dos produtos é o sul-americano, principalmente a Argentina, atendendo também demandas do mercado europeu e asiático.

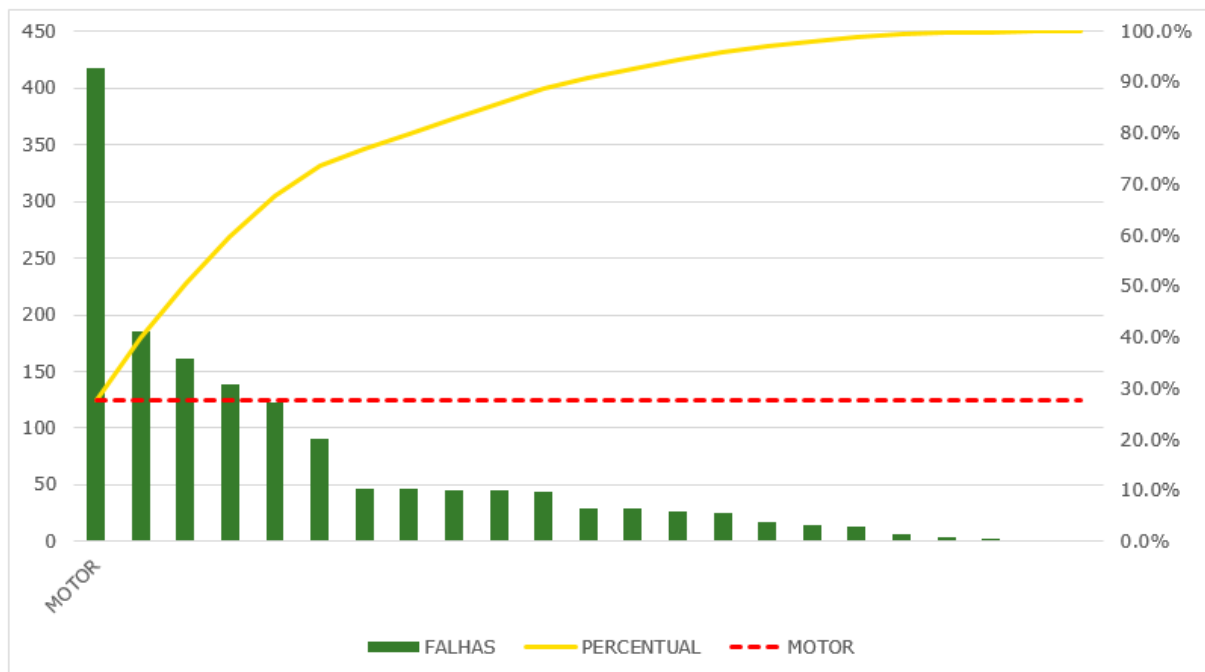
Atualmente, a linha de produtos se restringe à produção de colheitadeiras com sistema de trilha com rotor, a produção de plataformas e plantadeiras para grãos finos e para milho. Comercializa também pulverizadores, colheitadeiras de algodão, forrageiras, enfardadeiras e colheitadeiras de grãos que são importadas de outras unidades industriais pelo mundo a fora.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

O presente trabalho usou dados de falhas de torque e vazamentos do sistema hidráulico nos produtos da empresa estudada durante todo o ano de 2018. Os dados foram coletados do sistema SAP da empresa e são oriundos dos cadastros realizados nas estações de revisão e teste dos equipamentos produzidos.

Após a tabulação de todos os dados foi possível fazer uma comparação das áreas da empresa que mais apresentaram falhas de torque e vazamento, como pode-se observar na Figura 6.

Figura 6: Total de falhas por área



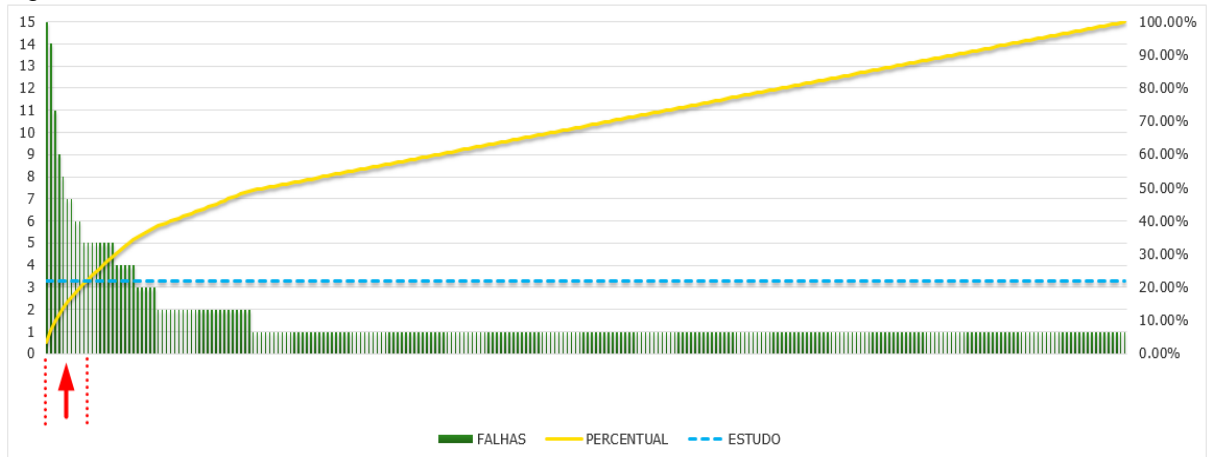
Fonte: Autor (2020)

Analisando o gráfico, é possível perceber que a área de montagem de motores concentra mais de 25% do total de falhas de torque e vazamento da empresa em comparação com as demais áreas. Estes dados, provam a necessidade de se trabalhar uma melhoria eficaz na resolução destes problemas para alcançar a qualidade esperada pelos clientes da empresa.

Com todos os dados de falhas analisados e com a área mais afetada identificada, foi necessário fazer uma avaliação somente dos dados da área de motores. Esta área teve um total de quatrocentos e dezesseis defeitos dos modos de falhas estudados, com um total de duzentos e sessenta e três componentes diferentes que falharam. Para realização dos estudos deste trabalho foram usados

os dez itens que mais falharam dentro da população total, como apresentado na Figura 7.

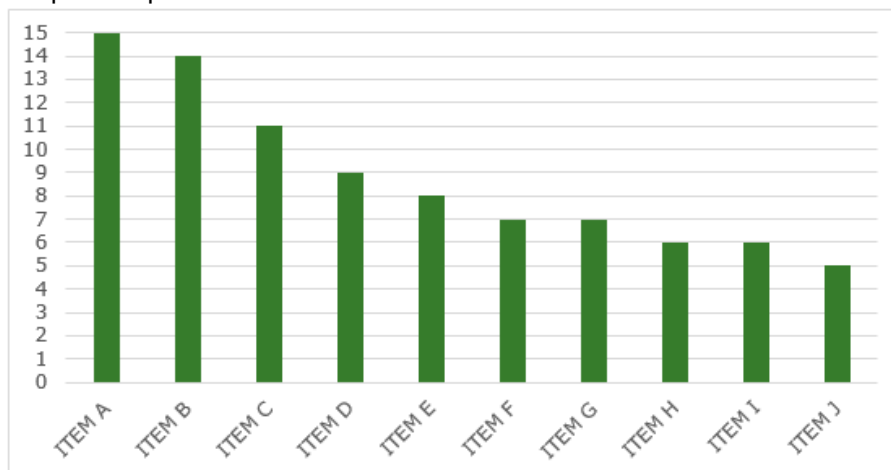
Figura 7: Análise de dados de falhas do motor



Fonte: Autor (2020)

Os dez componentes que mais falharam representaram um total de 22% das falhas da área de motores. Neste estudo, estes componentes foram identificados de “A” até “J” e as quantidades totais de falhas estão dispostas na Figura 8.

Figura 8: Falhas por componente

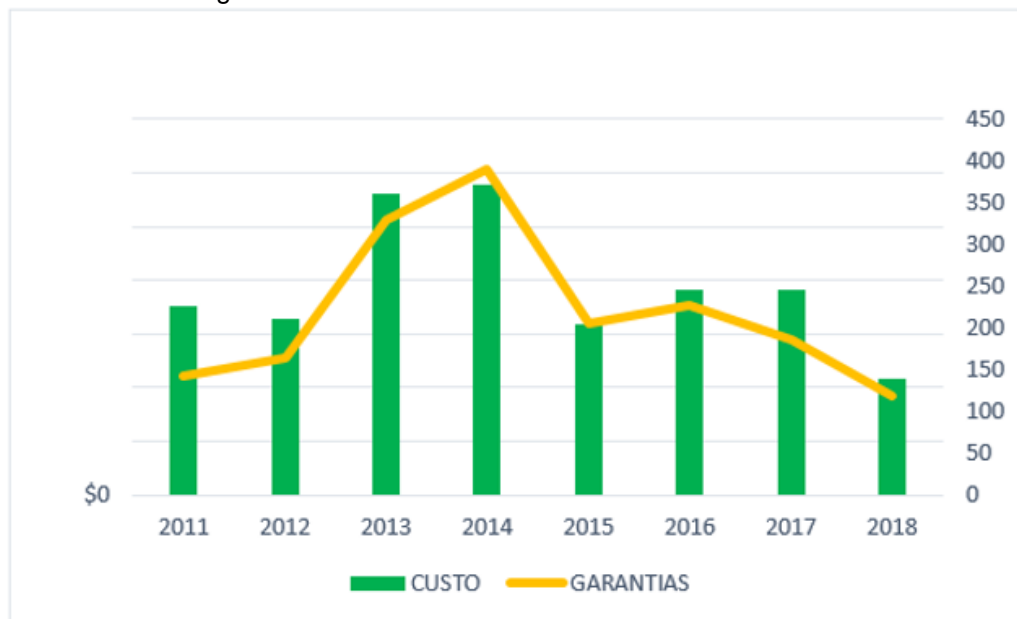


Fonte: Autor (2020)

Estas quantidades de falhas totais por componente são importantes para o trabalho, pois elas serão usadas ao final para analisar se as melhorias foram eficazes ou não após a implementação das melhorias implementadas.

Também foram verificados dados de falhas e custos de garantias relacionados a vazamentos nos últimos oito anos, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Dados custos e garantias das falhas



Fonte: Autor (2020)

Estes dados mostram um alto número de casos de vazamentos relatados pelos clientes. Com exceção dos anos de 2013 e 2014 que foram mais altos, os números de reclamações se mostram constantes. A média de garantias relacionadas a vazamentos está em duzentos e vinte pedidos por ano.

Essa informação deixa clara a necessidade de uma melhoria no processo produtivo de montagem de mangueiras e componentes hidráulicos, pois estes números indicam o quanto os clientes estão sendo diretamente afetados por estes problemas.

4.3 ANÁLISE DE PROCESSO E QUALIDADE

Nesta fase do trabalho foi realizada uma análise do método atual de aplicação de torque e também um estudo de PFMEA para ilustrar a criticidade do processo.

4.3.1 Processo atual de aplicação de torque

O processo atual para aplicação de torque em mangueiras de conjuntos hidráulicos é realizado com torquímetro sem monitoramento (Figura 10). Ou seja, os montadores precisam ter um conhecimento complexo do posto de trabalho para lembrar de todas as ferramentas necessárias ou constantemente estar acessando as instruções de trabalho para saber a ferramenta correta.

Figura 10: Torquímetro processo atual



Fonte: Gedore (2020)

A Figura 11 mostra na prática a aplicação de torque utilizando as ferramentas atuais, ou seja, torquímetros sem nenhum tipo de controle.

Figura 11: Aplicação de torque



Fonte: Autor (2020)

As instruções de trabalho, trazem uma descrição completa da operação a ser executada, como as informações de ferramentas, códigos de peças e equipamentos,

além de um tempo pré-determinado via elementos de tempos e cronoanálise. A Figura 12 mostra o exemplo de uma instrução de trabalho.

Figura 12: Instrução de trabalho

INICIO PRÉ MONTAGEM		AN0000		MOTOR
MODELO 1	Pegar (1X) ITEM A mangueira hidráulica, aplicar lubrificante no anel o'ring e montar na conexão. Fazer marcação de toque e aplicar o torque de 37 NM na mangueira. Pegar (1X) ITEM B mangueira hidráulica, aplicar lubrificante no anel o'ring e montar na conexão. Fazer marcação de toque e aplicar o torque de 50 NM na mangueira.	STUDY	A.3	MO102000
		09/03/2020		

The diagram shows a central grey metal component with two hydraulic hoses attached. The left hose is blue and labeled 'ITEM A' with a quantity of 'x1'. The right hose is orange and labeled 'ITEM B' with a quantity of 'x1'. Red arrows point from the labels to the hose connections. Below the hoses are two green boxes with torque specifications:

- ITEM A** (x1): 37 NM - TORQUIMETRO 37 NM +/- 7.4 NM CHAVE FIXA 24MM
- ITEM B** (x1): 50 NM - TORQUIMETRO 50NM + 7.5 / - 10 NM CHAVE FIXA 24 MM

At the bottom of the diagram are two yellow boxes with icons and labels: 'Torque' (with a torque wrench icon) and 'Lubricate' (with a spray can icon).

Fonte: Autor (2020)

A instrução de trabalho mostra uma imagem detalhada da montagem a ser executada. Também devem conter os códigos das peças a serem montadas, além das demais informações importantes aos montadores para que possam realizar as tarefas com qualidade e sem dúvidas acerca do processo de montagem.

O cabeçalho da instrução de trabalho, traz informações mais detalhadas do processo conforme ilustrado a Figura 13.

Figura 13: Cabeçalho do roteiro

MODELO 1	**INICIO PRÉ MONTAGEM**	AN0000		MOTOR
	Pegar (1X) ITEM A mangueira hidráulica, aplicar lubrificante no anel o'ring e montar na conexão. Fazer marcação de toque e aplicar o torque de 37 NM na mangueira. Pegar (1X) ITEM B mangueira hidráulica, aplicar lubrificante no anel o'ring e montar na conexão. Fazer marcação de toque e aplicar o torque de 50 NM na mangueira.	STUDY	A.3	MO102000
		09/03/2020		

Fonte: Autor (2020)

Os detalhes do cabeçalho são descritos na listagem a seguir:

1. Nesta posição é colocado o modelo do produto a qual a instrução de trabalho se refere. A instrução pode ser apenas para um modelo como para mais de um, porém, todos devem aparecer neste campo;
2. Neste campo é colocado o nome da lista de tarefas, ou seja, o nome do grupo de várias tarefas de montagem;
3. Neste campo é descrito todos os detalhes da tarefa a ser executada. Aqui devem ser colocadas todas informações necessárias para que o montador possa executar a tarefa;
4. Login do usuário que criou ou que executou a última revisão da instrução de trabalho;
5. Linha de produto a qual a instrução se refere;
6. Data de visualização da instrução de trabalho;
7. Este campo mostra o status da instrução de trabalho, ou seja, se está em estudo, desenvolvimento ou efetivo;
8. Número da revisão da instrução de trabalho válida;
9. Centro de trabalho que é uma identificação da linha de produto e posto de trabalho a qual a instrução pertence.

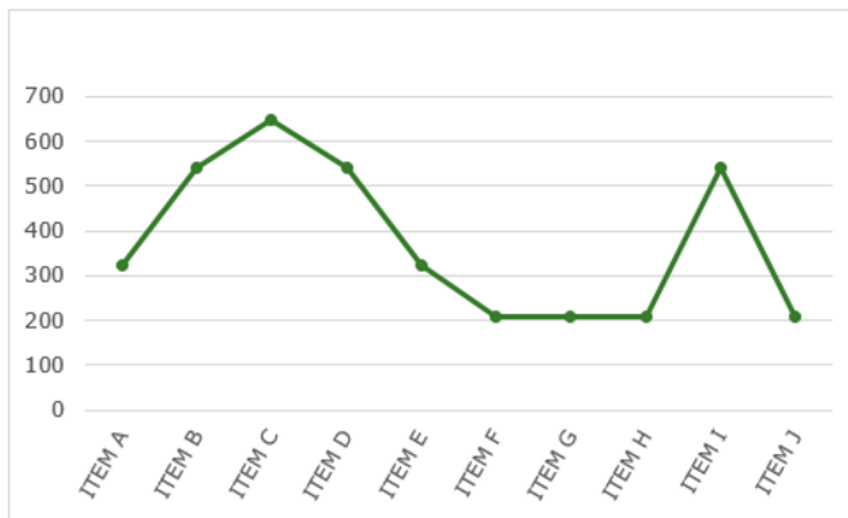
4.3.2 Análise de PFMEA do processo

Para identificar a criticidade do processo de aplicação de torque em componentes do sistema hidráulico dos equipamentos, foi realizada uma análise de PFMEA para identificar os potenciais modos de falha do processo atual, conforme anexado no Apêndice A.

No PFMEA foi utilizado os dados estatísticos das falhas para calcular as ocorrências das mesmas. Desta forma, a análise ficou mais assertiva possível, pois

mostra a realidade dos dados. A Figura 14 mostra o índice de risco de cada componente avaliado.

Figura 14: Índice de risco PFMEA



Fonte: Autor (2020)

A análise de PFMEA mostrou um alto índice de risco para todos os dez componentes listados deste trabalho. Isso se deve basicamente a baixa detecção das falhas no processo e pela alta severidade destes componentes. Isso porque os componentes são itens importantes para o funcionamento do equipamento além de itens do sistema de dirigibilidade do equipamento, como o sistema de direção, que pode afetar a segurança das pessoas.

Ao final do processo de PFMEA, fica claro que é necessária uma melhoria no processo de montagem dos componentes do sistema hidráulico, para atender as expectativas dos clientes de sempre esperar alta qualidade dos produtos e equipamentos fornecidos pela empresa.

4.4 ESCOLHA DAS FERRAMENTAS

Com a análise dos dados de qualidade realizadas foi preciso definir as melhorias necessárias no processo. Para isso foi utilizado uma ferramenta da engenharia de manufatura interna da empresa chamada “Montagem Como um Processo”. A ferramenta é basicamente um fluxo de ações que devem ser executadas, indicando ao engenheiro de manufatura o melhor caminho a ser seguido, como mostra a Figura 15.

Figura 15: Fluxo da Montagem como um processo



Fonte: Autor (2020)

A ferramenta é dividida em três partes, avaliar o risco, mitigar o risco e gerenciar os requisitos. Na primeira parte em avaliar o risco, é preciso fazer um detalhamento do processo para um melhor entendimento e aplicações dos procedimentos. Nesta fase foram utilizados dados do PFMEA para direcionar o engenheiro de manufatura na escolha correta do tipo de ferramenta para cada aplicação específica do processo.

A segunda parte da ferramenta Montagem Como um Processo aborda o tema de mitigar o risco, formas de atenuar os riscos encontrados no PFMEA. Para este trabalho a melhor forma de prevenir as falhas identificadas no PFMEA seria a aplicação de sistema a prova de erro (*Mistake Proofing*). Desta forma evita-se que os montadores apliquem torques errados ou esqueçam de aplicar. Para auxiliar na tomada de decisão, foi utilizado uma ferramenta online interna da empresa, que indica possíveis soluções de ferramentas baseadas em dados fornecidos, conforme a Figura 16.

Figura 16: Ferramenta de seleção de ferramenta
Unified Torque Tool Application Guide

Torque Tool Selection Guide



Clear Selections

Torque Tool Selection Guide (Beta)

Select your Factory		▼
Select Joint Type	Hydraulic	▼
Please select a Fastener Type	Fitting with Jam Nut	▼
Please select the nominal torque value	<175 Nm	▼
Please select QPL level	KC/4	▼

Recommended Tool for your Application is

SR Wrench

Click Here for More Information

Fonte: SharePoint da empresa estudada (2020)

Ao acessar a ferramenta foi necessário abastecer a mesma com dados específicos deste trabalho, conforme são descritos:

- Selecionar em qual das plantas fabris da empresa esta ferramenta será aplicada. Isso é importante, pois diferentes fábricas podem seguir normas de torques diferentes ou fornecedores de ferramentas diferentes;
- Tipo de junta pode ser parafusada ou hidráulica, para este trabalho foi focando em mangueiras do sistema hidráulico dos equipamentos;
- Tipo de fixador, neste caso leva em consideração como é o tipo do conector da mangueira;
- Faixa de torque a ser aplicada;
- Nível de risco identificado no PFMEA.

Para esta configuração selecionada, a ferramenta sugeriu a utilização da SR WRENCH (Torquímetros *Sturtevant Richmond*). Importante salientar que esta é apenas uma sugestão, o engenheiro de manufatura deve analisar todos os dados para tomar a melhor decisão. Há ainda casos em que esta ferramenta não traz indicação de solução, apenas uma nota “Contatar um engenheiro de manufatura Sênior para suporte”.

Neste momento é muito importante fazer uma comparação entre o nível de controle esperado para o processo e o custo desta determinada solução. Para auxiliar nesta tomada de decisão entre custo e solução, foi montado um cenário com custo e tecnologia empregada nas soluções disponíveis no mercado, conforme mostra a Figura 17.

Figura 17: Custo das ferramentas



Fonte: Autor (2020)

Na Figura 17 é possível observar que quanto mais recursos e mais controle é agregado a cada ferramenta, o custo tem aumento na mesma proporção. Desta forma, foi preciso identificar tecnicamente cada solução para que não fosse comprada uma solução com recursos desnecessários, o que conseqüentemente traz uma economia financeira para a empresa.

Com base então nas análises de qualidade, custos e necessidade, foi identificado que a melhor solução seria um torquímetro com algum tipo de *mistake proffing*, ou seja, que garanta ao processo produtivo que o torque foi aplicado corretamente. Para atender a essas necessidades a escolha foi pelos torquímetros com *feedback* da *Sturtevant Richmond*, o modelo SLTC FM.

Os torquímetros SLTC da *Sturtevant Richmond* (Figura 18) são do modelo de estalo e possuem tecnologia de transmissão de dados sem fio. Eles possuem uma placa eletrônica que transmite um sinal para o painel de controle quando o torque foi aplicado.

Figura 18: Torquímetros SLTC



Fonte: Catálogo *online Sturtevant Richmond*, 2020

Os torquímetros SLTC funcionam ligados ao painel de controle Global 400, também fornecidos pelo fornecedor *Sturtevant Richmond* e cada painel comporta até a utilização de dezesseis ferramentas. Cada painel tem ainda quatro *interfaces* de rede, o que permite que podem ser ligados a quatro estações de trabalho diferentes, possibilitando assim que quatro montadores possam usar as ferramentas simultaneamente. A Figura 19 apresenta a imagem do painel.

Figura 19: Painel Global 400



Fonte: Catálogo online Sturtevant Richmond, 2020

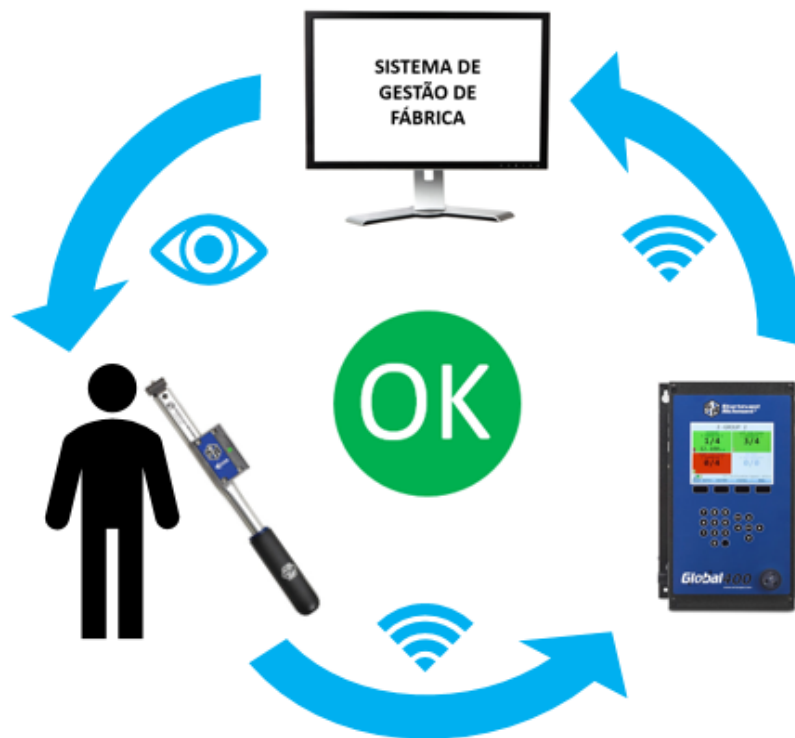
Os painéis Global 400 trabalham com múltiplas conexões em rede, o que faz com que o este painel possa ser conectado com o Sistema de Gerenciamento da Fábrica na empresa em estudo.

Após as calibrações das ferramentas elas já estão aptas a realizarem os torques necessários na linha de montagem. Porém, o sistema de *mistake proofing* só funciona após todas as configurações de cada ferramenta serem realizadas com o painel e com o Sistema de Gestão de Fábrica.

O processo de *mistake proofing* do sistema funciona da seguinte forma, cada posto de trabalho está ligado ao SAP, que faz o controle e a sequência de produção dos equipamentos da empresa e o Sistema de Gestão da Fábrica faz as baixas de todas as atividades que o montador precisa executar para cada chassi do equipamento produzido. Caso alguma atividade não seja executada, o Sistema de Gestão não segue para o próximo chassi a ser produzido, travando assim o fluxo produtivo da fábrica.

Os novos torquímetros e painéis são ligados ao Sistema de Gestão da Fábrica, desta forma os montadores precisam executar todos os torques definidos pela engenharia de manufatura. O fluxo das informações do sistema pode ser observado na Figura 20.

Figura 20: Fluxo de informação do torque



Fonte: Autor (2020)

O Sistema de Gestão da Fábrica vai identificar no SAP qual é o chassi a ser produzido, esta informação está disponível para o montador, que precisa confirmar o chassi que vai produzir. Após a confirmação do operador, o sistema vai liberar todos as atividades que o montador precisa executar neste chassi, incluindo os torques.

O sistema mostra para o operador na tela qual o torque que ele precisa executar e qual o torquímetro ele precisa utilizar para a tarefa. Ao aplicar o torque com a ferramenta correta, a mesma envia um sinal para painel que o torque foi aplicado corretamente. Após receber a informação o painel envia a informação para o Sistema de Gestão da Fábrica, que executa a tarefa e libera para o montador a próxima tarefa a ser executada.

Além de poder verificar no Sistema de Gestão da Fábrica que a tarefa foi executada com sucesso, o operador tem *feedbacks* do próprio torquímetro. Um sinal luminoso verde e um sinal sonoro são emitidos sempre que um torque OK foi executado com sucesso, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21: Sinal luminoso do torquímetro (OK)



Fonte: Autor (2020)

A ferramenta emite ainda um sinal luminoso na cor vermelha, que indica que a mesma não comunicou o torque com o painel Global 400 ou que há problemas com a bateria da ferramenta.

4.5 LEVANTAMENTO DAS QUANTIDADES DE FERRAMENTAS

Com a escolha da ferramenta executada, foi necessário fazer o levantamento das quantidades de torquímetros e chaves. Esta etapa foi realizada fazendo uma análise dos torques aplicados nas instruções de trabalho e posteriormente um *check* no chão de fábrica, que foi necessário para verificar as quantidades de ferramentas que deveriam ser compradas.

A quantidade de torquímetros necessário foram descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Lista de torquímetros

MODELO DE TORQUÍMETRO STURTEVANT RICHMONT	QUANTIDADE
Torquímetro de estalo pisset SR wireless, 85Nm, mod. SLTC-FM2.4 750I A3	31
Torquímetro de estalo pisset SR wireless, 204Nm, mod. SLTC-FM2.4 1800I A3	17
Torquímetro de estalo pisset SR wireless, 204Nm, mod. SLTC-FM2.4 1800I ERGO A3	10
Torquímetro de estalo pisset SR wireless, 34Nm, mod. SLTC-FM2.4 300I A3	8
Torquímetro de estalo pisset SR com switch wireless, 204Nm, catraca SD 1/2", mod. SLTCR-FM2.4 1800I	7
Torquímetro de estalo pisset SR com switch wireless, 340Nm, mod. SLTC-FM2.4 3000I	7
Torquímetro de estalo pisset SR com switch wireless, 340Nm, catraca SD 1/2", mod. SLTCR-FM2.4 3000I	3
Torquímetro de estalo pisset SR com switch wireless, 204Nm, catraca SD 1/2", mod. SLTCR-FM2.4 1800I ERGO	2
Torquímetro de estalo pisset SR wireless, 17Nm, mod. SLTC-FM2.4 150I A3	1
Torquímetro de estalo pisset SR com switch wireless, 17Nm, mod. SLTC-FM2.4 150I	1

TOTAL	87
--------------	-----------

Fonte: Autor (2020)

Conforme pode-se analisar no quadro, foram necessários um total de oitenta e sete torquímetros para cobrir todas as montagens dos componentes hidráulicos na linha de plataformas de motores. Deste total, há dez modelos diferentes de torquímetros que precisaram ser adquiridos.

Além dos torquímetros, foram verificados também, os acessórios para o funcionamento dos mesmos. Para isso, foram identificados a necessidade de cento e um acessórios, dentre eles, soquetes especiais, chaves intercambiáveis e extensões.

Foi verificado também, a necessidade de compra de seis painéis Global 400 para o funcionamento dos torquímetros, como mencionado anteriormente. Cada painel comporta a utilização de dezesseis ferramentas diferentes.

4.6 IMPLEMENTAÇÃO DAS NOVAS FERRAMENTAS

Após o processo de compra e recebimento das novas ferramentas na fábrica, foi realizado o processo de implementação, que é descrito nos próximos tópicos.

4.6.1 Cadastro de manutenção e calibração

A primeira tarefa do processo de implementação foi o cadastro da ferramenta junto ao setor de manutenção. Isso foi preciso para que a ferramenta receba qualquer tipo de manutenção quando necessário. As informações fornecidas para o setor de manutenção foram o centro de trabalho onde a ferramenta vai ser utilizada e o torque aplicado.

Após o cadastro, os dados das ferramentas e todo o histórico dela estão disponíveis para consulta no SAP.

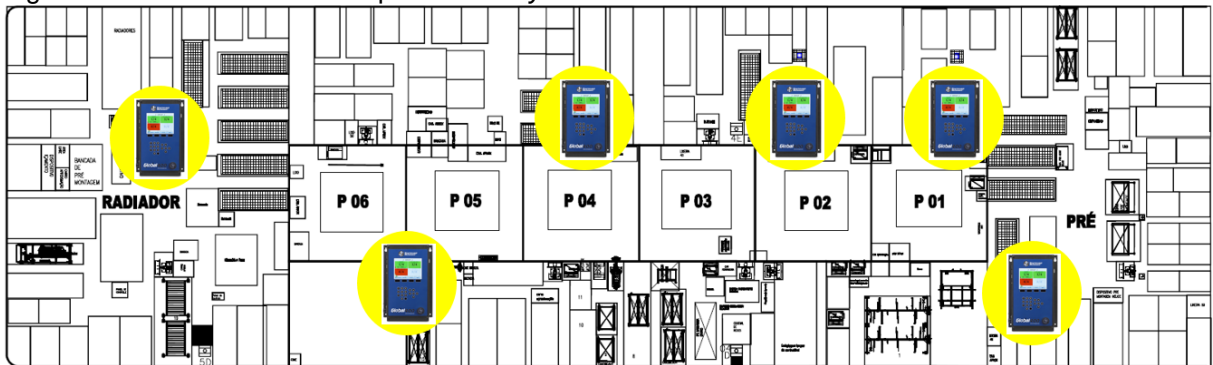
A calibração do torquímetro, é o ajuste da ferramenta para a aplicação de um torque específico. O valor do torque de todos os torquímetros foi fornecido a manutenção para a execução desta tarefa. A calibração é realizada por um técnico de manutenção e um certificado foi gerado para cada ferramenta.

Com a calibração finalizada esta fase foi encerrada e as ferramentas retornaram para a engenharia de manufatura dar seguimento no processo de implementação.

4.6.2 Instalação dos painéis Global 400

Para a instalação dos painéis Global 400 foi necessária uma avaliação do *layout* da área a ser instalada para uma correta distribuição do equipamento. As ferramentas de torque têm uma comunicação com o painel com uma distância de quinze metros de raio aproximadamente. A distribuição no *layout* pode ser visualizada na Figura 22.

Figura 22: Posicionamento dos painéis no *layout*



Fonte: Autor (2020)

Para a correta distribuição dos painéis também foi necessário analisar a quantidade de torquímetros em cada posto de trabalho.

Para o funcionamento de cada painel Global 400 foi necessário a instalação de um ponto de energia de 220 volts e um ponto de rede para a transmissão de dados entre o painel e a sistema de gestão da fábrica. Para a instalação foi acionada uma empresa terceirizada para a execução do serviço. A empresa terceirizada realizou também a fixação dos painéis nos pilares da fábrica. A Figura 23 mostra a instalação de um dos painéis na linha de motores.

Figura 23: Painel Global 400 instalado



Fonte: Autor (2020)

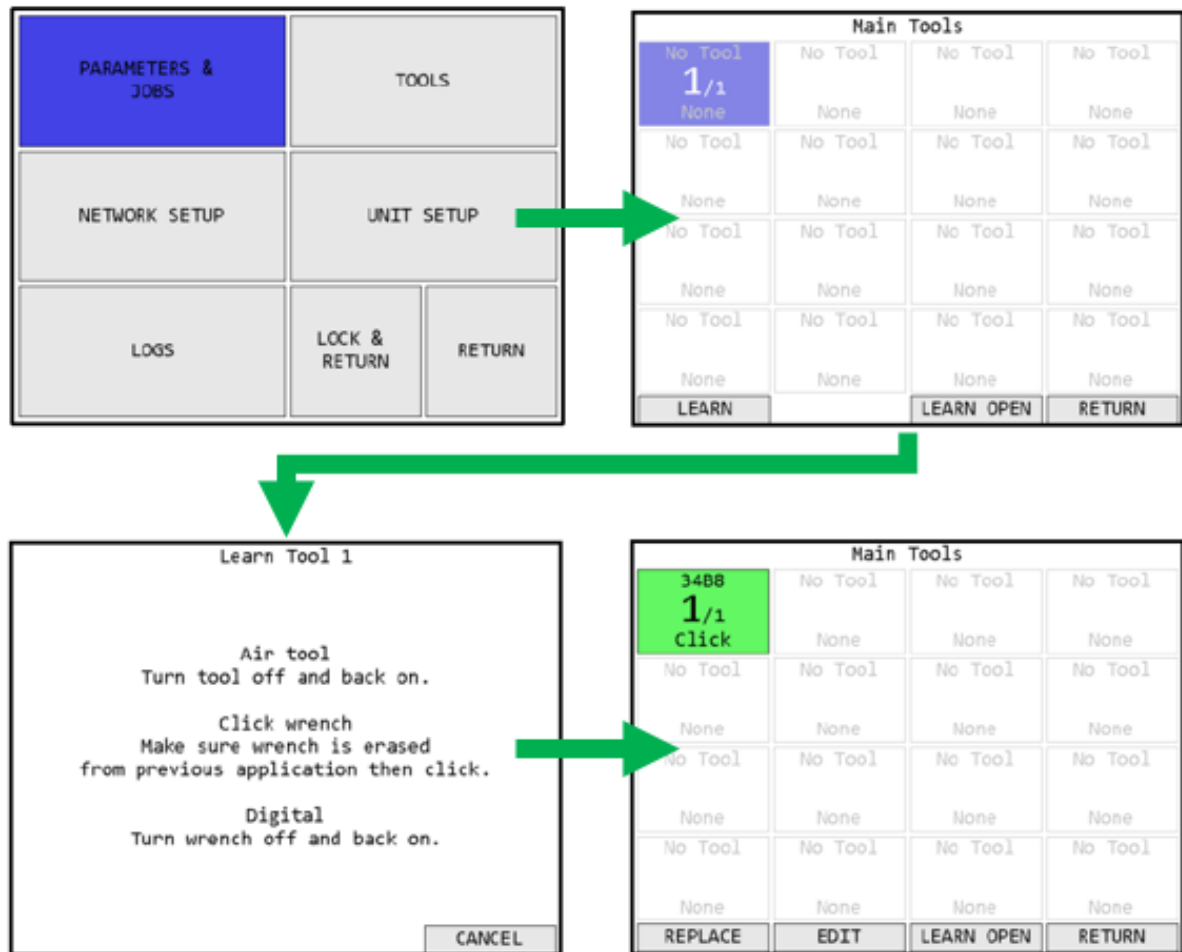
Após estas instalações, os painéis ficaram disponíveis para configuração das ferramentas e o início do trabalho.

4.6.3 Configuração dos programas de torque

A configuração dos programas de torque foi realizada basicamente em duas etapas, a primeira foi realizada com a configuração das ferramentas no painel e a segunda é a configuração dos programas no sistema de gestão da fábrica.

A Figura 24 mostra um resumo do cadastro da ferramenta no painel Global 400.

Figura 24: Fluxo do cadastro no painel



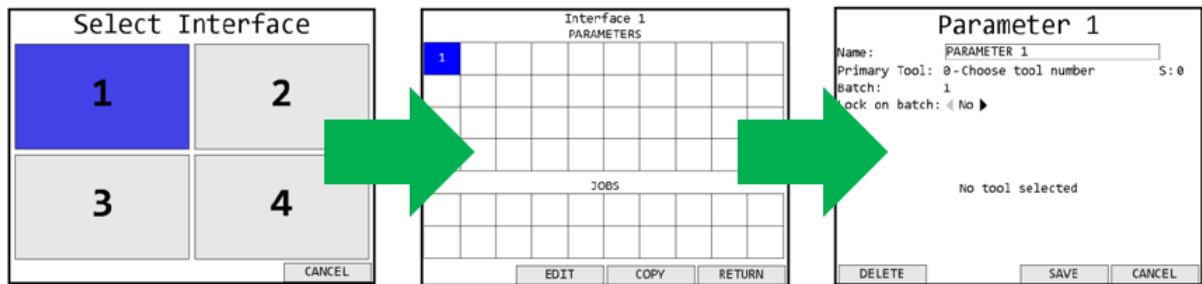
Fonte: Global 400 MP User Manual, 2017

Ao acessar o painel é preciso fornecer uma senha de acesso. Após acessar a página principal e entrar em ferramentas é necessário escolher qual das dezesseis posições disponíveis o cadastro deve ser realizado. Na sequência deve ser seguido uma série de aplicações de torque para que ambos sejam sincronizados.

Foi necessário também criar um código de identificação para cada ferramenta, para facilitar a identificação dos montadores durante a aplicação. Este código é constituído de uma letra (W) e um número sequencial.

A última etapa do cadastro da ferramenta no painel é escolher a *interface*, como mostra o resumo apresentado na Figura 25.

Figura 25: Fluxo de cadastro da *interface*



Fonte: Global 400 MP *User Manual*, 2017

O processo se caracteriza em selecionar qual a *interface* que utilizar para a ferramenta, escolher uma das posições disponíveis e selecionar qual a ferramenta deve ser utilizada, estas posições são chamadas de “P-SET”.

A *interface* indica qual a estação de trabalho a ferramenta vai ser usada. Em resumo o painel pode ser utilizado em até quatro estações diferentes.

Com os torquímetros cadastrados nos painéis, a segunda parte pode ser iniciada. A fase de configuração dos programas de torque no sistema de gerenciamento da fábrica é uma das mais críticas, pois depende dela para que os torques sejam selecionados na linha de montagem durante a execução dos processos produtivos.

O processo de criação dos programas de torque tem início no acesso ao programa do administrador do Sistema de gerenciamento da fábrica. A Figura 26 demonstra a página de configuração do programa.

Figura 26: Sistema de gerenciamento da fábrica

The screenshot shows the 'Administration Interface' for a factory management system. The main window is titled 'Administration Interface' and has a menu bar with 'File' and 'About'. On the left, there is a tree view showing a hierarchy of tasks under 'MOTOR', including 'MO103000', 'Exec Timer/OEE Setting', 'Shim Data', 'RS232 Wireless Receive', 'Tool Data', 'Email Data', 'Code Conversion Data', 'Prod. Tracking Key Data', 'Identificação', 'Aceitar Prod.Tracking IV', 'TESTE (ID: 3325)', 'Aplicar torque nas nr', 'Revisions', 'Aplicar torque nas nr', and 'SAP (ID: 1811)'. The main area is divided into several sections: 'Name' (Aplicar torque nas mangueiras ITEM A), 'Data Type' (Torque Measurement), 'OMS Ref' (IMAGEM_ITEM_A.jpg), 'Description' (Aplicar torque nas mangueiras ITEM A), 'Execution Settings' (Always Execute, Execute On Condition, Disable Execution), 'Operator Message' (Aplicar (1) torques de 37 NM na mangueira ITEM A utilizando o Torquimetro W1.), 'Override Options' (Allow Override, Require Password, Send Email, Enable QNotes, Require QNote, zDef Profile Mapper), 'Execution Frequency' (1 in every 1), 'Tool' (MO103000_PEL123_MP02), 'Auto-Entry Data Filter', 'Torque Count' (2), 'Torque' (0 = Continual Run, Negative = Reverse), 'Spindle Count' (1), 'Max Time Between Torques' (500 ms), 'ACOP Torque' (P-Set 1), and 'Send VIN to Controller'. The right sidebar shows 'Parameter ID' (34078) and 'Task ID'. Eight red circles are overlaid on the interface to highlight specific configuration points: 1. Name field, 2. OMS Ref field, 3. Operator Message field, 4. Execution Settings section, 5. Override Options section, 6. Tool dropdown menu, 7. Torque Count field, and 8. ACOP Torque field.

Fonte: Autor (2020)

Os detalhes da criação dos programas de torque, conforme ilustrados na Figura 26, são descritos na listagem a seguir:

1. Determinar um nome para o programa. Uma boa prática e para facilitar a identificação dos programas é colocar o código do item no nome;
2. Para facilitar para os montadores identificarem qual o item que deve ser aplicado o torque, é possível adicionar uma imagem da instrução de trabalho. Para isso é necessário salvar a instrução de trabalho como uma imagem. Neste campo deve ser colocado um *link* com o local onde a imagem está salva;
3. A mensagem para o operador é a descrição da tarefa que deve ser executada pelo montador na linha de montagem. É necessário ter um nível maior de detalhes. Quanto mais detalhes, mais fácil será o entendimento do montador. Deve aparecer a descrição da atividade, contendo o código do item, o valor do torque, quantos torques devem ser aplicados e qual o código W do torquímetro deve ser utilizado;
4. A configuração de execução é o parâmetro que determina quando o programa criado deve aparecer para os montadores na linha de montagem. Pode ser escolhido a opção “Sempre executar”, “Desabilitar execução” ou ainda “Executar

na condição”. A opção “Executar na condição” implica na criação de um parâmetro que é baseado na configuração e opcionais do produto que está sendo montado, ou seja, o programa criado só é selecionado quando necessário;

5. Nesta parte da configuração é possível selecionar uma opção de pular a tarefa na linha de produção caso haja algum problema. É possível ainda selecionar se será necessária uma senha de administradores e se um e-mail deve ser enviado para os administradores do sistema de gestão da fábrica comunicando que a tarefa não foi executada;

6. No campo ferramenta é necessário selecionar qual o painel Global 400 vai ser utilizado. É preciso fazer cadastro anterior do painel no sistema, indicando também a *interface* que está sendo utilizada;

7. Na contagem de torque é necessário configurar quantos torques serão aplicados no determinado programa;

8. Na opção *P-set* é preciso identificar o número da ferramenta que foi criada e associada no painel e que deve ser usada neste programa.

Este processo de criação dos programas de torque apresentou-se bastante extenso, pois foi necessário criar um programa para cada peça que deveria receber os torques das novas ferramentas.

4.6.4 Testes na linha de montagem

Com a fase de criação dos programas concluída foi necessário realizar testes na linha de montagem da plataforma de motores para identificar se os programas foram criados corretamente e a configuração dos opcionais foi solicitada conforme o configurado.

A Figura 27 mostra a tela de uma das estações da linha com a execução do sistema de gerenciamento da fábrica.

Figura 27: Execução do sistema de gerenciamento de fábrica



Fonte: Autor (2020)

Como pode ser observado na Figura 27, ao iniciar as atividades na estação de montagem é preciso identificar a ordem de produção. Desta forma o sistema de gestão da fábrica identifica a configuração do produto que está sendo fabricado e libera somente os programas necessários para este produto.

Neste momento então o sistema de gestão descreve qual a atividade a ser executada, contendo todas as informações necessárias para o montador, como o torque, a ferramenta e a quantidade de torques a ser aplicado. A instrução de trabalho também fica disponível na página, facilitando assim o entendimento do montador.

Na Figura 27 também é possível visualizar o funcionamento da interligação entre as ferramentas, painel Global 400 e o sistema de gestão. O exemplo mostra que dois torques precisam ser executados, que um já foi aplicado, mostrando a data e a hora da aplicação.

O sistema avança para a próxima etapa depois da aplicação de todos os torques. Mostrando assim o correto funcionamento do *mistake proofing* do processo de montagem.

Todos os programas para as dez ferramentas deste projeto funcionaram conforme o programado. Mais algumas ferramentas que estavam disponíveis também foram testadas e liberadas para a produção.

4.7 TREINAMENTO DOS MONTADORES

Com todos os processos implementados de forma correta e os testes realizados na prática, as ferramentas ficaram aptas a serem utilizadas na linha de montagem. A Figura 28 mostra algumas ferramentas disponíveis nas bancadas para serem utilizadas.

Figura 28: Torquímetros *Sturtevant Richmond* na linha de montagem



Fonte: Autor (2020)

O treinamento para os montadores aconteceu de duas formas. A primeira se deu em grupo, com todos os montadores da linha de montagem da plataforma do motor, utilizando a reunião diária da supervisão de produção. Este treinamento teve o intuito de passar um resumo da implementação para todos, para que tenham o conhecimento das novas ferramentas.

O segundo treinamento foi específico para cada estação de trabalho, orientando os montadores sobre as ferramentas que foram substituídas e que deveriam começar a utilizar.

A montagem dos primeiros produtos após a troca das ferramentas também foi acompanhada de perto para garantir o funcionamento correto de todo o processo de implementação.

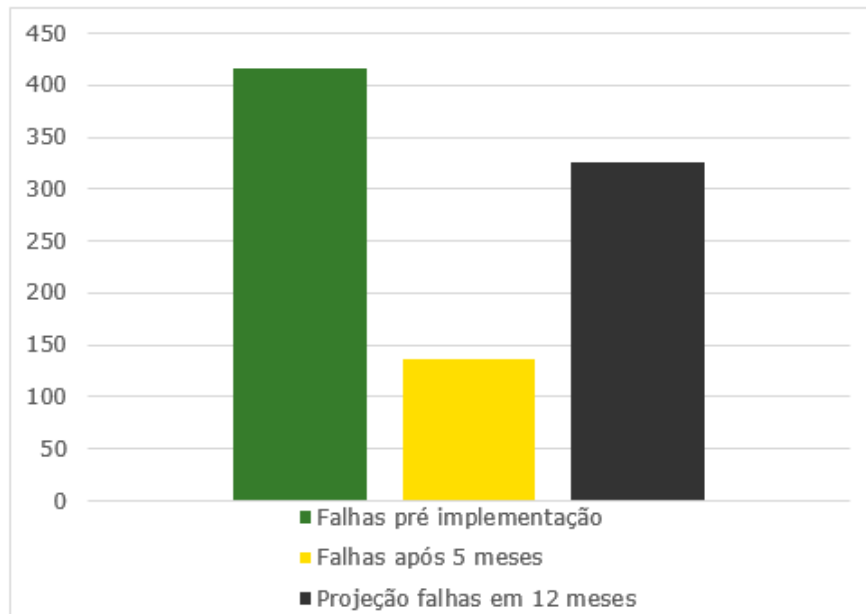
4.8 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE FALHAS APÓS IMPLEMENTAÇÃO

Após o processo de implementação das novas ferramentas foi realizado novamente uma coleta de dados das falhas internas. Obteve-se um período de cinco meses entre a implementação e o levantamento destes dados.

Novamente os dados foram coletados do sistema SAP da empresa, oriundos dos cadastros realizados nas estações de revisão e teste dos equipamentos produzidos.

Nestes cinco meses houve um total de cento e trinta e seis defeitos relacionados a vazamentos de óleo do sistema hidráulico. No Figura 29 pode-se observar a comparação com os dados anteriores a implementação.

Figura 29: Falhas antes e depois da implementação

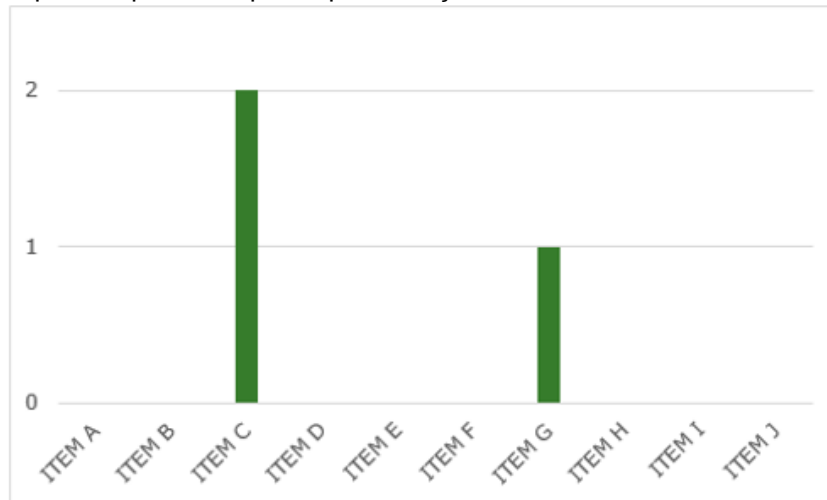


Fonte: Autor (2020)

Como os dados foram coletados em um curto período, foi realizada uma projeção para as falhas em um ano. Nesta projeção foi possível verificar que com poucas ferramentas implementadas haverá uma redução de aproximadamente 21% no total das falhas de vazamento.

Analisando os dados mais detalhadamente, foi observado as falhas exclusivamente para os itens nos quais as ferramentas de torque controlado foram implementadas. Foram identificadas apenas três falhas para os itens que abordaram o estudo, como apresentado na Figura 30.

Figura 30: Falhas por componente após implementação

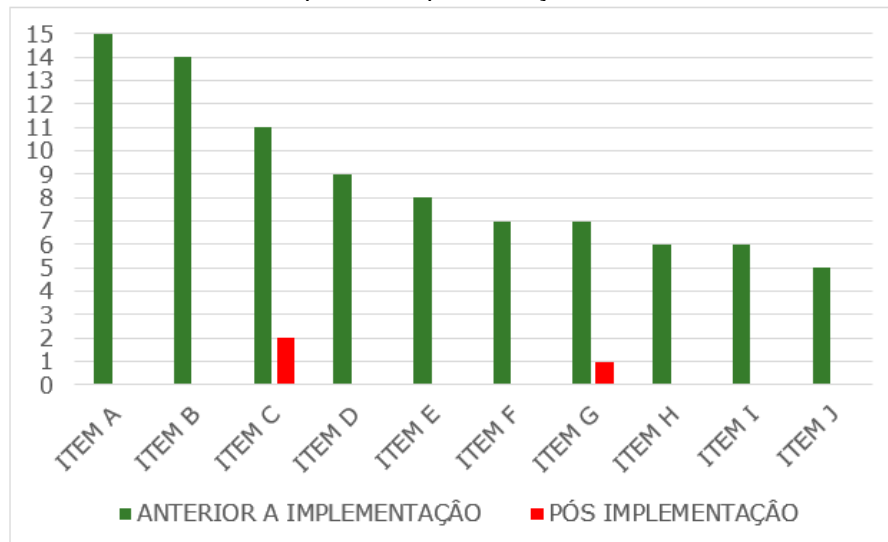


Fonte: Autor (2020)

O item C apresentou duas falhas de vazamento durante estes cinco meses e o item G apresentou apenas uma falha. Os demais itens estudados não tiveram falhas relacionada durante o período.

Com estes dados coletados para os dez itens da implementação, foi possível realizar uma comparação do antes e depois da implementação dos torquímetros controlados, conforme a Figura 31.

Figura 31: Dados de falhas antes e depois da implementação

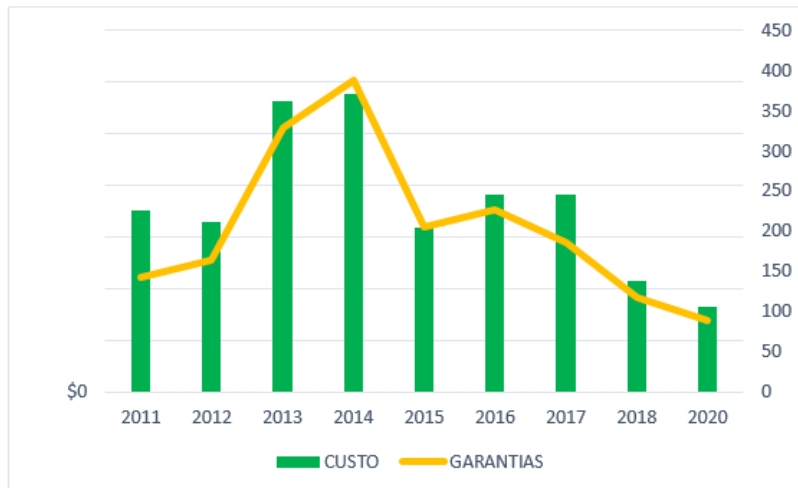


Fonte: Autor (2020)

Nesta comparação entre o antes e o depois é possível verificar a eficácia das novas ferramentas. O processo passou de oitenta e oito falhas para apenas três falhas nos dez itens críticos do projeto. Mostrando uma redução de mais de 96% nas falhas de vazamentos dos itens.

Utilizando esta mesma taxa de redução, foi possível também fazer uma projeção de solicitações de garantias e gastos com as mesmas se todos os torquímetros da linha do motor tivessem sido implementados, conforme mostra a Figura 32.

Figura 32: Projeção de quantidade de custo e garantias de campo

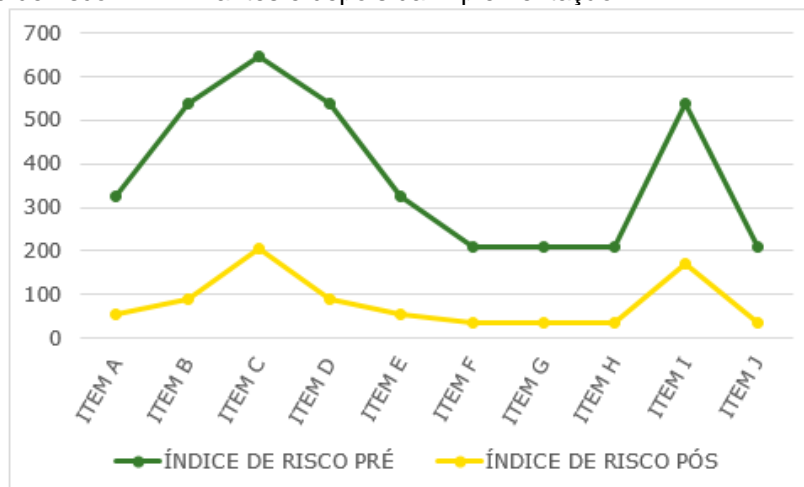


Fonte: Autor (2020)

Como pode ser observado, a quantidade total de solicitações teria uma redução e ficaria abaixo de cem por ano, considerando a redução apenas para a linha de motores.

Após a implementação dos novos torquímetros com sistema a prova de erro, foi possível também fazer uma nova análise do índice de risco do PFMEA, que pode ser analisado na Figura 33.

Figura 33: Índice de risco PFMEA antes e depois da implementação



Fonte: Autor (2020)

Com a implementação das novas ferramentas com *mistake proofing* a detecção na análise do PFMEA teve uma redução. Antes da implementação apresentava um índice de risco total de três mil setecentos e cinquenta e seis, após a implementação o índice de risco das dez ferramentas estudadas baixou para oitocentos e dois. No PFMEA obteve-se uma redução de 78% no índice de risco.

CONCLUSÃO

Nos tempos atuais investir em qualidade nas empresas é essencial para a manutenção da marca e do negócio como um todo. Estar constantemente se atualizando com novas tecnologias nos processos de manufatura é uma das melhores maneiras de se investir na qualidade final.

O presente trabalho buscou reduzir falhas de torque e vazamento no sistema hidráulico da linha de motores da empresa, que apresentavam índices elevados de falhas. Focou na implementação de um novo processo de aplicação de torque com controle, utilizando torquímetros conectados com o sistema de gestão da produção, conforme pode ser observado no capítulo 4.

Referente aos objetivos específicos, inicialmente foi proposto fazer a análise das falhas dos componentes do sistema hidráulico atual. Este ponto foi concluído conforme pode ser observado no tópico 4.2, foram levantadas as falhas totais de todas as áreas da empresa, as falhas exclusivas da linha de motores e ainda falhas relacionadas ao cliente final.

Relacionado ao segundo objetivo específico, que era realizar a análise do processo atual de aplicação de torque e escolha do novo processo, o mesmo foi finalizado conforme os tópicos 4.3 e 4.4 respectivamente, que além do detalhamento do processo atual, mostrou passo a passo as ferramentas utilizadas pelo engenheiro de manufatura no dia a dia para a escolha dos equipamentos.

Ao que tange o terceiro objetivo, pode ser observado no tópico 4.5 como foi realizado levantamento da quantidade de torquímetros utilizados no chão de fábrica e ainda a quantidade de chaves especiais necessárias.

Para o quarto objetivo específico, que era a implementação do novo método de aplicação de torque, pode-se observar no tópico 4.6 e 4.7 o passo a passo do processo de implementação das novas ferramentas e painéis.

Por fim, o tópico 4.8 mostra o desenvolvimento do último objetivo específico, que foi novamente realizar o levantamento de análise das falhas de torque e vazamento do sistema hidráulico após decorridos cinco meses da implementação do novo método.

Nos levantamentos dos dados de falhas após a implementação foi possível observar que se obteve uma redução de 96% nas falhas geradas pelos dez itens estudados e de 21% no total das falhas geradas pela área da montagem da

plataforma do motor. Desta forma, a hipótese observada de que os problemas eram gerados por esquecimento dos operadores ou aplicação de torque incorreto, foi comprovada.

Foi possível também projetar uma redução nas falhas de vazamento em campo para oitenta e nove falhas no ano. Também houve uma redução nos custos de garantias em campo. Comprovando assim que o método de torque utilizando ferramentas com controle é uma solução eficaz na redução de falhas.

Com todos estes dados obtidos e depois de todas as ações descritas no capítulo 4, é possível responder à questão problema do trabalho e afirmar que as ferramentas com controle de torque implementadas são eficazes na redução das falhas de torque e vazamento dos sistemas hidráulicos dos equipamentos produzidos pela empresa. Pode-se considerar como uma excelente solução para ser implementada nas demais áreas da empresa e em outras plantas.

Os itens que ainda apresentaram falhas após a implementação precisam de uma análise mais criteriosa do engenheiro de manufatura de montagem para identificar causas contribuintes que possam estar levando a estas falhas.

O presente estudo servirá como base para a empresa expandir o uso destas ferramentas para outras áreas ou ainda outras plantas fabris da empresa, tendo como base que o estudo mostra os grandes benefícios da utilização deste método. O estudo auxilia também outros estudantes de engenharia de produção na elaboração de trabalhos futuros em outras empresas, pois demonstra no detalhe tarefas práticas de um engenheiro de produção.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES JUNIOR, W.; DALLALIBERA, E. L. **Torqueamento para garantia de integridade no sistema industrial (critérios na utilização e escolha de ferramentas com controle de torque)**. [s.d]. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br/arquivos/143/143.pdf> >. Acesso em: 15 Abril de 2020.
- ARAÚJO, L. C. G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.
- ATLAS COPCO. **Tecnologia de Aperto – Guia de bolso**. Manual técnico, 2003.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004a.
- _____. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004b.
- CAMPOS, V. F. **Gerência da qualidade total**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1989.
- CHAIB, E. B. D. **Proposta para implementação de Sistema de Gestão Integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da Indústria Metal-Mecânica**. (2005). Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ebdchaib.pdf>. Acesso em: 11 Abril de 2020.
- CHECKLAND, P.; HOLWELL, S. **Action research: its nature and validity**. *Systemic Practice and Action Research*, 1998.
- CHEMIN, B. F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: UNIVATES, 2015.
- CONNOR, G. **Poka-yoke: Human-Proof your Process**. *Journal of Industrial Maintenance e Plant Operations*, p.12-14, jun. 2006.
- COSTA, F. N.; PEREIRA, F. L. M.; SANTOS, I. B.; CARVALHO, C. A. S.; NUNES, C. E. C. B. **Determinação e análise da capacidade produtiva de uma empresa de cosméticos através do estudo de tempos e movimentos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGP, XXIII., 2008, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro. ENEGEP, 2008.
- COUTO, B.do A.; MARASH, I. R. **Gestão por processos em sistemas de gestão da qualidade: conceitos, métodos e ferramentas para a melhoria contínua**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

CROSBY, P.B. **Quality is free: the art of making quality certain.** New York: New American Library. 1979.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração.** São Paulo: Marques Saraiva, 1990.

DEWES, L. F. **Setor de cronoanálise: estudo de caso em uma empresa de estamperia do Vale dos Sinos, Novo Hamburgo, RS,** 2010.

FAUSTINO, B. **Seis princípios básicos da Indústria 4.0 para os CIOs.** 2016. Disponível em: <https://cio.com.br/seis-principios-basicos-da-industria-4-0-para-os-cios>. Acesso em: 08 Abril 2020.

FEIGENBAUM, A.V. **Total Quality Control.** McGraw-Hill, London. 1961.

FELLIPE, A. D. **Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil.** In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, IX., 2012, Resende, Anais eletrônicos... Rio de Janeiro, SEGET, 2012.

FIORIO, V.; HENRIQUE, F. **O Que é Poka-Yoke?** 2013. Disponível em: < <https://industria hoje.com.br/o-que-e-poka-yoke> >. Acesso em 23 de Maio de 2020.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

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

GEDORE. **Catálogo GEDORE.** Disponível em: < <https://www.gedore.com.br/downloads> >. Acesso em: 05 jun. 2020.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção – Mais do que simplesmente Just-In-Time.** Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul. 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GROUT, J. **Mistake-proofing the Design of the Health Care Processes.** Rockville, AHRQ, 2007.

HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia.** 8 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Vol.1 – Mecânica.** 10º edição, 20018.

HINCKLEY, C. M. **Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry.** General Paper, Springer-Verlag, v.12 p.223-230, mar. 2007.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M. **Juran on Leadership for Quality: An Executive Handbook**. New York: Free Press. 1989.

JURAN, J. M.; **Qualidade Desde O Projeto**: Novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços, Cengage Learning 1998. São Paulo.

LOVATO, A; EVANGELISTA, M.L; GÜLLICH, R. **Metodologia da Pesquisa**: Normas técnicas de apresentação de trabalhos científicos. 2 ed. Três de Maio: SETREM, 2007.

MARSHALL, I. J. (org); **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

MARTINS, C. P. **Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário**. 2013. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Unijuí – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi. Disponível em: https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/1281/TCC_Claudinei%20Portella%20Martins.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 maio 2020.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. **Administração da produção**. 2. ed., rev. aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2005.

MENDES, J. V; FILHO, E.E. **Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial, 2002**. Disponível em <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2002000300006>. Acessado em 4 de Junho de 2020.

MIDDLETON, P. *Lean Software Development: two case studies*. **Software Quality Journal**, v.9, p.241-252, 2001.

NOVASKI, O.; SUGAI, M. MTM como Ferramenta para Redução de Custos: O Taylorismo Aplicado com Sucesso nas Empresas de Hoje. **Revista Produção Online**, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, v. 2, n. 2, jun/out 2002.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, S. L. de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

PALADINI, E.P. **Gestão estratégica da qualidade** – princípios, métodos e processos. São Paulo: Atlas, 2008.

PALADY, P. **FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

PASA, G. S. **Uma Abordagem para Avaliar a Consistência Teórica de Sistemas Produtivos**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

ROMEIRO FILHO, E. (Coord). **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SAURIN, T. A., JACQUES, J., HENRIQSON, E., JÚNIOR, G. C. **Análise de uma barreira de classificação contra acidentes em produtos e processos**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Anais... Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007.

SEBRAE. **Indústria 4.0 a moda a caminho do futuro**. 2018. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/Industria%204_0%20-%20WEB.PDF>. Acesso em: 10 maio 2020.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. Bookman, 1996.

SHIMBUN, N. K. **Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects**. Portland, MA: Productivity Press, 1988. Título Original: *Pokayoke dai zukan*.

STURTEVANT RICHMONT. **Manual de torque**. Manual técnico, [s.d].

STURTEVANT RICHMONT. **Global 400 MP User Manual**. Manual técnico, 2017.

STURTEVANT RICHMONT. **Catálogo de ferramentas online**. Disponível em <<https://www.srtorque.com/>>. Acessado em 23 de maio de 2020.

TAYLOR, F. W. **Princípio de administração científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2008.

TOFFANO, M. V. N; FREIRE, A. A.; CARVALHO, R. A.; HORA, H. R. M. **Enterprise Resource Planning (ERP): Uma revisão sistemática entre os anos de 2007 à 2017**.

VENTURELLI, M. **Maturidade para Indústria 4.0**, 2019. Disponível em: <https://marcioventurelli.com/2019/11/13/maturidade-para-industria-4-0/>. Acesso em 04 de julho de 2020.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA DEMAIC**. Rio de Janeiro, 2014.

APÊNDICE A – PFMEA de Processo

FMEA												Tipo de FMEA		Divisão			
Failure Modes and Effects Analysis												Processo		Folha			
Cliente			Aplicação			Áreas envolvidas			Data da elaboração								
Anderson Nascimento			Montagem			Engenharia de Manufatura - Montagem			15/08/2019								
Data da última revisão			Produto ou Processo			Fornecedor			Data da próxima revisão								
18/05/2020			Montagem da plataforma do motor			NA											
Item	Nome do Componente ou Processo	Função do Componente ou Processo	Falhas possíveis			Atual				Ação corretiva		Resultado					
			Modo	Efeito(s)	Causa(s)	Controles atuais				Recomendada	Tomada	Índices				Responsável	
						O	S	D	R			O	S	D	R		
A	Mangueira de óleo	Mangueira do filtro de óleo do motor	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	6	2	6	72	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	2	1	12	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	6	7	6	252	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	7	1	42	Anderson
B	Mangueira hidráulica	Mangueira ligação da bomba hidráulica até o servostato da direção	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	6	7	6	252	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	7	1	42	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	6	8	6	288	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	8	1	48	Anderson
C	Mangueira hidráulica	Mangueira ligação do radiador com o motor. Usa braçadeiras para fixar a mangueira	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	6	2	6	72	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	2	1	12	Anderson
			Baixo torque	Vazamento de líquido de arrefecimento	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	6	8	6	288	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	8	1	48	Anderson
			Posição incorreta da braçadeira	Vazamento de líquido de arrefecimento	Processo permite este modo de falha.	Instrução de trabalho	6	8	6	288	Inspeção visual no posto de trabalho e treinamento do operador	Adicionado check de qualidade no sistema de gerenciamento	6	8	3	144	Anderson
D	Mangueira hidráulica	Mangueira ligação da bomba hidráulica até o servostato da direção	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	6	7	6	252	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	7	1	42	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	6	8	6	288	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	8	1	48	Anderson
E	Mangueira hidráulica	Mangueira de ligação do motor até o compressor de Ar comprimido	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	6	2	6	72	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	2	1	12	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	6	7	6	252	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	6	7	1	42	Anderson

F	Mangueira hidráulica	Mangueiras de ligação entre a caixa de engrenagens do motor até o radiador	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	5	2	6	60	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	2	1	10	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	5	5	6	150	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	5	1	25	Anderson
G	Mangueira hidráulica	Mangueira de ligação do reservatório hidráulico até a válvula do reversor	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	5	2	6	60	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	2	1	10	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	5	5	6	150	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	5	1	25	Anderson
H	Mangueira hidráulica	Mangueira de ligação da caixa de engrenagens até a válvula de retenção	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	5	2	6	60	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	2	1	10	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	5	5	6	150	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	5	1	25	Anderson
I	Mangueira hidráulica	Mangueira ligação do radiador com o motor. Usa braçadeiras para fixar a mangueira	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	5	2	6	60	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	2	1	10	Anderson
			Baixo torque	Vazamento de líquido de arrefecimento	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	5	8	6	240	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	8	1	40	Anderson
			Posição incorreta da braçadeira	Vazamento de líquido de arrefecimento	Processo permite este modo de falha.	Instrução de trabalho	5	8	6	240	Inspeção visual no posto de trabalho e treinamento do operador	Adicionado check de qualidade no sistema de gerenciamento	5	8	3	120	Anderson
J	Mangueira hidráulica	Mangueira de ligação da caixa de engrenagens até a válvula de alívio	Sobre torque	Falha prematura dos componente	Uso da ferramenta de torque incorreto	Instrução de trabalho	5	2	6	60	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	2	1	10	Anderson
			Baixo torque	Falha da junta, vibração e vazamentos de óleo	Uso da ferramenta de torque incorreto Esquecimento da tarefa	Instrução de trabalho	5	5	6	150	Ferramenta com controle de torque	Adicionado torque controlado com torquimetro Sturvant	5	5	1	25	Anderson