



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS

CAMPUS MANAUS CENTRO

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

VITOR MARTINS VILAÇA

**MELHORIA DE EFICIÊNCIA DAS PARAFUSADEIRAS
HIDROPNEUMÁTICAS EM UMA FABRICANTE DE MOTOCICLETAS NO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

MANAUS/ AM
2021

VITOR MARTINS VILAÇA

**MELHORIA DE EFICIÊNCIA DAS PARAFUSADEIRAS
HIDROPNEUMÁTICAS EM UMA FABRICANTE DE MOTOCICLETAS NO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof^a Dra. Elaine Carvalho de Lima

MANAUS
2021

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

V695m Vilaça, Vitor Martins.

Melhoria de eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas em uma fabricante de motocicletas no polo industrial de Manaus / Vitor Martins Vilaça. – Manaus, 2021.

66 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Elaine Carvalho de Lima.

1. Engenharia mecânica. 2. Hidropneumática. 3. Pneumática. 4. Eficiência - parafusadeiras. I. Lima, Elaine Carvalho de. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

VITOR MARTINS VILAÇA

**MELHORIA DE EFICIÊNCIA DAS PARAFUSADEIRAS
HIDROPNEUMÁTICAS EM UMA FABRICANTE DE MOTOCICLETAS NO
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico e aprovado em sua forma final pelo Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica

Manaus, 05 de abril de 2021.

Banca Examinadora:

(Assinado digitalmente em 05/05/2021 15:10)

ELAINE CARVALHO DE LIMA

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

1101093

Prof.(a) Dra. Elaine Carvalho de Lima
Orientador(a)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

JACKSON DE
BRITO
SIMOES:0361714
8409

Assinado de forma digital
por JACKSON DE BRITO
SIMOES:03617148409
Dados: 2021.04.15
13:26:59 -03'00'

Prof. Dr. Jackson de Brito Simões
(Assinatura Avaliador Externo)

Prof. Dr. Jackson de Brito Simões,
Avaliador(a)

Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA)

(Assinado digitalmente em 05/05/2021 13:34)

JOAO NERY RODRIGUES FILHO

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

267939

Prof. Msc. João Nery Rodrigues Filho
Avaliador(a)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, JOSÉ DE JESUS MENDONÇA VILAÇA e ROBERLANE MARTINS VILAÇA, que durante toda minha vida me incentivaram e deram todo apoio para estudar e realizar meus sonhos. Tudo o que sou como pessoa e profissional são graças à educação que eles me proporcionaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por me proporcionar entendimento e discernimento para a conclusão desta monografia.

Especialmente, à Prof.^a Dra. Elaine Carvalho de Lima pela incrível e dedicada orientação, sempre atenciosa aos detalhes e disposta a mostrar o melhor caminho, além de desempenhar a função de orientadora com paciência e amizade.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica do IFAM – Campus Manaus Centro – que permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação.

À empresa na qual estagiei pela imensa oportunidade de trabalhar e desenvolver este trabalho.

À minha família por sempre apoiar e incentivar nos meus estudos.

À turma de Engenharia Mecânica do IFAM 2015 que se tornaram grandes amigos e partilhamos do crescimento profissional juntos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo para melhoria de eficiência de parafusadeiras hidropneumáticas que foi aplicado em uma empresa fabricante de motocicletas do Polo Industrial de Manaus, a fim de aumentar a durabilidade dessas ferramentas pneumáticas no processo produtivo. Em termos metodológicos, utilizou-se uma pesquisa quali-quantitativa, pois foram analisados os fenômenos e ocorrências de baixa eficiência com base em dados coletados no processo por meio do uso de ferramentas da qualidade. O presente estudo abordou as causas da perda de eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas, bem como, as soluções para melhoria de eficiência destas ferramentas. A pesquisa evidenciou as causas do torque baixo das parafusadeiras e apresentou ótimos resultados com a implantação de equipamentos de tratamento do ar comprimido e de lubrificação da unidade pneumática da parafusadeiras. Assim, foi importante observar que para que se extraia um bom desempenho de ferramentas pneumáticas é necessário tanto o tratamento de ar quanto a lubrificação dos componentes pneumáticos. Os resultados também apontaram que o projeto de melhoria proposto aumentou a eficiência das parafusadeiras e otimizou os custos e o tempo de manutenção.

Palavras-chave: Hidropneumática, Eficiência, Pneumática, ferramentas da qualidade, lubrificação, otimização de custos, manutenção, parafusadeiras.

ABSTRACT

The objective of this work is to present a study to improve the efficiency of hydropneumatic screwdrivers that was applied in a company that manufactures motorcycles in the Industrial Pole of Manaus, in order to increase the durability of these pneumatic tools in the production process. In methodological terms, a qualitative and quantitative research was used, as low efficiency phenomena and occurrences were analyzed based on data collected in the process through the use of quality tools. The present study addressed the causes of the loss of efficiency of hydropneumatic screwdrivers, as well as the solutions for improving the efficiency of these tools. The research showed the causes of the low torque of the screwdrivers and presented excellent results with the implementation of equipment for the treatment of compressed air and lubrication of the pneumatic unit of the screwdrivers. Thus, it was important to note that in order to extract a good performance from pneumatic tools, both air treatment and lubrication of pneumatic components are necessary. The results also pointed out that the proposed improvement project increased the efficiency of the screwdrivers and optimized maintenance costs and time.

Keywords: Hydropneumatics, Efficiency, Pneumatics, Quality Tools, Lubrication, Cost Optimization, Maintenance, Screwdrivers.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Pareto	21
Figura 2: Estrutura Básica do Diagrama de Ishikawa.....	23
Figura 3: Partes de Um Parafuso	24
Figura 4: Vista Interna de Uma Parafusadeira Hidropneumática	26
Figura 5: Motor Pneumático	27
Figura 6: Motor Pneumático com Palhetas de Celeron	28
Figura 7: Rolamento do Motor Pneumático, Inferior e Superior.	29
Figura 8: Componentes da Unidade Hidráulica.....	30
Figura 9: Desenho esquemático da parafusadeira hidropneumática	30
Figura 10: Organograma dos tipos de compressores.....	32
Figura 11: Classes de qualidade do ar comprimido	34
Figura 12: Processos de tratamento de ar	35
Figura 13: Unidade de conservação pneumática	37
Figura 14: Seção do filtro de ar	38
Figura 15: Filtro e elemento filtrante	38
Figura 16: Seção da válvula reguladora de pressão	39
Figura 17: Princípio de Venturi	39
Figura 18: Seção de um lubrificador.....	40
Figura 19: Teste de Membrana do óleo Coletado da Unidade Hidráulica	50
Figura 20: Desgaste no Sentido da Rotação do Prato Superior do Motor Pneumático	51
Figura 21: Sistema Pneumático Isento de Óleo Lubrificante.....	51
Figura 22: Desgaste no Motor Pneumático	52
Figura 23: Produção de Ar Comprimido	54
Figura 24: Partículas Sólidas.....	55
Figura 25: Poeiras Retidas pelo Filtro de Ar.....	55
Figura 26: Diagrama de Ishikawa do Torque Baixo.....	56
Figura 27: Teste de Membrana do Óleo da Unidade Hidráulica após 9 Dias...	61

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: Diagrama das Causas de Baixa Qualidade do Ar	58
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Exemplo de Gráfico de Controle	22
Gráfico 2: Índice de manutenção corretiva das parafusadeiras.....	45
Gráfico 3: Diagrama de Pareto - Índice de Defeitos	47
Gráfico 4: Torque Aferido do Aperto da Parafusadeira do Fechamento do Bloco da Carcaça	48
Gráfico 5: Aferição de Torque Diário da Parafusadeira com Conjunto Lubrifil .	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CNC- Controle Numérico Computadorizado

CNI- Confederação Nacional da Indústria

HRC- Hardness Rockwell C

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO- *International Organization for Standardization*

PIA- Pesquisa Industrial Anual

PIB- Produto Interno Bruto

PIM- Polo Industrial de Manaus

RPM- Rotações Por Minuto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 AS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE	19
2.1.1 Folha de Verificação.....	20
2.1.2 Diagrama de Pareto.....	20
2.1.3 Gráfico de Controle	21
2.1.4 Diagrama de Ishikawa	22
2.2 CONCEITOS DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO E TORQUE	23
2.2.1 Parafuso	24
2.2.2 Junta e Torque.....	25
2.3 PARAFUSADEIRAS.....	25
2.3.1 Componentes da Unidade Pneumática	26
2.3.2 Componentes da Unidade Hidráulica	29
2.3.3 Princípio de Funcionamento	30
2.4 CONCEITOS DE TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO	31
2.4.1 Produção de Ar Comprimido.....	31
2.4.2 Tratamento do Ar Comprimido Pós-Compressor.....	34
2.4.3 Tratamento do Ar Comprimido Antes da Alimentação nos Equipamentos da Fábrica.....	36
3. METODOLOGIA	41
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	41
3.1.1 Quanto à Abordagem.....	41
3.1.2 Quanto à Natureza.....	42
3.1.3 Quanto aos Objetivos	42
3.1.4. Quanto aos Procedimentos.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 CENÁRIO DAS PARAFUSADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS NO SETOR	44
4.2 DURABILIDADE DAS PARAFUSADEIRAS EM PROCESSO	47
4.3 ANÁLISE DA PERDA DE EFICIÊNCIA DAS PARAFUSADEIRAS	49
4.3.1 Análise da Unidade Hidráulica	49
4.3.2 Análise da Unidade Pneumática	50
4.3.3 Análise do Sistema de Ar Comprimido	52
4.4 ANÁLISE DAS CAUSAS ENCONTRADAS.....	55
4.4.1 Análise da Baixa Qualidade do Ar Comprimido	56

4.4.2 Análise dos Componentes Pneumáticos Desgastados	58
4.5 ESTUDO DE SOLUÇÕES PROPOSTAS	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
ANEXOS	66

1. INTRODUÇÃO

Segundo o relatório do “Perfil da Indústria nos Estados” publicado em 2014 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), o Amazonas possui o maior Produto Interno Bruto (PIB) industrial da região Norte, na qual a indústria representa 34,8% da economia dessa região, empregando 180 mil trabalhadores e pagando o quarto maior salário industrial médio do Brasil. Em 2013, o Amazonas possuía 3.302 empresas, correspondendo a 0,6% do total de empresas atuantes no setor industrial do Brasil (CNI, 2014).

Ainda sobre o Perfil Industrial no Amazonas, a Pesquisa Industrial Anual (PIA) feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016, apresenta que Manaus teve a maior taxa de crescimento do emprego industrial em um bom momento da economia brasileira entre 2003 e 2010. Até final de 2013, antes de estourar a recessão econômica de 2014, o Polo Industrial de Manaus (PIM) empregava aproximadamente 120 mil trabalhadores, fazendo da região uma das maiores geradoras de empregos do Brasil no setor Industrial, superando até algumas regiões industriárias da região Sudeste do país, como: São José dos Campos, Osasco, Jundiaí e Mogi das Cruzes. Segundo a PIA, a economia industrial de Manaus representa 1,3% do emprego total da indústria do País (IBGE, 2016).

O PIM se caracteriza por diversos setores da indústria de ramos diferentes, como: eletroeletrônico, metalúrgico, mecânico, químico, têxtil, bebidas, automotivo (polo de duas rodas), dentre outros. Segundo Holland (2019), três setores se destacaram em 2017, bens de informática, eletrodomésticos e o polo de duas rodas, este atingiu 884 mil unidades produzidas e teve o faturamento de R\$ 8,4 bilhões.

Após estudar os dados evidenciados neste trabalho até aqui, notamos que o polo de duas rodas é um dos principais segmentos industriais da região, com elevado volume de produção e, assim, para que o plano de produção das empresas seja atingido são necessários diversos equipamentos e pessoas para tornarem isso realidade. Um dos principais equipamentos utilizados nas linhas de montagem de tais fabricantes são as ferramentas pneumáticas, como: parafusadeiras hidropneumáticas, rebidadeiras pneumáticas, politrizes pneumáticas. É comum o uso destas ferramentas diversas vezes no decorrer

da produção, uma vez que o plano de produção de motocicletas é elevado, sendo comum a perda de eficiência de tais equipamentos.

Nas fabricantes de motocicletas, o maior volume de ferramentas pneumáticas utilizadas são as parafusadeiras hidropneumáticas, estas são responsáveis pelo aperto de parafusos e porcas em peças de motocicletas. Sendo um dos principais equipamentos de montagem, assim é de fundamental importância que as parafusadeiras estejam operando em alta eficiência. Desta forma, será feito o estudo da melhoria de eficiência de parafusadeiras hidropneumáticas em uma fabricante de motocicletas do PIM.

Para a produção de motocicletas são necessários funcionários altamente qualificados e treinados, bem como, ferramentas e maquinários ideais para atender a montagem, tais como, máquinas de prensagem, equipamentos de injeção de fluido de freio, equipamentos de injeção de gasolina, parafusadeiras, torquímetros, dentre outros. Para que as linhas de montagem atendam ao plano de produção é necessário que todos os equipamentos estejam trabalhando com alta eficiência e em perfeito estado. Para isso, é seguido um cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos, para que assim, haja a produção dentro do tempo programado.

Nas linhas de montagem da empresa, objeto de estudo dessa pesquisa, o equipamento mais comum e em maior volume são as parafusadeiras hidropneumáticas. Estas efetuam uma alta quantidade de apertos em um único dia, devido a isso, é comum estas ferramentas hidropneumáticas perderem sua eficiência, tornando impossível a execução dos apertos. A problemática está no fato de a eficiência das parafusadeiras está comprometida antes do prazo programado pelas manutenções preventivas, e comprometendo o processo, assim, estas ferramentas são enviadas ao setor de manutenção da fábrica especializada em parafusadeiras hidropneumáticas para ser realizada a manutenção corretiva e enviada novamente ao setor produtivo. Além do fato referido, notou-se um elevado volume de parafusadeiras em manutenção corretiva, ultrapassando o limite programado em 90%.

Dessa forma, apresentamos três perguntas problema para dar norte à pesquisa, quais sejam: Como investigar a perda de eficiência? O que fazer para melhorar a eficiência das parafusadeiras da fábrica? E, por fim, quais ganhos serão trazidos para a empresa com a melhoria de eficiência?

Alguns fatores podem contribuir para perda de eficiência das ferramentas pneumáticas no processo. A primeira delas está relacionada a parte hidráulica da ferramenta, que pode ter seu funcionamento comprometido pela perda das propriedades do óleo, assim ocasionando os apertos ineficientes.

O segundo fator está relacionado a parte pneumática, que pode ter seu funcionamento comprometido pela falta de lubrificação e desgastes de seus componentes, o que dificulta os movimentos cíclicos das parafusadeiras, tornando-as ineficientes. Finalmente, o terceiro fator, possivelmente, relaciona-se com a fonte energética da ferramenta, o ar comprimido, que pode ter sua qualidade comprometida em três pontos de sua geração: na sala dos compressores, nas tubulações da rede primária, e nas tubulações da rede secundária – que alimentam os equipamentos.

O tratamento do ar na geração e distribuição deve seguir etapas para que atendam aos quesitos de qualidade, pois um ar comprimido de baixa qualidade compromete o estado dos componentes pneumáticos e, por sua vez, a eficiência destes, assim, mais uma vez, a parafusadeira perde eficiência antes do programado.

Desta forma, a partir de estudos práticos e teóricos hipotetizamos que o uso de mecanismos para o tratamento de ar comprimido, para atender quesitos de qualidade, e sistemas de lubrificação dos componentes pneumáticos devam ser utilizados para melhoria de eficiência das parafusadeiras da fabricante em questão.

O estudo da melhoria de eficiência é muito importante e pouco se fala sobre tal tema e suas vantagens. A contribuição a ser trazida com este estudo estará presente no aumento da vida útil dos componentes das ferramentas pneumáticas, redução de custos com manutenção corretiva e aumento de durabilidade das ferramentas pneumáticas no processo sem apresentar perda de eficiência. Ademais, este trabalho trará contribuições teóricas para a projeção de redes de ar comprimido, uma vez que serão abordados os principais equipamentos e acessórios para ter uma rede de ar comprimido de qualidade, bem como os principais problemas que ocorrem caso não sejam seguidos os conceitos a serem explanados.

O presente trabalho tem por objetivo geral: investigar propostas para a melhoria de eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas. E deste objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudar o princípio de funcionamento das parafusadeiras hidropneumáticas e do sistema que alimenta esta ferramenta;
- Analisar as possíveis causas da perda de eficiência através de testes feitos em laboratórios e experimentos realizados no processo;
- Apresentar propostas para a melhoria da eficiência do equipamento objeto de estudo deste trabalho;
- Avaliar os ganhos, advindos da melhoria de eficiência, com redução de custos com manutenção corretiva, com aumento de vida útil das peças pneumáticas e a melhoria de desempenho no processo.

Para alcançar os objetivos o presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, além desta introdução que mostra o tema, problemática, hipóteses, justificativa, objetivo geral e objetivos específicos, temos também o segundo capítulo, no qual é abordado acerca de conceitos de pneumática e elementos de fixação como embasamento teórico para compreensão do trabalho a ser desenvolvido. No terceiro capítulo é apresentada a metodologia do presente trabalho, que consiste basicamente em uma pesquisa qualitativa e quantitativa utilizando ferramentas da qualidade para analisar os dados coletados. No quarto capítulo são elucidados os principais resultados e discussões, que consistem na análise das causas e propostas para solução da problemática de baixa eficiência das parafusadeiras. Por fim, é apresentada as considerações finais, mostrando que o sistema implantado é de fundamental importância aos equipamentos pneumáticos e sua vida útil.

Espera-se que o presente trabalho auxilie outros acadêmicos que desejam desenvolver projetos na área pneumática e que as experiências práticas explanadas neste trabalho de conclusão de curso contribuam para o crescimento acadêmico e profissional dos mesmos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O polo de duas rodas no PIM é altamente complexo, em virtude da verticalização de processos de fabricação em seus sistemas de produção e, com isso a tendência, com o volume de atividades, é a dificuldade em solucionar problemas, muitos deles organizacionais e extremamente complexos, gerando a necessidade de trabalho em equipe. Para isso, as ferramentas da gestão da qualidade foram criadas para potencializar as habilidades da equipe através de métodos e técnicas para identificação de possíveis causas e soluções do problema (LUCINDA, 2010).

As ferramentas de gestão da qualidade serão de fundamental importância para desenvolvimento deste trabalho, que tem como objeto de estudo as parafusadeiras hidropneumáticas. O termo pneumático, segundo Parker (2006), pode ser definido como a parte da física que envolve a dinâmica e os fenômenos relacionados com gases ou vácuos, convertendo a energia desses gases ou vácuos (energia pneumática) em energia mecânica.

Na indústria, o conceito de pneumática é, amplamente, utilizado em máquinas diversas, como: prensas pneumáticas, dispositivos de fixação, máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), portas de ônibus, parafusadeiras, grampeadores pneumáticos, dentre outros.

No decorrer deste capítulo serão abordadas as particularidades das ferramentas de gestão da qualidade, os elementos de fixação e, também, sobre as parafusadeiras hidropneumáticas, bem como, os equipamentos geradores de sua fonte energética, o ar comprimido.

2.1 AS FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

As técnicas e métodos das ferramentas da qualidade nos dão uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação dos problemas a serem solucionados em situações de não conformidade, ajudando a diminuir os erros e confusões de problemas recorrentes em um sistema organizacional administrativo ou industrial. Para Godoy et al (1995) as ferramentas apontam as possíveis falhas de processos empregados com o intuito de atingir a

melhoria e evitar desperdícios, permitindo que uma empresa ou um sistema se torne eficiente.

Segundo Lucinda (2010) as ferramentas da qualidade são fundamentais para simplificar a resolução de problemas e salienta alguns pontos que nos remetem ao seu uso: facilita o entendimento do problema, proporciona um método simples e eficaz de abordagem, mantém o trabalho organizado e aumentam a produtividade.

Para entendimento deste trabalho será abordado as ferramentas: Folha de verificação, diagrama de Pareto, Gráfico de Controle, Diagrama de Ishikawa e os “5 porquês”.

2.1.1 Folha de Verificação

Conforme Mariani (2005), a folha de verificação é o monitoramento do processo por meio do registro de dados, coletando informações que evidenciam alguma anormalidade no processo como, por exemplo, o índice elevado de manutenção corretiva em uma empresa, ou o índice de peças inutilizadas em uma multinacional.

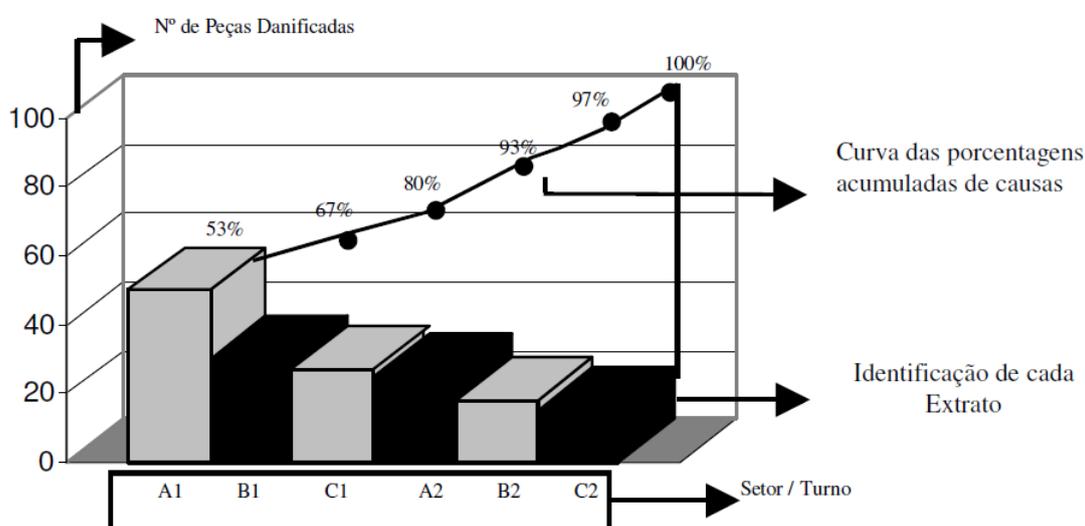
Para o mesmo autor existem diversos tipos de folha de verificação, dentre eles temos:

- a) Distribuição do Processo de Produção: usado quando se quer coletar dados de amostras de produção e compará-los as especificações, aplicado frequentemente quando se quer identificar variação de dimensão de peças, como exemplo, diâmetro de peças depois de feito o processo de usinagem.
- b) Verificação de Itens defeituosos: utilizado para identificar o tipo de defeito mais recorrente e a quantidade de vezes que tal defeito reincide, como exemplo, tipos de defeitos durante injeção de peça plástica e a quantidade de vezes que cada um deles ocorre em determinado tempo.
- c) Causa de Defeitos: o próprio nome é autoexplicativo, investiga as causas dos defeitos recorrentes. Exemplo: peça batida por armazenagem inadequada, peça batida por queda durante transporte, dentre outros.

2.1.2 Diagrama de Pareto

Consoante Silva (1995), o diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, do maior para o menor, indicando os índices dos problemas em maior percentual, além de evidenciar a curva dos percentuais acumulados. Este diagrama é muito útil para facilitar a visualização da maior problemática. A Figura 1 mostra que no diagrama de Pareto a ordem dos valores é decrescente e os valores percentuais presentes no gráfico de linhas são somados a cada barra do gráfico de barras, assim o diagrama de Pareto ilustra o setor com o maior número de peças danificadas.

Figura 1: Diagrama de Pareto

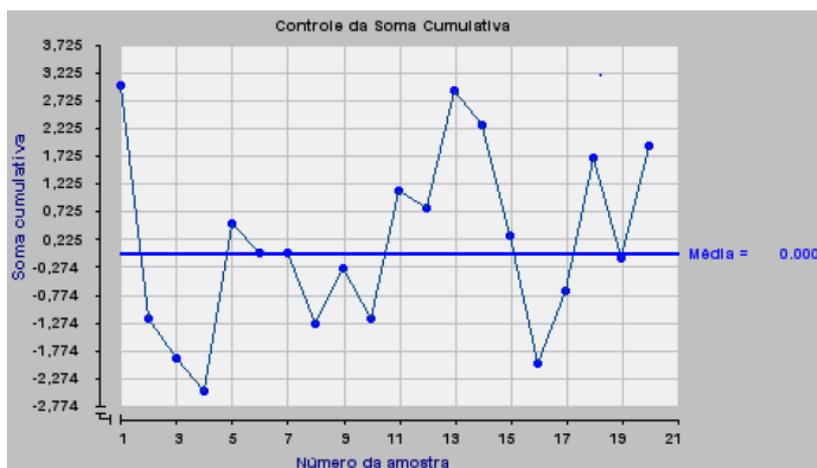


Fonte: Silva (1995)

2.1.3 Gráfico de Controle

Para Carpinetti (2012) o gráfico de controle é uma ferramenta estatística para avaliar, acompanhar e controlar a estabilidade de um processo, verificando limite superior, inferior e a média dos valores coletados. A ideia geral desta ferramenta é checar durante todo o processo algum tipo de variação no sistema estudado, a fim de encontrar possíveis fatores causadores de problemas, conforme exemplo no Gráfico 1:

Gráfico 1: Exemplo de Gráfico de Controle



Fonte: Lucinda (2010)

O Gráfico 1 ilustra os valores de cada amostragem fora do especificado, que neste caso é a reta de média, configurando que o processo está fora de controle.

2.1.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como “Diagrama de Causa e Efeito” ou “Diagrama de espinha de peixe”, representa a relação entre os problemas existentes e suas possíveis causas, para que assim seja encontrada a causa raiz do problema (CARPINETTI, 2012).

O diagrama utilizado neste trabalho faz uso de 4 itens que relacionam a causa com o efeito (problema existente), são estes: Operador, Método, Máquina e Material.

De maneira resumida, ainda conforme Carpinetti (2012), temos:

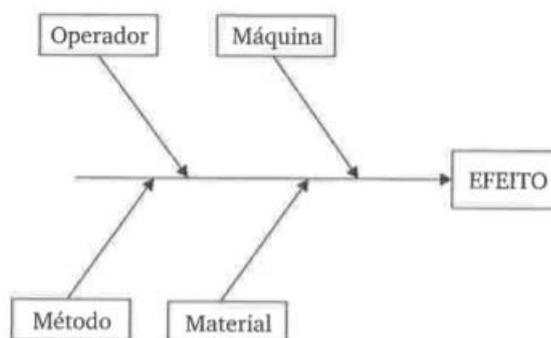
- a) Operador: o problema pode estar atrelado ao comportamento do trabalhador. Exemplo: uso do celular no horário de expediente.
- b) Método: a metodologia de trabalho pode estar obsoleta com o passar dos anos e as mudanças pertinentes ao processo. Exemplo: elevado tempo de checagem de cotações de diâmetros de peças.
- c) Máquina: o equipamento responsável por algum processo pode não ser o dimensionado ou especificado para uma atividade em especial. Exemplo:

máquina de prensagem de 10.000 toneladas para um processo que necessite de 10.500 toneladas para efetuar seu processo.

d) Material: o problema pode estar no material que está sendo realizado o trabalho. Exemplo: óleo não especificado para o motor de um automóvel, ou máquina (CARPINETTI, 2012).

A Figura 2 exemplifica a estrutura básica do diagrama, no qual os itens operador, máquina, método e material são os possíveis causadores do efeito evidenciado.

Figura 2: Estrutura Básica do Diagrama de Ishikawa



Fonte: Carpinetti (2012)

2.2 CONCEITOS DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO E TORQUE

Em uma linha de montagem de motocicletas é substancialmente importante entendermos conceitos de fixação de uma peça por meio do elemento de fixação chamado de parafuso, e também dos elementos que fazem parte do processo de aperto e torque, como por exemplo, as parafusadeiras.

Os apertos e torques aplicados na montagem de uma motocicleta devem ser estudados e aplicados com o devido cuidado, uma vez que, conforme Melconian (2008), os elementos de fixação são responsáveis pela segurança do usuário. Imaginemos uma situação hipotética, o aperto do parafuso do pedal de câmbio de uma motocicleta qualquer foi executado com uma parafusadeira que não tem a força necessária para atingir o torque de segurança, e digamos que esta falha não é detectada na inspeção do produto, esta motocicleta em

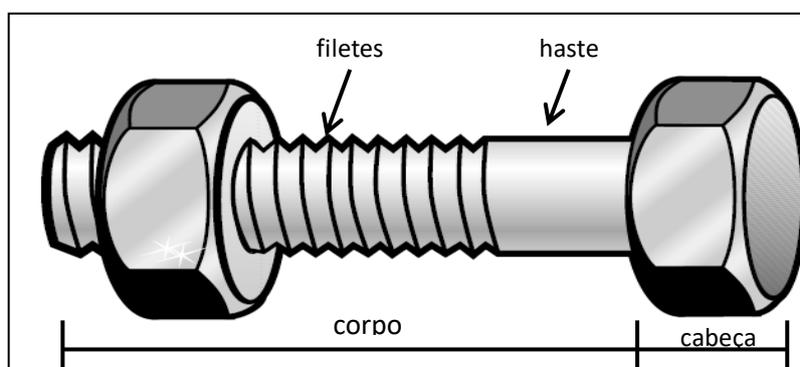
questão chega nas mãos do cliente com um problema vital de fábrica, e devido a uma negligência, ou mesmo a falta de conhecimento dos conceitos de fixação e torque, levarão o cliente a um acidente grave ou fatal. Desta forma, é fundamental entendermos a importância de tais conhecimentos, bem como, o uso da ferramenta hidropneumática correta e em perfeitas condições de trabalho para que haja maior eficiência, segurança e qualidade nos produtos.

2.2.1 Parafuso

Para Melconian (2008), os parafusos são elementos de fixação de um conjunto de maneira não permanente. O parafuso é caracterizado por cabeça e corpo, onde o corpo pode ser dividido em haste e rosca, ou somente rosca em toda extensão do corpo. De modo geral, os parafusos se diferem pelo tipo da cabeça, tipo do corpo, perfil do filete e sistema de padronização.

Ainda conforme Melconian (2008), o tipo de acionamento está diretamente ligado ao formato da cabeça, ou seja, a chave que será utilizada depende diretamente do seu formato, por exemplo, parafuso da cabeça sextavada necessita de uma chave de boca. O corpo do parafuso pode ser cilíndrico ou cônico, assim como totalmente rosqueados ou não. Outra característica em que os parafusos diferem são no perfil dos filetes, eles podem ser: triangular, trapezoidal, quadrado, redondo e rosca dente de serra. De acordo com a Figura 3, os elementos que constituem um parafuso são basicamente corpo e cabeça, e dentro do corpo do parafuso existem a haste e os filetes.

Figura 3: Partes de Um Parafuso



Fonte: Adaptado de Atlas Copco (2003)

2.2.2 Junta e Torque

Garcia (2011) mostra que uma Junta é constituída de três elementos básicos: o parafuso, aquele que possui rosca externa; a contra-peça, que sofrerá todas as forças resultantes do processo de aperto; e por último, a porca, aquela que possui rosca interna. A porca é o elemento principal, uma vez que em 99% dos apertos é a porca que possui maior resistência mecânica. Assim entendemos que o conceito de junta funciona como um trio responsável pela fixação do parafuso na peça.

Para o parafusamento da junta é necessário a aplicação de uma carga de cisalhamento, conhecida como torque. Torque é a grandeza que mede a força de união de uma junta parafusada, conforme Atlas Copco (2003). Além disso, o método de parafusamento deve ser levado em conta, mas para isso é importante sabermos a tipologia da junta, há dois tipos: junta rígida e junta flexível.

A junta rígida, segundo a *International Organization for Standardization – ISO 5393* de 1994, caracteriza-se pelo giro de 30° do parafuso após contato com a contra peça de metal e atinge o torque nominal em frações de voltas do parafuso. Por outro lado, a junta flexível caracteriza-se pelo giro de mais de 650° graus após o contato com a contra peça e atinge o torque nominal em mais de duas voltas.

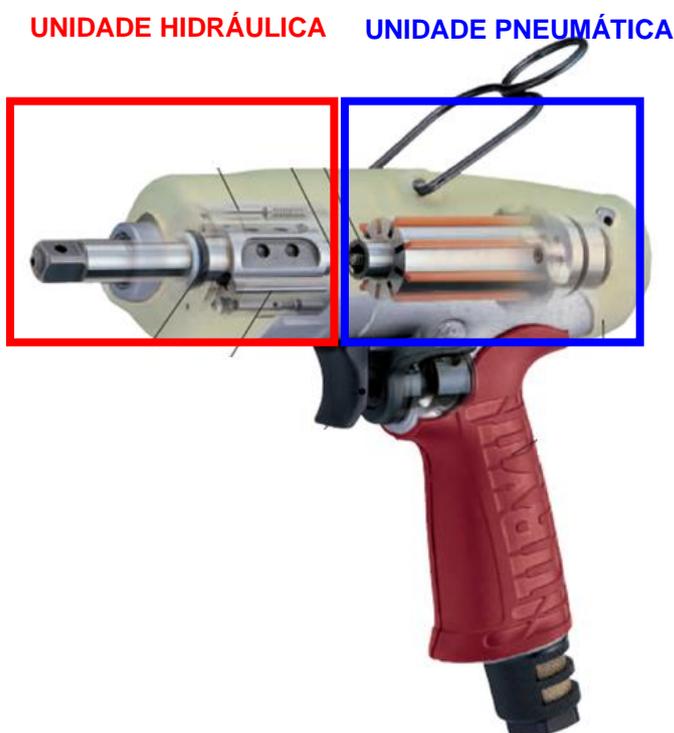
2.3 PARAFUSADEIRAS

De acordo com o manual editado pela empresa Atlas Copco (2003) o termo parafusadeiras define as ferramentas usadas para os menores parafusos nos quais o torque de aperto requerido é baixo o suficiente para permitir que o torque de reação desenvolvido durante o aperto seja suportado pelo operador apenas segurando a ferramenta. Existem, basicamente, dois tipos de parafusadeiras pneumáticas, estas são: rotativas e pulsativas. No que diz respeito as parafusadeiras rotativas, Simeoni (2014) nos explica que este tipo de parafusadeiras possui um mecanismo de sistema-mola no qual permite o desligamento do motor rotativo quando um torque pré determinado pela mola é atingido, entretanto, para o presente estudo, o enfoque serão as parafusadeiras

pulsativas, comumente chamadas de parafusadeiras hidropneumáticas, na qual sua principal vantagem é a diminuição de vibrações na mão do operador, aplicando pulsos que completam o torque final pouco a pouco, em virtude disso a precisão do torque é baixa, em torno de 15% (ATLAS COPCO, 2003).

Ainda conforme o manual editado pela empresa Atlas Copco (2003), as parafusadeiras hidropneumáticas podem ainda ser do tipo pistola, reta ou angular e internamente são divididas em duas partes: unidade pneumática e unidade hidráulica. Vamos assim, conhecer os componentes de cada parte, conforme a Figura 4.

Figura 4: Vista Interna de Uma Parafusadeira Hidropneumática



Fonte: Uryu (2016)

A Figura 4 ilustra os componentes internos das duas partes da parafusadeira, a unidade pneumática e a unidade hidráulica, nesta notamos a presença do eixo bigorna e das palhetas de aço e naquela podemos ver o motor pneumático com as palhetas de Celeron.

2.3.1 Componentes da Unidade Pneumática

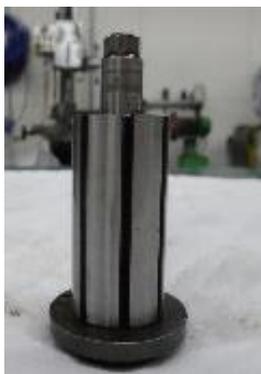
Os componentes da unidade pneumática foram um conjunto que irá transmitir o movimento cíclico à unidade hidráulica da parafusadeira. Os principais componentes são: motor pneumático, palhetas de Celeron, e os rolamentos.

2.3.1.1 Motor Pneumático

Para Atlas Copco (2003), o motor pneumático é o componente principal da unidade pneumática. Este componente transforma energia pneumática em trabalho mecânico, ou seja, não utiliza energia elétrica para o funcionamento, o motor pneumático é acionado pelo ar comprimido, que vem conduzido pela rede de tubulação até o ponto de aplicação, no qual executa trabalho útil, por expansão ou aplicação direta de força.

O motor pneumático é vantajoso em relação ao motor elétrico em virtude de serem menores e mais leves, produzindo maior potência em razão desse aspecto. Outra vantagem se dá no controle da potência de saída através da variação de pressão e velocidade, bem como da variação do fluxo de ar controlado pelo operador, pois assim o consumo de energia é otimizado. Terceiro ponto de vantagem fica evidente quando notamos que este motor não aquece quando interrompido ou em trabalho contínuo, o que não acontece em motores elétricos, isto é ideal para aplicar em ambientes em que há risco de explosão, uma vez que o motor pneumático não aquece, por sua vez, não geram faíscas, desta forma, atendem a certificação de segurança.

Figura 5: Motor Pneumático

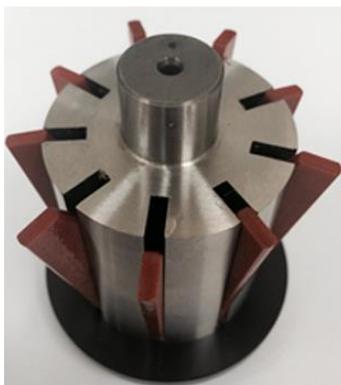


Fonte: Próprio Autor (2020)

2.3.1.2 Palhetas de Celeron

Este componente é o responsável por rotacionar o motor pneumático, quando o ar comprimido é admitido no sistema. Segundo Akutagawa et al (2020), a palheta de Celeron é um laminado técnico com reforços de algodão e resina fenólica, fabricado através do processo de prensagem e tratamento térmico, dando origem a um material duro e denso. Quando o calor e a pressão são aplicados simultaneamente às camadas, uma reação química ocorre aglomerando as camadas em uma massa sólida e compacta. A Figura 6 ilustra o motor pneumático juntamente com as palhetas de Celeron, no qual esses dois componentes trabalham em conjunto.

Figura 6: Motor Pneumático com Palhetas de Celeron



Fonte: Macco (2017)

2.3.1.3 Rolamento

Os rolamentos são elementos de máquinas que transferem movimento, ou seja, suporta e guia componentes que giram em relação um ao outro, além de transmitirem força. Em uma parafusadeira hidropneumática que sustenta a rotação do motor pneumático e transmite seu movimento a unidade hidráulica é o rolamento, que na unidade pneumático temos dois, superior e inferior. Conforme Figura 7 que mostra o rolamento utilizado tanto na parte inferior quanto superior do motor pneumático.

Figura 7: Rolamento do Motor Pneumático, Inferior e Superior.



Fonte: Silva e Cardoso (2005)

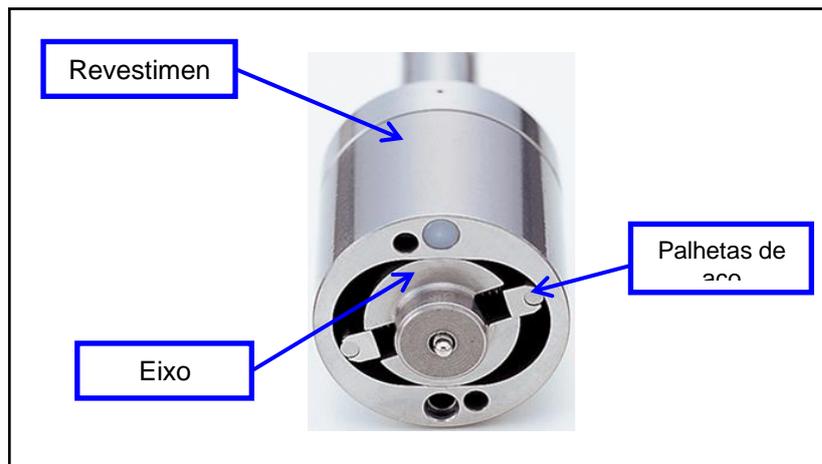
2.3.2 Componentes da Unidade Hidráulica

O conjunto descrito anteriormente é a força motriz da unidade hidráulica, em outras palavras, a unidade pneumática é quem transmite movimento para os componentes da unidade hidráulica, que por sua vez, através do seu conjunto, geram o movimento com a força necessário para aplicação do aperto. E o principal componente desta unidade é o eixo chamado de bigorna.

2.3.2.1 Eixo Bigorna, Palhetas de Aço e Revestimento

O eixo bigorna é responsável por atuar no aperto do parafuso, neste componente a chave mecânica é acoplada para acionamento do aperto do parafuso. Além disso, o eixo possui rasgos para acoplagem das palhetas de aço. Estes componentes aqui citados estão revestidos por um copo, em meio ao óleo hidráulico. O eixo e as palhetas de aço terão a função de transmitir a energia hidráulica presente no fluido na forma de energia mecânica. Observemos a figura 8 para visualizarmos o sistema parcialmente montado.

Figura 8: Componentes da Unidade Hidráulica

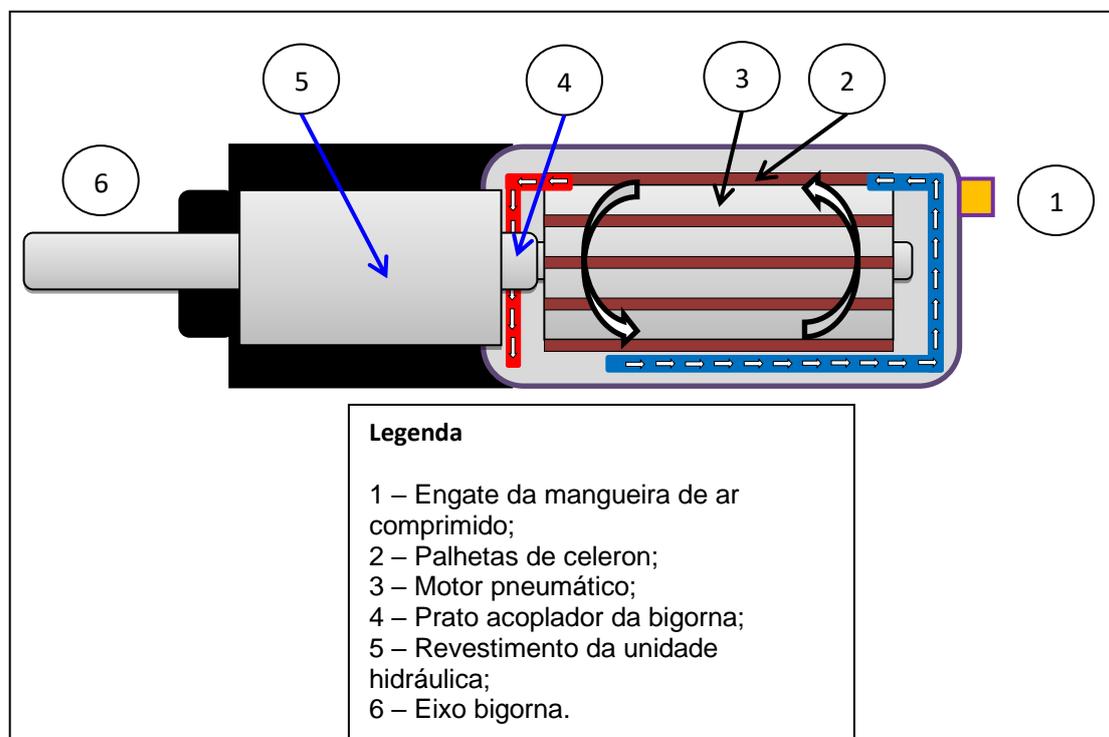


Fonte: Adaptado de Macco (2017)

2.3.3 Princípio de Funcionamento

Para facilitar o entendimento, vamos observar o desenho esquemático da parafusadeira hidropneumática na figura 9.

Figura 9: Desenho esquemático da parafusadeira hidropneumática



Fonte: Próprio Autor (2020)

No esquema apresentado na Figura 9, observamos que o ar é admitido em (1), acionando o conjunto palhetas Celeron (2) e motor pneumático (3), que por sua vez giram em alta rotação. Simultaneamente, o conjunto que está conectado ao eixo bigorna através do prato acoplador (4) também rotaciona. Vale ressaltar que no revestimento (5) temos a presença das palhetas de aço, conectadas ao eixo bigorna por meio de molas e em meio ao óleo hidráulico. Logo, a rotação do eixo e das palhetas em meio ao óleo amplifica a força do motor pneumático, essa força amplificada é transmitida diretamente ao eixo bigorna que fará o aperto da junta, através dos pulsos de torque resultante da rotação das palhetas de aço.

Tecnicamente, a energia pneumática é transformada em energia mecânica pelo motor pneumático. Essa energia mecânica chega à unidade hidráulica, que agora é convertida em energia hidráulica, através do conjunto bigorna e palhetas de aço combinadas a rotação do sistema em meio ao óleo hidráulico. Essa energia hidráulica é propagada pelo fluido, óleo presente no copo, e em seguida transformada em energia mecânica com sua força multiplicada, em virtude da afirmação da lei de Pascal em que a pressão é transmitida em uma quantidade presente no fluido. Desta forma, o eixo e as palhetas de aço terão a função de transmitir a energia hidráulica presente no fluido na forma de energia mecânica.

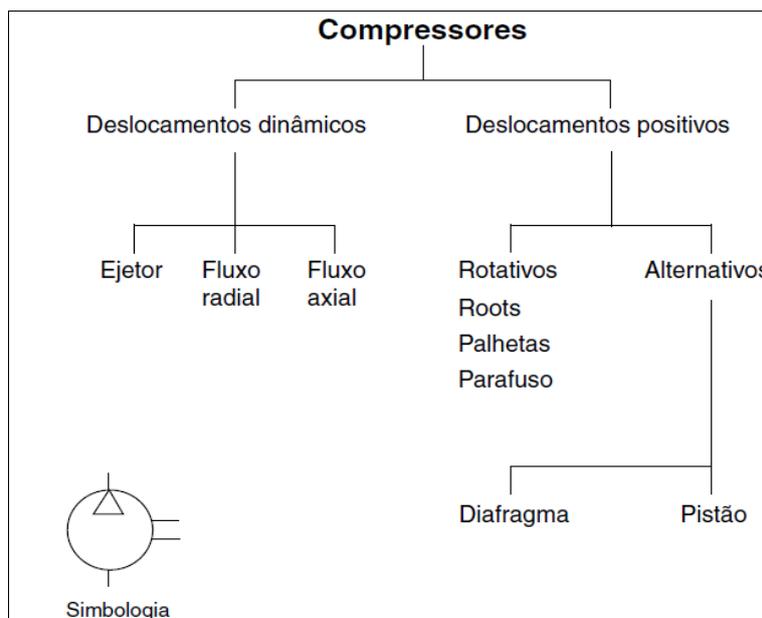
2.4 CONCEITOS DE TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO

Como foi visto até aqui, a fonte energética das parafusadeiras hidropneumáticas é o ar comprimido, ou seja, é a força motriz que aciona todo o sistema mecânico destas ferramentas pneumáticas, no entanto, alguns conceitos e normas devem ser seguidos para se ter um ar comprimido de qualidade e eficiente. Assim, veremos adiante neste capítulo desde a produção do ar comprimido à sua distribuição aos diversos equipamentos presentes em uma fábrica do polo de duas rodas.

2.4.1 Produção de Ar Comprimido

Segundo Jesus (2012) a obtenção de uma pressão de ar consideravelmente maior que a pressão atmosférica, também chamada de pressão barométrica, realiza-se com compressores de ar. Os compressores tem o recurso de transformar energia mecânica em energia potencial de pressão e cinética do ar.

Figura 10: Organograma dos tipos de compressores



Fonte: Parker (2006).

Os demais são compressores com as seguintes características:

- Compressores com baixa e/ou média vazão;
- Eficiência energética baixa e consumo de energia alta;
- Baixas rotações;
- Preços acessíveis;
- Com nenhuma ou pouca tecnologia embarcada.

2.4.1.1 Compressores de Deslocamento Dinâmico

Para Parker (2006) o ar é conduzido a um rotor que comunica uma elevação na velocidade e conseqüentemente na sua energia cinética. E através da descarga por um difusor, grande parte da energia cinética se converte em energia de pressão, o que é excelente à transmissão por tubulações a distâncias consideráveis.

2.4.1.2 Compressores de Deslocamento Positivo

Também é afirmado por Parker (2006) que o ar é admitido em uma câmara de compressores, e por isso, é isolada do exterior. Por meio da redução do volume útil da câmara sob a ação de uma peça especial, realiza-se a compressão do ar. Quando a pressão na câmara atinge valor compatível com a pressão no tubo de descarga, abre-se uma válvula ou uma passagem, e o ar da câmara é descarregado, sob pressão aproximadamente constante.

Os compressores de deslocamento positivo são os mais empregados em virtude das suas vazões serem menores quando comparadas aos compressores de deslocamento dinâmico, e quando se trata de ar comprimido quando menor a vazão maior o consumo.

2.4.1.3 Tipos de Compressores de Deslocamento Positivo

✓ Compressores Alternativos de Pistão

Segundo Silva (2002) os tipos são: monocilindro, policilindro, simples efeito e duplo efeito. Estes compressores são facilmente controlados de acordo com a demanda de ar comprimido, podendo operar em plena carga, carga parcial ou em vazio, mediante abertura automática das válvulas de admissão. Não há compressão durante os períodos em que não há demanda de ar comprimido. Isto configura uma vantagem no emprego deste tipo de compressor.

✓ Compressores Rotativos de Parafuso

Para Silva (2002) este compressor contém dois rotores helicoidais, um com lóbulos convexos e outro com lóbulos côncavos, denominados, rotor macho e rotor fêmea, respectivamente. Geralmente, o rotor macho é acionado pelo motor, e os rotores são sincronizados por meio de engrenagens, assim, o ar é admitido na abertura da admissão e comprimido à medida que as porções engrenadas se movem em direção à extremidade de descarga. Estes

compressores são bem empregados quando há uma grande demanda de produção de ar comprimido.

2.4.2 Tratamento do Ar Comprimido Pós-Compressor

Segundo Schulz (2002) o ar atmosférico contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e poeira (sólido). Durante o processo de compressão, o ar comprimido também é contaminado pelo óleo lubrificante do compressor e por partículas sólidas provenientes do desgaste das peças móveis do mesmo. Já na tubulação de distribuição, o ar comprimido ainda pode arrastar ferrugem e outras partículas. A água é responsável por outra série de inconvenientes que mencionaremos adiante. O compressor, ao admitir ar, aspira também os seus compostos e, ao comprimir, adiciona a esta mistura o calor sob a forma de pressão e temperatura.

O ar contaminado deve trazer os seguintes malefícios: Obstrução de orifícios, desgastes de vedações, oxidação nos componentes pneumáticos, diminuição da eficiência de ferramentas pneumáticas e custos elevados à fábrica com paradas de máquinas. Por isso é de suma importância que o ar comprimido chegue limpo e seco aos equipamentos pneumáticos para que não haja perdas significativas. Segundo a ISO 8573.1 (2010) é especificado a classe de qualidade do ar comprimido, conforme Figura 11 a seguir.

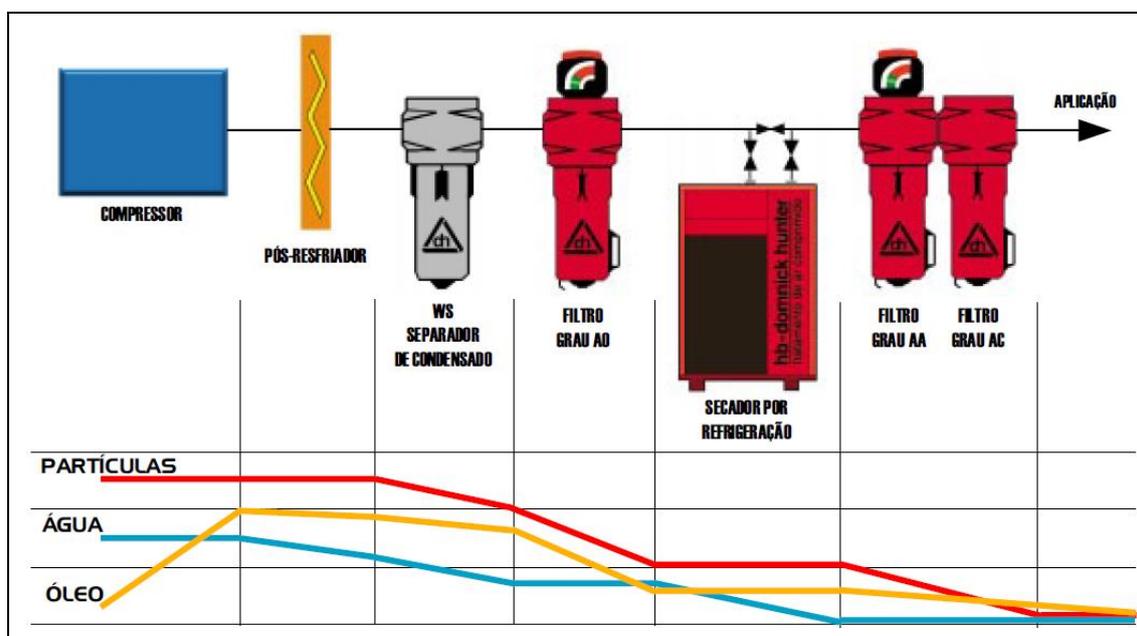
Figura 11: Classes de qualidade do ar comprimido

ISO 8573.1 - CLASSES DE QUALIDADE			
CLASSE DE QUALIDADE	PARTÍCULAS Tamanho em micron	ÁGUA Ponto de Orvalho °C a 7 bar g	ÓLEO (Inclusive vapor) mg/m³
1	0,1	-70	0,01
2	1	-40	0,1
3	5	-20	1,0
4	15	+3	5
5	40	+7	25
6	-	+10	-

Fonte: ISO 8573-1 (2010)

Assim, Jesus (2012) afirma a obrigatoriedade de alguns processos de tratamento de ar antes de o mesmo ser utilizado. Processos esses feitos a partir de alguns equipamentos instalados após o compressor, conforme a Figura 12.

Figura 12: Processos de tratamento de ar



Fonte: Schulz (2002).

2.4.2.1 Resfriador Posterior

Para Parker (2006) o resfriador posterior é simplesmente um trocador de calor utilizado para resfriar o ar comprimido, que ao realizar seu processo retira-se cerca de 75% a 90% do vapor de água contido no ar. O ar proveniente do compressor é obrigado a passar através dos tubos, sempre em sentido oposto ao fluxo da água de refrigeração, que é mudado constantemente de direção por placas defletoras, garantindo, desta forma, uma maior dissipação de calor.

Na saída, está o separador. Devido à sinuosidade do caminho que o ar deve percorrer, provoca a eliminação da água condensada, que fica retida numa câmara. A parte inferior do separador é dotada de um dreno manual ou automático na maioria dos casos, através do qual a água condensada é expulsa para a atmosfera.

2.4.2.2 Filtro Separador de Condensado

Segundo Manual da Metalplan (2017), o pré-filtro tem a função de separar o restante do condensado e impurezas que não foram totalmente eliminadas pelo separador do resfriador posterior. Na Figura 12 nota-se a presença de mais de um filtro, isso fica a critério do projetista que julgar necessário instalar em sua rede, a depender da umidade do ar atmosférico de sua região ou mesmo das impurezas presentes na sala dos compressores (METALPLAN, 2017).

2.4.2.3 Secador

Conforme Parker (2006) o secador situa-se entre o pré e o pós-filtro a fim de eliminar a umidade do fluxo de ar, um secador deve fornecer um ar com ponto de orvalho especificado pelo usuário.

2.4.2.4 Reservatório de Ar Comprimido

Segundo Parker (2006) a importância de armazenar o ar é para suprir eventuais picos de consumo na rede, bem como, reduzir o consumo de energia com intervalos maiores entre carga e alívio dos compressores, aumento de sua vida útil e evitando perdas por paradas de máquinas devido a falta de ar comprimido, além de auxiliar na eliminação de condensado da rede.

Desta forma, o ar comprimido flui pela tubulação limpo e seco, no entanto, algumas tubulações são demasiadamente extensas e devido a isso é imprescindível à instalação de alguns acessórios no ponto de alimentação do ar comprimido às ferramentas pneumáticas.

2.4.3 Tratamento do Ar Comprimido Antes da Alimentação nos Equipamentos da Fábrica

Segundo Silva (2002) é indicado a utilização de unidades tratadoras de ar antes da alimentação de cada máquina para que o ar fornecido seja de melhor qualidade. As unidades tratadoras de ar comprimido são chamadas de

unidades de conservação de conservação pneumática (lubrifil) e estas são divididas em: filtro, válvula reguladora de pressão e um lubrificador, conforme Figura 13, a seguir.

Figura 13: Unidade de conservação pneumática

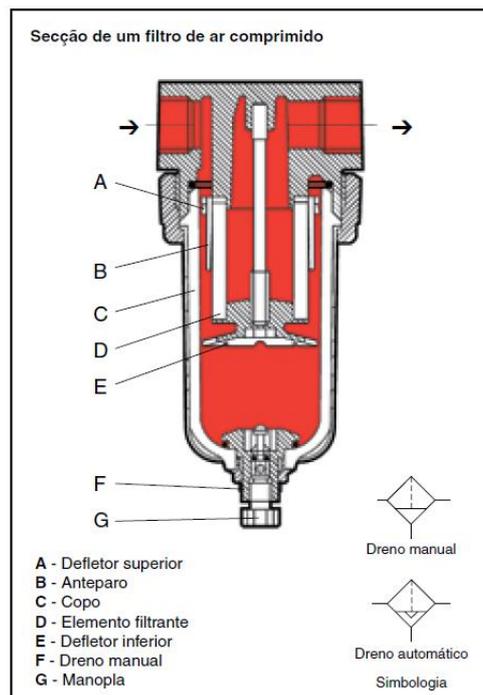


Fonte: Parker (2006)

2.4.3.1 Filtro

Segundo Silva (2002) o primeiro estágio da unidade de conservação pneumática, filtro, tem a finalidade de eliminar partículas sólidas e líquidas para entregar um ar de uma classe melhor de qualidade ao equipamento a ser alimentado. O processo é feito em duas etapas. Há uma pré-eliminação de condensado inicialmente através da rotação do ar que gera uma força centrífuga desprendendo parte das moléculas de água presentes no ar, e a eliminação total é feita pelo elemento filtrante. Neste filtro existe um dreno, pelo qual é feita a eliminação da água que foi separada do ar comprimido. As figuras 14 e 15 mostram cada parte do filtro de ar da unidade de conservação pneumática.

Figura 14: Seção do Filtro de Ar



Fonte: Parker (2006)

Figura 15: Filtro e Elemento Filtrante

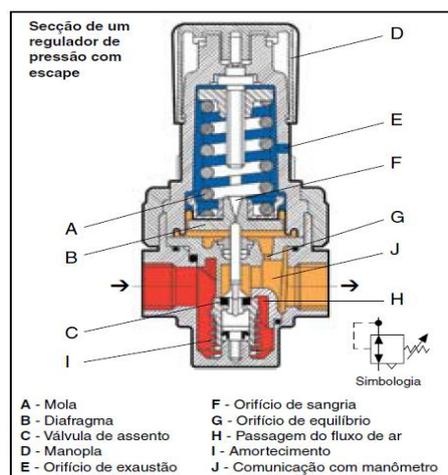


Fonte: Parker (2006)

2.4.3.2 Válvula Reguladora de Pressão

O regulador de pressão basicamente exerce uma parte da função do reservatório de ar, suprimindo as quedas de pressão existente na rede. Para Parker (2006) esta válvula é uma resposta rápida a variações de pressão e regulação precisa uma vez que seu sistema é puramente mecânico.

Figura 16: Seção da válvula reguladora de pressão

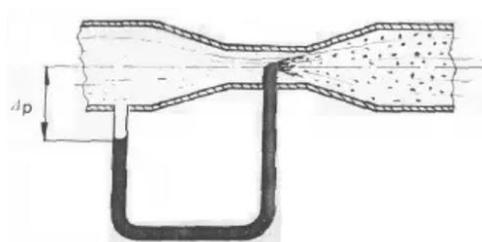


Fonte: Parker (2006)

2.4.3.3 Lubrificador

Segundo Silva (2002) o lubrificador tem a função, claramente, de lubrificar os equipamentos pneumáticos. Seu funcionamento se dá através do princípio de Venturi, ocorre quando o fluxo de ar flui por uma seção de menor área, sua velocidade e pressão aumentam fazendo com que o óleo contido no tubo seja sugado e pulverizado no fluxo de ar, conforme ilustra a figura 17.

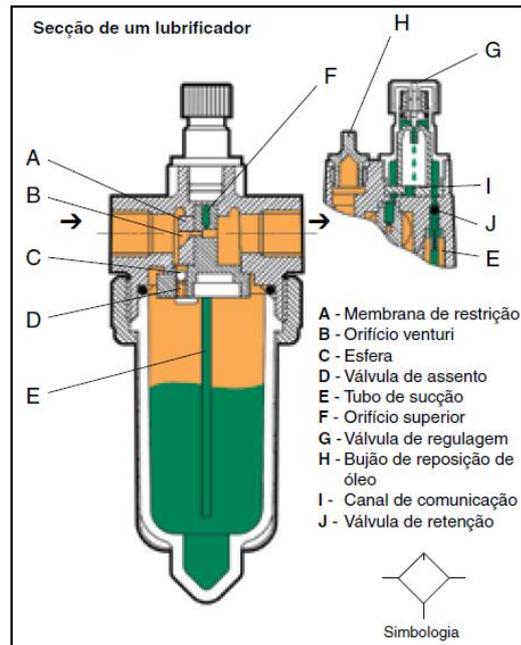
Figura 17: Princípio de Venturi



Fonte: Silva (2002)

Parker (2006) mostra cada elemento presente no lubrificador, conforme Figura 18.

Figura 18: Seção de um lubrificador



Fonte: Parker (2006)

De modo geral, observa-se na Figura 18 os elementos constituintes do lubrificador fazem a sucção do óleo e o envia na forma de aerossol para o ar fazendo com o ar fique com partículas de óleo a fim de lubrificar os equipamentos

3. METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta os aspectos metodológicos que conduziram este trabalho. A pesquisa foi realizada entre junho de 2019 a dezembro de 2020 em uma empresa do polo de duas rodas no PIM, no qual, devido a políticas de confidencialidade, o nome da empresa e seus respectivos dados foram mantidos em sigilo.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados para avaliar a problemática na parafusadeira hidropneumática, foi baseado no uso de algumas ferramentas da qualidade, como a folha de verificação, para identificação dos principais problemas; Diagrama de Pareto, para destacar o principal problema, objeto de estudo deste trabalho; Diagrama de Ishikawa, usado para encontrar a(s) causa(s) raiz(es) do problema; já para avaliar as possíveis soluções, a ferramenta pneumática foi submetida a testes experimentais, no qual foi registrado diariamente seu comportamento, evidenciando através de um Diagrama de dispersão seu desempenho.

No entanto, alguns aspectos quanto à abordagem, quanto à natureza, e quanto aos objetivos foram abordados para se ter uma pesquisa experimental completa e embasada teórica e prática.

3.1.1 Quanto à Abordagem

O método empregado neste estudo é classificado como uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Por um lado, a pesquisa qualitativa visa o direcionamento do desenvolvimento do estudo, buscando o entendimento, descrição e interpretação dos fatos em análise. Assim o pesquisador mantém contato direto e interativo com o objeto de estudo. Neste trabalho fez-se necessário o uso de coleta de dados da empresa em sigilo, investigação e observação com os colaboradores envolvidos na sistemática setorial da empresa, para assim buscar possíveis soluções para a problemática encontrada (GIL, 2008).

Segundo Godoy (1995), a pesquisa qualitativa é imprescindível quando estamos lidando com problemáticas pouco conhecidas e há necessidade de contato direto com o objeto de estudo.

Por outro lado, a pesquisa tem característica quantitativa, pois é utilizado o levantamento e estratificação de dados para se explicar o fenômeno estudado e alicerçar a explanação da problemática e, assim, apresentar possíveis soluções de tais problemáticas.

Moreira (2002) elucida que um levantamento amostral é uma sistemática utilizada para coletar informações que serão aplicadas, de forma objetiva, para descrever, comparar ou explicar fatos.

3.1.2 Quanto à Natureza

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que objetiva apresentar indicadores e/ ou alternativas, baseado em aplicações práticas, para o aumento de eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas em uma fabricante de motocicletas.

Conforme Thiollent (2009) a pesquisa aplicada foca nos problemas presentes nas atividades de grupos, instituições, organizações, elaborando diagnósticos, identificação de problemas e buscando soluções.

3.1.3 Quanto aos Objetivos

Para Gil (2008), tomando como base os objetivos, este trabalho é dividido em pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e pesquisa explicativa. Para tanto foi usado de pesquisas bibliográficas contidas em artigos científicos, manuais, catálogos técnicos, monografias, dissertações e teses, com o intuito de promover a melhor interpretação e entendimento do conteúdo explanado. O presente trabalho visa desta forma, apresentar possíveis indicadores de melhoria da problemática de baixa eficiência nas ferramentas pneumáticas.

3.1.4. Quanto aos Procedimentos

Conforme Gil (2008), quando se determina um objeto de estudo e analisa as variáveis e incógnitas que podem influenciar no mesmo e, que, em paralelo a isso, determinam-se maneiras de observação dos efeitos que essas variáveis ocasionam no objeto de estudo, é utilizado a pesquisa experimental.

Além disso, torna-se necessário o uso de outros artifícios metódicos para que haja a real determinação das variáveis que influenciam no objeto de estudo e suas possíveis soluções. O outro procedimento metódico aplicado foram as ferramentas da qualidade.

Para investigar o porquê dessa perda de eficiência, foi feita uma folha de verificação, um formulário com itens e campos de preenchimento para serem anotados os dados reais encontrados no estudo. Nesta folha de verificação continha: **modelo** da parafusadeira, **número do equipamento**, a **ocorrência** da ferramenta para estar em manutenção, o **diagnóstico do problema** do equipamento em questão e a **ação** tomada para resolução do problema. Assim, foi feito o estudo com uma amostragem de parafusadeiras em manutenção no período de um mês e verificaram-se as seguintes ocorrências: parafusadeiras com torque baixo (baixa eficiência); eixo de aperto da parafusadeira folgada, quebrada e/ou desgastada; palheta de aço quebrada; rolamento danificado; dentre outras ocorrências. Assim, foi identificado através do gráfico de Pareto que 81% das ferramentas hidropneumáticas estudadas apresentaram **torque baixo** (baixa eficiência). Esta situação ocasionou apertos fora de especificações, causando perdas para a fabricante. Assim nota-se que a perda de eficiência das ferramentas pneumáticas configura um cenário crítico e que o estudo de melhoria se faz necessário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

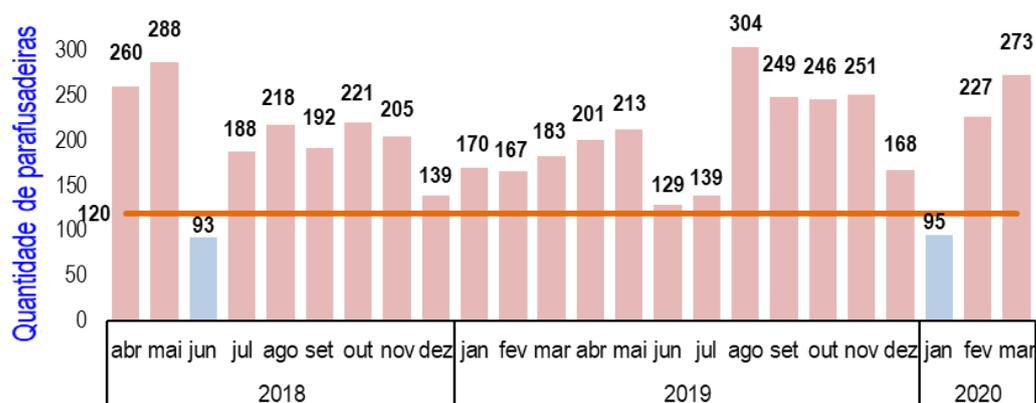
O presente capítulo apresentará o projeto aplicado para melhoria de eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas, que consiste em identificação do problema, análise das causas e propostas de soluções.

4.1 CENÁRIO DAS PARAFUSADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS NO SETOR

O setor do qual estamos tratando situa-se na linha de montagem da motocicleta; na qual possui mais de 100 postos de trabalho e 35 destes, aproximadamente, fazem o uso das parafusadeiras. Para cada parafusadeira titular do processo existe, ao menos, uma ferramenta de reserva. Assim, é notável o elevado volume destas ferramentas na produção de motocicletas da empresa em estudo, e com isso, há a necessidade de um espaço físico e profissionais qualificados para efetuar a manutenção das parafusadeiras e outras ferramentas pneumáticas existentes no setor.

Dentro do setor especializado em manutenções observou-se mensalmente um elevado volume das parafusadeiras para manutenção por diversos problemas, tais como, bigorna trincada, rolamento danificado, conjunto pneumático travado, dentre outros. Assim, inicialmente, foi realizado um levantamento de dados da quantidade de parafusadeiras em manutenção corretiva e constatou-se o elevado volume destas ferramentas em manutenção mensalmente. O Gráfico 2 evidencia, de abril de 2018 a mar de 2020, a quantidade de manutenções realizadas nas parafusadeiras de todo o grupo de montagem da empresa em estudo e como em cada mês foi superado a meta limite de manutenções.

Gráfico 2: Quantidade de manutenção corretiva das parafusadeiras



Fonte: Próprio Autor a partir de dados da empresa (2018)

Observa-se no Gráfico 2 que, durante o período de análise, o mês de agosto de 2019 foi o período de maior quantidade de manutenções corretivas. Em contrapartida, o mês de junho de 2018 e janeiro de 2020 foram os meses que apresentaram menor quantidade de manutenções, em razão de serem meses em que não há produção de motocicletas pois são meses de férias. Uma análise global desse período demonstra que todos os meses em que há produção as quantidades de manutenções superam a meta programada.

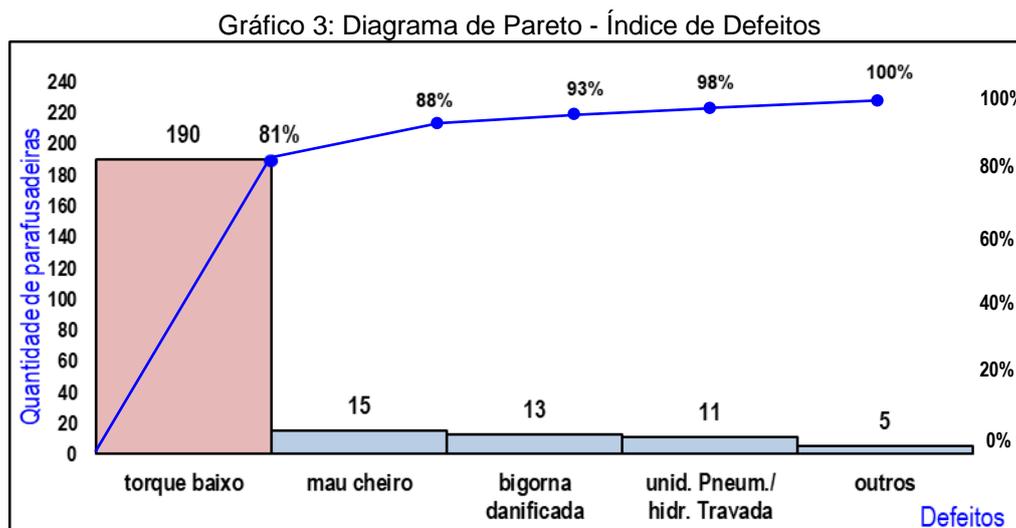
Através desse cenário, constata-se a importância de avaliar o porquê desses índices elevados no setor. Para isso, foi utilizada uma ferramenta da qualidade chamada folha de verificação, que, conforme Mariani (2005), a folha de verificação é o monitoramento do processo através do registro de dados, coletando informações que evidenciam alguma anormalidade no processo. A Tabela 1 mostra quais os principais fenômenos responsáveis pelo elevado índice de manutenções, registrados semanalmente nos meses de maio a junho de 2019, período disponibilizado pela empresa.

Tabela 1: Folha de Verificação dos Fenômenos que ocasionam a Manutenção Corretiva

Tipo de Defeito	2019								TTL
	May				Jun				
	1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W	
TORQUE BAIXO	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	190
MAU CHEIRO	III	II	I	II	I	II	III	I	15
BIGORNA DANIFICADA	.	II	III	I	II	III	.	II	13
UNID. PNEUM. TRAVADA	I	II	.	I	I	II	I	.	8
UNID. HIDRAUL. TRAVADA	.	.	I	.	.	.	II	.	3
GATILHO TRAVADO	II	.	.	.	.	.	.	.	2
ENGATE RÁPIDO	.	I	.	.	.	.	.	.	1
PALHETA DE AÇO QUEBRADA	.	.	.	.	I	.	.	.	1
ROLAMENTO DANIFICADO	.	.	.	.	.	.	.	I	1
TTL	30	30	30	28	29	31	31	25	234

Fonte: Próprio Autor a partir de dados da empresa (2019)

A partir desses dados é possível identificar que o principal fenômeno responsável pela entrada de parafusadeiras para manutenção é o torque baixo, com 190 registros em dois meses. O defeito torque baixo, comumente falado na empresa em estudo e mostrado na Tabela 1, é a baixa eficiência da ferramenta, na qual esta não tem potência para efetuar o aperto dos parafusos nas peças, plásticas ou metálicas. Para facilitar a visualização e se ter um percentual dos problemas apresentados foi utilizado o diagrama de Pareto, conforme o Gráfico 3, abaixo.



Fonte: Próprio Autor a partir de dados da empresa (2019)

O Gráfico 3 mostra a magnitude do problema, ou seja, 81% das parafusadeiras que dão entrada no setor de manutenção são em virtude da baixa eficiência das ferramentas, que ocorrem em alta frequência, como podemos verificar tanto na folha de verificação quanto no diagrama de Pareto da Tabela 1 e Gráfico 3, respectivamente.

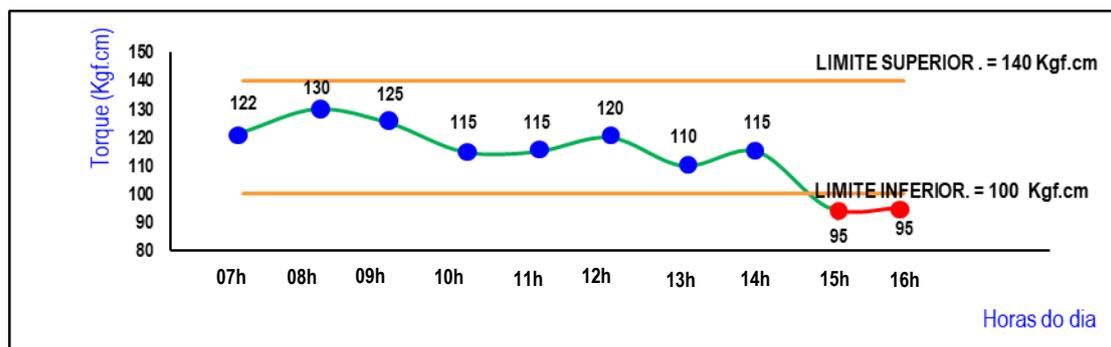
Desta forma, o estudo da melhoria de eficiência foi iniciado a partir dos dados apresentados, com o intuito de reduzir o percentual elevado de manutenção corretiva do setor.

4.2 DURABILIDADE DAS PARAFUSADEIRAS EM PROCESSO

Para saber a durabilidade de uma parafusadeira em exercício é necessário escolher um processo para ter noção de sua eficiência. Dentre tantos processos que utilizam parafusadeiras na empresa, um em especial chamou a atenção, o processo de fechamento do bloco da carcaça do motor, no qual possuem 14 parafusos e uma única parafusadeira para efetuar todos os 14 apertos. Vale ressaltar que este processo é o que possui maior quantidade de apertos e que nesta linha, durante um dia de trabalho, ou seja, de 07h da manhã às 16h45min da tarde, são montados em média 2.000 (dois mil) motores, portanto a parafusadeira desse processo efetua 28.000 apertos por turno de trabalho. Em apenas quatro dias esta parafusadeira atinge um histórico de 112.000 apertos.

A criticidade da situação levou à necessidade de registrar o torque diário da parafusadeira do referido processo a fim de checar a durabilidade da ferramenta pneumática no processo, e para isso foi utilizado outra ferramenta da qualidade, o gráfico de controle, apresentado no Gráfico 4.

Gráfico 4: Torque Aferido do Aperto da Parafusadeira do Fechamento do Bloco da Carcaça



Fonte: Próprio Autor (2020)

O Gráfico 4 ilustra que ao final do turno, a parafusadeira do processo de fechamento do bloco da carcaça do motor apresenta perda de eficiência e devido a isso é encaminhada ao setor de manutenção.

De acordo com o guia de manutenção da parafusadeira na Tabela 2, após 100.000 apertos é indicado efetuar a troca de óleo da unidade hidráulica, pois ao atingir aproximadamente este número é comum a parafusadeira começar a perder eficiência.

Tabela 2: Guia de Manutenção

CICLOS DE APERTOS	OCORRÊNCIA	AÇÃO
100.000	O óleo é geralmente deteriorado	Troca por novo óleo

Fonte: Uryu (2016)

Logo, em teoria, esta parafusadeira deveria durar no processo no mínimo quatro dias, pois é nesse período que é atingido a quantidade do torque. No entanto, o que é observado no Gráfico 4 é que após 28.000 apertos ou um turno de trabalho, esta ferramenta apresenta torque baixo. Esta situação de perda de eficiência antes do prazo estipulado se repetia nos demais

processos o que configurou o elevado volume de parafusadeiras em manutenção corretiva.

4.3 ANÁLISE DA PERDA DE EFICIÊNCIA DAS PARAFUSADEIRAS

Para investigar as possíveis causas da perda de eficiência antes do programado pelo guia de manutenção será analisado primeiramente a parafusadeira propriamente dita, no caso a unidade hidráulica e a unidade pneumática, e depois será feito uma análise desde a geração do ar comprimido a alimentação das parafusadeiras no processo.

Desta maneira, será possível avaliar todo o sistema pneumático, desde a geração do ar comprimido ao aperto do parafuso na peça da motocicleta.

4.3.1 Análise da Unidade Hidráulica

A unidade hidráulica, como abordado nos capítulos anteriores, é a parte que irá aplicar o torque através do seu sistema eixo bigorna, mola e palhetas de aço imersos em óleo hidráulico do tipo DTE 25¹, configurando um sistema fluido mecânico, funcionando ciclicamente em altas RPM (rotações por minuto).

Para este sistema ser eficiente deve haver a troca do óleo hidráulico sempre nos prazos programados, conforme o plano de manutenção preventiva do setor. No entanto, a parafusadeira estudada neste capítulo apresentou perda de eficiência antes do período estipulado, o que nos leva a avaliar as condições do óleo hidráulico, pois havendo qualquer variação em suas propriedades, esta será a possível razão da perda de eficiência antes do programado.

Para obter tais informações foi feito um teste de membrana, no qual o óleo é filtrado por uma película e então analisada por meio de microscópio para cor e conteúdo e comparado aos padrões ISO, e usando estas especificações pode-se ter uma avaliação simples, porém eficaz do nível de pureza do óleo, bem como algumas propriedades fundamentais deste fluido. A Figura 19 ilustra

¹ Classifica-se como óleo básico e aditivo, tendo como uso previsto: fluido hidráulico.

o teste realizado na empresa em questão, no qual passamos o óleo DTE virgem e o óleo DTE 25 coletado da parafusadeira para efeitos de comparação.

Figura 19: Teste de Membrana do óleo Coletado da Unidade Hidráulica

Padrão – óleo DTE 25		Coletado: óleo em condições de uso	
Coleta:	01/10/2020	Coleta:	01/10/2020
Aparência:	OK	Aparência:	OK
Viscosidade:	44 cSt	Viscosidade:	45 cSt
Água:	NENHUMA	Água:	NENHUMA
Ins. Metálicos:	NENHUMA	Ins. Metálicos:	NENHUMA
Ins. N/Metal:	NENHUMA	Ins. N/Metal:	NENHUMA
Trocar:		Trocar:	Nova Amostra em
Obs:	ÓLEO EM CONDIÇÕES DE USO.	Obs:	ÓLEO EM CONDIÇÕES DE USO.

Fonte: Próprio Autor (2020)

A Figura 19 mostra que o óleo coletado da parafusadeira após apresentar a perda de eficiência encontra-se em condições de uso, ou seja, houve pouca alteração do óleo nos quesitos cor, presença de água, impurezas metálicas e não metálicas, e viscosidade. Portanto, a razão da baixa eficiência não se encontra nesta parte da ferramenta, o que nos leva a analisar a unidade pneumática da parafusadeira.

4.3.2 Análise da Unidade Pneumática

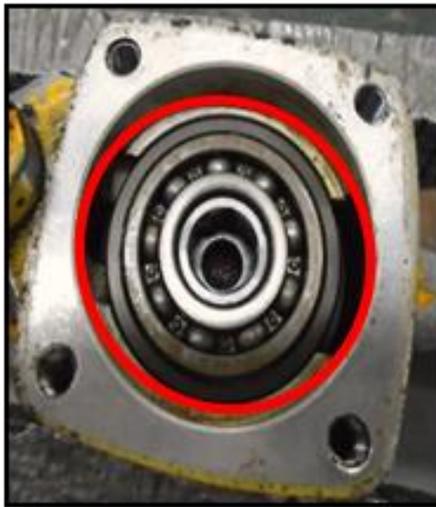
Para avaliar a unidade pneumática foi desmontado todo o sistema pneumático da parafusadeira em estudo e foi visualizado um desgaste acentuado dos componentes deste sistema, conforme mostra as figuras abaixo.

Figura 20: Desgaste no Sentido da Rotação do Prato Superior do Motor Pneumático



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 21: Sistema Pneumático Isento de Óleo Lubrificante



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 22: Desgaste no Motor Pneumático



Fonte: Próprio Autor (2020)

É possível observar, pelas Figuras 20 e 21, a realidade das ferramentas pneumáticas da empresa em estudo, componentes pneumáticos totalmente desgastados e isentos de óleo lubrificantes.

A Figura 22 evidencia, além dos desgastes e isenção de óleo, a presença de água e oxidação, ou seja, nos leva a inferir que o sistema de ar comprimido se encontra com impurezas.

A realidade encontrada nos leva a entender que um dos fatores principais para a perda de eficiência antes do programado é resultante da falta de lubrificação constante dos componentes pneumáticos. No entanto, o estado deplorável destes componentes não se limita apenas a falta de lubrificação, fazendo-se necessário analisar também a geração e distribuição de ar comprimido.

4.3.3 Análise do Sistema de Ar Comprimido

O ar comprimido pode conter substâncias indesejáveis, impurezas como água, na forma de vapor que podem condensar com a troca de calor do sistema, presença de óleo e até mesmo poeira, advinda, por exemplo, da sala dos compressores que com um sistema de filtragem ineficiente permite a passagem dessas partículas. A oxidação da tubulação também pode acarretar

no transporte de partículas indesejáveis até a alimentação dos equipamentos e danificar os seus componentes pneumáticos.

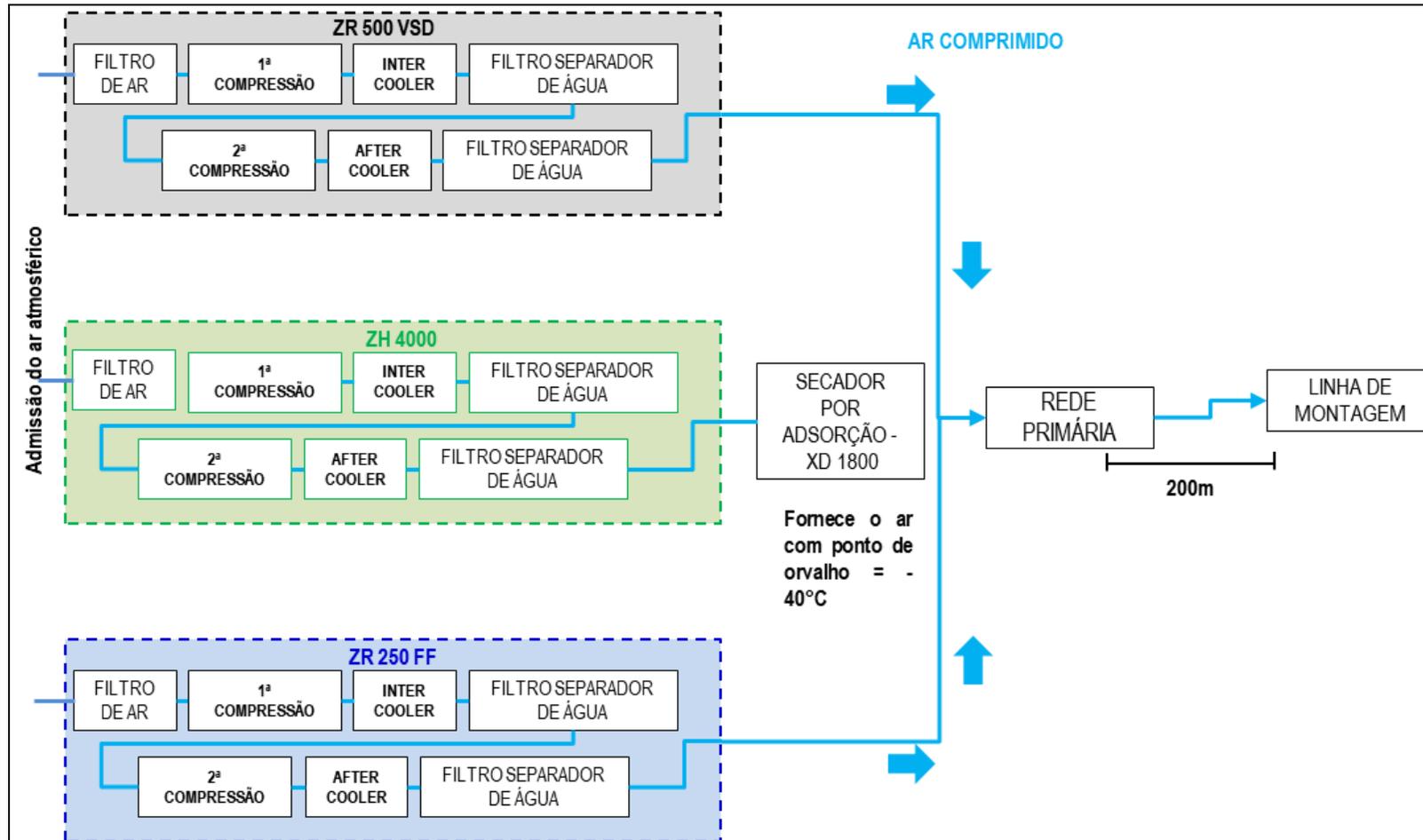
A geração de ar comprimido da empresa em estudo ocorre com compressores do tipo parafuso isentos de óleo, logo no sistema de ar não há presença de óleo, assim conforme a ISO 8573 – 1 quanto ao óleo a rede ar comprimido é classe 1. No entanto quanto à presença de água e partículas (poeira e sólidos) as classes são um tanto inferiores.

A sala de compressores, onde ocorre a produção de ar comprimido, segue o seguinte fluxo: inicialmente há filtros separadores de água antes da primeira compressão e na saída deles, em seguida há a presença de resfriadores intermediários e mais um filtro separador de condensado, após isso, há a segunda compressão do ar, um resfriador posterior e por fim, outro filtro separador de água. É importante saber que nesta sala dos compressores há seis compressores que produzem ar comprimido e que todas as tubulações se ligam em uma rede principal primária. A Figura 23 abaixo ilustra os estágios de produção de ar.

A Figura 23 mostra que somente um dos compressores possui secador de ar comprimido e que fornece um ar com um baixo percentual de condensado, os demais fornecem ar comprimido somente resfriado, que retiram apenas 70% da umidade presente, e o ar comprimido de todos os compressores se encontram na rede primária, portanto o ar perde qualidade por conta da falta de secadores de ar na saída dos demais compressores.

Além disso, outro fator que contribui para a presença de água no sistema é a temperatura da sala dos compressores, que se encontra em torno dos 27°C. O ar quente possui maior teor de água vaporizada, e que no momento da compressão condensam. Portanto é necessário um sistema de tratamento de ar eficiente.

Figura 23: Produção de Ar Comprimido



Fonte: Próprio Autor (2020)

O ar comprimido da empresa também possui presença de partículas sólidas que contribuem para o desgaste dos componentes pneumáticos das parafusadeiras e conseqüentemente afetam o desempenho das mesmas. Esta situação pode ser verificada com as Figuras 24 e 25 que mostram as partículas sólidas e poeiras presentes no sistema, retirado de um dos filtros instalados em equipamentos.

Figura 24: Partículas Sólidas



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 25: Poeiras Retidas pelo Filtro de Ar

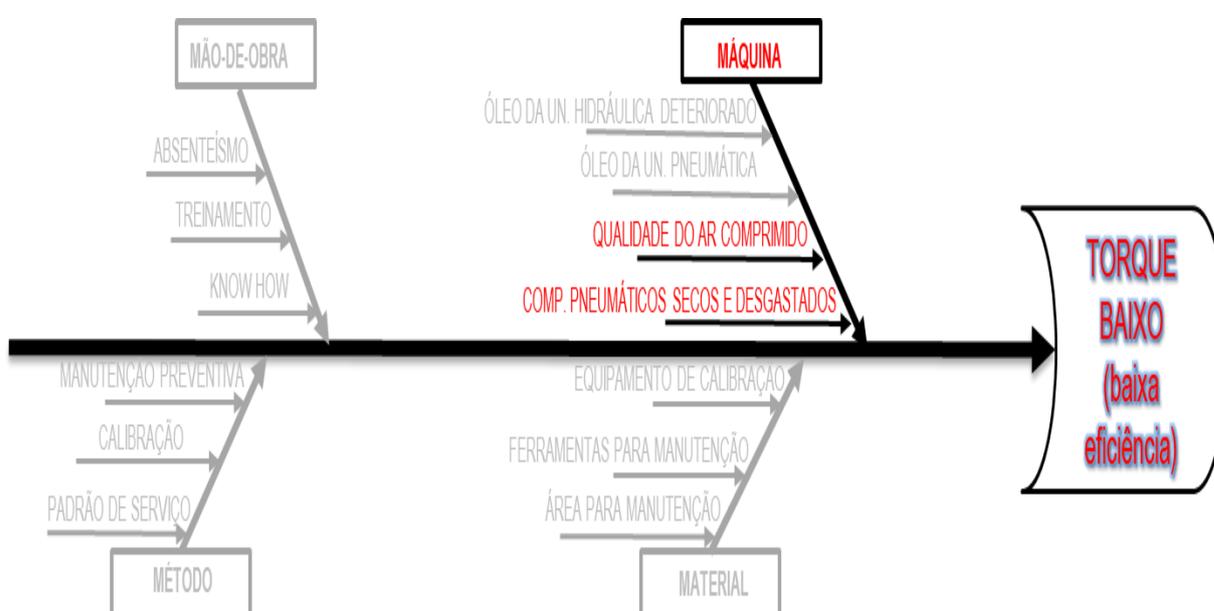


Fonte: Próprio Autor (2020)

4.4 ANÁLISE DAS CAUSAS ENCONTRADAS

Através de análises práticas, podemos observar que dois fatores influenciam na eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas, a unidade pneumática ressecada com componentes desgastados e um ar comprimido de baixa qualidade. A Figura 26 ilustra através do diagrama de Ishikawa a causa do torque baixo das parafusadeiras, nota-se que o quesito máquina apresenta não conformidades que influenciam diretamente na eficiência das parafusadeiras.

Figura 26: Diagrama de Ishikawa do Torque Baixo



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.4.1 Análise da Baixa Qualidade do Ar Comprimido

Como mostrado no item 4.3.3, a baixa qualidade do sistema de ar comprimido ocorre devido à presença de umidade e partículas sólidas. A presença de partículas ocorre em dois locais: no diâmetro interno da tubulação e na sala dos compressores da empresa analisada.

Na parte interna da tubulação de ar comprimido temos a presença de partículas no ar em razão de duas situações. A primeira ocorre em virtude da tubulação da empresa ser muito antiga e apresentar oxidações internas, assim, com o fluxo de ar, o desprendimento das partículas de oxidação são levadas por toda a rede de ar, e seus traços podem ser vistos em filtros de ar que retém

parte dessas impurezas, como visto na Figura 25. A segunda situação ocorre em virtude da falha de manutenção, que em casos de retirada de parte da tubulação para reparos são instaladas novamente com sujeiras, areia, dentre outras partículas, que prejudicam a qualidade do ar e, conseqüentemente, os equipamentos que utilizam o sistema, isto pode ser visto na Figura 24.

Na sala dos compressores temos o ar ambiente como possível causador da entrada de partículas no sistema. A sala dos compressores deve ser limpa e isenta de gases poluentes, para que não haja contaminação sólida ou gasosa, uma vez que o compressor utilizará o ar atmosférico da sala em que está alocado. Assim, o compressor admite o ar, possivelmente contaminado e encaminha a rede de distribuição.

Todas as situações mostradas são análises de situações que podem causar a baixa qualidade do ar comprimido quanto às partículas, no entanto é importante sabermos de situações que também podem ocasionar baixa qualidade do ar, porém desta vez, em relação à umidade presente no sistema.

A condensação do ar comprimido ocorre, normalmente, quando: o ponto de orvalho é muito elevado, a tubulação fica exposta às intempéries e, também, quando a temperatura dentro da sala dos compressores é elevada.

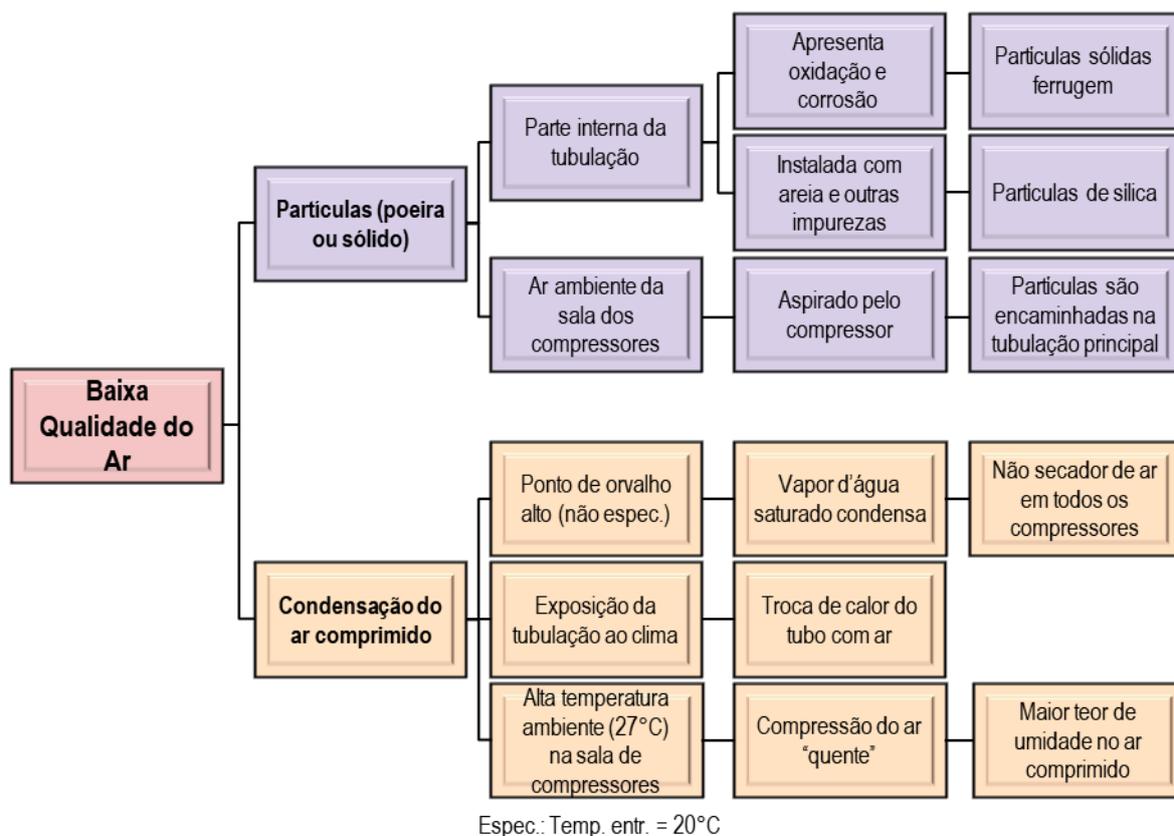
O ponto de orvalho elevado é resultante da falta de secadores de ar após a compressão. Na geração de ar da referida empresa a composição é somente de filtros separadores de condensado e de resfriadores. Após o processo de compressão, o ar se apresenta quente e os resfriadores diminuem a temperatura do ar para que o vapor d'água saturado seja condensado e separado do ar, porém ocorre a eliminação de apenas 70% da presença de água no sistema. Desta forma o ar comprimido ainda se apresenta com vapor d'água saturado e com isso, ao atingir a temperatura de saturação a água se faz presente, logo o secador faz com que este ponto de saturação seja a uma temperatura extremamente baixa a fim de evitar a condensação do vapor d'água.

O ar comprimido que flui por uma tubulação que está exposta ao clima também apresentará condensação de ar comprimido, pois haverá troca de calor da tubulação com o ar, havendo desta maneira a condensação do ar. E por fim, a temperatura na sala dos compressores da empresa em estudo é em torno de 27°C, o ar que já está quente e que ao ser comprimido apresentará

maior presença de vapor d'água, uma vez que o ar quente possui maior teor de umidade.

Assim, para o sistema estudado, seria indicada a presença de secadores de ar após a rede primária exposta ao clima e antes da aplicação do ar nas máquinas, para que o ar esteja mais seco possível para alimentação de ferramentas e equipamentos pneumáticos. O Fluxograma 1 ilustra toda a análise exposta neste item.

Fluxograma 1: Diagrama das Causas de Baixa Qualidade do Ar



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.4.2 Análise dos Componentes Pneumáticos Desgastados

As análises práticas nos mostram que está havendo o desgaste e ressecamento dos componentes, além de outras não conformidades, como a oxidação. Para responder a questão do por que os componentes pneumáticos estão desgastados e/ou ressecados, utilizaremos uma ferramenta chamada “cinco porquês”, no qual será avaliado até a causa mais profunda do desgaste das peças pneumáticas.

Por que os componentes pneumáticos estão desgastados e/ou ressecados?

Por quê? – As parafusadeiras operam em alta rotação (8.000 ~ 12.000 rpm) com um ar comprimido de baixa qualidade; e isento óleo pneumático.

Por quê? – O ar comprimido era úmido e sujo; e não havia lubrificação da parafusadeira no processo.

Por quê? – Não havia o devido tratamento de ar; e a lubrificação era feita somente na manutenção da ferramenta.

Por quê? – Não havia secador e reservatórios de ar exclusivo da linha; e o uso de acessórios de tratamento e lubrificação do ar, existente no setor, ficou obsoleto.

Por quê? – Estes equipamentos eram utilizados com setores compartilhados na empresa, sendo ineficazes; e não houve uma tratativa para manutenção assertiva das ferramentas, como troca de peças.

Portanto, medidas devem ser tomadas para solucionar as problemáticas expostas atacando as causas analisadas e devidamente identificadas.

4.5 ESTUDO DE SOLUÇÕES PROPOSTAS

Para definição da solução da problemática o projeto deve atender três requisitos obrigatórios:

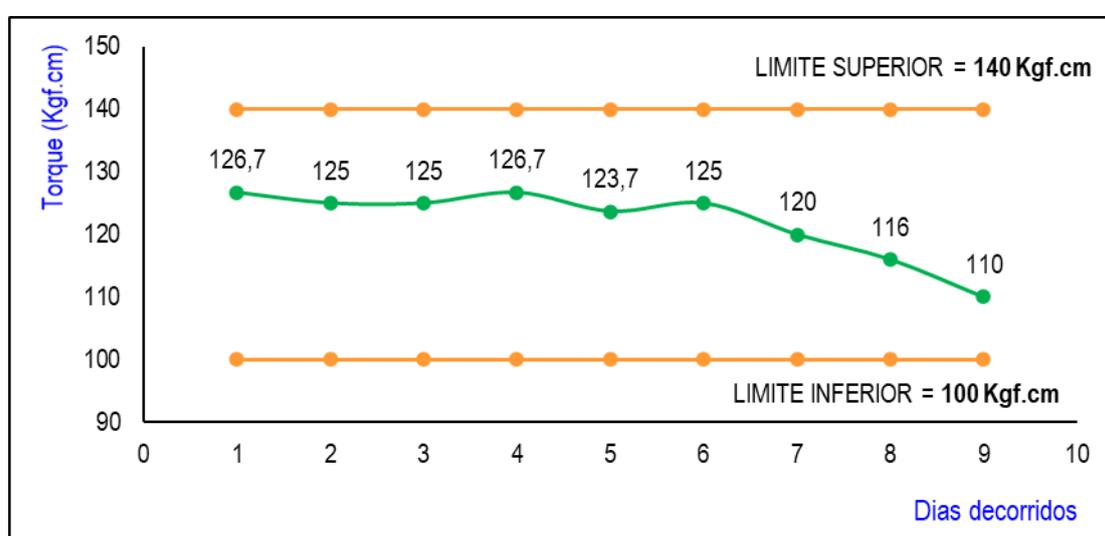
- 1) lubrificar automaticamente as ferramentas pneumáticas;
- 2) manter o ar comprimido com alta qualidade (seco e isento de partículas);
- 3) aumentar a eficiência.

A primeira proposta foi instalar um lubrificador de grande porte na tubulação principal para manter todos lubrificados, porém, esta solução traria danos a tubulação em longo prazo, uma vez que óleo misturado a umidade e partículas causam deterioração da tubulação. Assim, tal ideia foi descartada.

A segunda ideia foi utilizar secador e reservatório de ar comprimido exclusivo para linha de montagem, além disso, instalar o conjunto lubrificador, que é o filtro de ar mais um lubrificador acoplados em conjunto, em cada ponto de ar

comprimido que alimenta as parafusadeiras, para enviar o ar limpo e isento de partículas. Desta forma, dois quesitos seriam atingidos, a lubrificação das parafusadeiras e distribuição de ar comprimido de alta qualidade, ficando pendente a melhoria de eficiência da parafusadeira. Para checar este último quesito foi feito um teste de eficiência com um conjunto lubrificador. Vale lembrar que a parafusadeira em estudo durava no processo apenas um turno de trabalho e apresentava perda de eficiência. Ao instalar o conjunto houve uma grande melhoria de eficiência, conforme o Gráfico 5.

Gráfico 5: Aferição de Torque Diário da Parafusadeira com Conjunto Lubrificador



Fonte: Próprio Autor (2020)

O Gráfico 5 nos mostra o ganho de eficiência da parafusadeira com o conjunto lubrificador instalado. É notável o ganho de eficiência com o aumento de durabilidade da parafusadeira no processo, no qual duraram nove dias, e somente nesse dia que passou a apresentar perda de eficiência, não por conta dos problemas relacionados à unidade pneumática ou a qualidade do ar comprimido, mas sim, em virtude da deterioração do óleo da unidade hidráulica, como podemos ver na figura 27.

Figura 27: Teste de Membrana do Óleo da Unidade Hidráulica após 9 Dias

Coleta:	01/10/2020	Membrana	Coleta:	01/10/2020	Membrana
Aparência:	OK		Aparência:	NG	
Viscosidade:	44 CST		Viscosidade:	47 CST	
Água:	PASSA		Água:	PASSA	
Ins. Metálicos	PASSA		Ins. Metálicos	PASSA	
Ins. N/Metal	PASSA		Ins. N/Metal	N PASSA.	
Trocar			Nova Amostra em		
Obs:	ÓLEO EM CONDIÇÕES DE USO.		TROCAR CARGA.		

Fonte: Próprio Autor (2020)

A figura 27 mostra a deterioração do óleo da unidade hidráulica após 9 dias de trabalho. É de suma importância salientar que a manutenção preventiva deve ser executada para que a perda de eficiência não ocorra durante o processo.

Assim, o conjunto lubrificador juntamente com os equipamentos de tratamento de ar atendem os quesitos obrigatórios para melhoria de eficiência das parafusadeiras e trazem ganhos no que diz respeito à durabilidade no processo, redução do tempo de manutenção corretiva, reduzindo de 756 minutos mensais para 100 minutos, e conservação dos componentes pneumáticos, auxiliando a redução de custo com compras de peças de reposição para as parafusadeiras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo investigar propostas de melhoria da eficiência das parafusadeiras hidropneumáticas e apresentar os resultados de sua aplicação em uma fabricante do PIM. As indústrias de motocicletas possuem diversos processos de fabricação e diversas áreas produtivas, sendo a montagem final um dos principais setores, uma vez que neste setor entrega-se o produto final. Para atender a demanda de produção necessita-se de equipamentos e pessoal qualificado, e nas linhas de montagem das fabricantes do polo de duas rodas, o equipamento em maior volume e extremamente necessário para a montagem das motocicletas são as parafusadeiras hidropneumáticas.

Para que a montagem ocorra de acordo com o desejado, é esperado que todos os equipamentos apresentem alto desempenho para atender ao plano de produção. Dentre esses equipamentos, notamos neste trabalho que as parafusadeiras são essenciais para a montagem de motos, no entanto havia uma perda de eficiência antes do programado. O presente estudo identificou evidências de desgastes nos componentes da unidade pneumática das parafusadeiras, em razão de rotacionar em meio isento de óleo. Além disso, desgastes como oxidação nos componentes pneumáticos nos levaram a investigar a qualidade do ar, encontrando não conformidade com o especificado na ISO 8573-1. As impurezas quanto as partículas sólidas e a umidade no sistema mostraram serem altamente prejudiciais em sistemas pneumáticos, influenciando diretamente no desempenho das parafusadeiras.

Portanto, um projeto de melhoria foi elaborado e desenvolvido na empresa objeto de estudo deste Trabalho de Conclusão de Curso. Constatou que a instalação de reservatórios e secadores de ar comprimido tornando o ar das linhas de montagens exclusivo aumentou a qualidade do ar e diminuiu a presença de partículas prejudiciais aos sistemas pneumáticos. Além disso, em cada parafusadeira instalou-se um conjunto lubrificador, responsável por filtrar o ar e lubrificar a unidade pneumática das parafusadeiras.

Assim, notamos que este projeto aumentou, consideravelmente, a eficiência das parafusadeiras e reduziu custos de manutenção, compra de peças de reposição e aumento de durabilidade no processo. Desta forma,

produzir um ar comprimido de qualidade e lubrificar os componentes pneumáticos são de fundamental importância para melhoria de eficiência e redução de custos, atendendo com maior qualidade a demanda de produção.

Entre as principais limitações dessa pesquisa destaca-se o acesso restrito aos dados dos setores de manutenção da fábrica, uma vez que os dados são sigilosos, bem como a não existência de uma vasta literatura ou cases que pudessem corroborar para embasamento teórico no que diz respeito as parafusadeiras e seu princípio de funcionamento. Por fim, como sugestão para trabalhos futuros pode-se analisar que esta pesquisa se limitou a solucionar o problema da perda de eficiência das parafusadeiras que configurava elevadas quantidades de manutenções corretivas, no entanto, outras medidas podem ser somadas a esta pesquisa para que o desempenho das parafusadeiras seja ainda mais duradouro no processo produtivo, como o estudo da troca do óleo da unidade hidráulica da ferramenta pneumática por outro mais adequado a altas rotações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTAGAWA, K. H.; NEVES, C. S.; MATSUDA, C. K.; CRUZ, V. G.; FILHO, N. A.. **Pesquisa e Desenvolvimento de Placas de Celeron**. X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2020. Disponível em: < https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10102020_141050_5f81ed7240546.pdf >. Acesso em: 22.02.2021.

ATLAS COPCO. **Guia de Bolso – Tecnologia de Aperto**. Estocolmo, 2003.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2ª ed. São Paulo: Atlas S.A., 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Perfil da Indústria nos Estados**. Brasília: CNI, 2014.

GARCIA, R. **Conceitos Gerais sobre Torque e Processos de Torque**. Empresa Metaltork e Tecnorevest. São Paulo, 2011.

GIL, A. C. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico: Elaboração de Trabalhos na Graduação**. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas, 1995**.

GODOY, Y. F. et al. **Casos Reais de Implantação de TQC**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995, v 26, 2, São Paulo, p20-29 jul/ ago, 1995.

HOLLAND, M. (Coord.). **Zona Franca de Manaus: Impactos, Efetividade e Oportunidades**. São Paulo: FGV/EESP, 2019.

IBGE. **Pesquisa Industrial Anual (PIA)**, 2016. Disponível em:< pia_2016_v35_n1_empresa_informativo.pdf (ibge.gov.br) >. Acesso em: 08.02.2021.

ISO 5393. **Rotary Tools for Threaded Fasteners – Performance Test Method**. Genebra, 1994.

ISO 8573-1 . **Compressed Air – Contaminants and Purity Classes, 2010**.

JESUS, C. S. A. **Otimização Energética em uma Unidade Industrial – O caso da Cerutil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica/ Energia e Automação Industrial) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, 2012.

LUCINDA, M. A. **Qualidade: Fundamentos e Práticas para curso de graduação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MACCO, Ltda. (2017) – **Como Surgiram as Hidropneumáticas**. Disponível em: < <http://www.macco.com.br/uryu/como-surgiram-hidropneumaticas/> >. Acesso em: 10.02.2021.

MARIANI, C. A. **Gestão pela qualidade e produtividade: curso de graduação em administração**. Apucarana: Faculdade de Apucarana, 2005.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Ed. Érica Ltda., 2008.

METALPLAN. **Manual de Ar Comprimido**. 6ª ed. 2017.

MOREIRA, D. A. **O Método Fenomenológico na Pesquisa**. São Paulo: Pioneira, 2002.

PARKER. **Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido**. Jacareí: Parker Training, Apostila M1004 BR, 2006.

SCHULZ. **Treinamento Técnico e Comercial: Tratamento e Aplicação do Ar Comprimido, Joinville, 2002**.

SILVA, D. C. **Metodologia de Análise e Solução de Problemas: Curso de Especialização em Qualidade Total e Marketing**. Florianópolis: Fundação Certi, 1995.

SILVA, E. **PMR 2481: Sistemas Fluidomecânicos, 2002**. Disponível em: < https://www.academia.edu/35422134/PMR_2481_SISTEMAS_FLUIDOMECC3%82NICOS_Apostila_de_PneumC3%A1tica > Acesso em: 27.02.2021.

SILVA, J. L. H.; CARDOSO, A. J. M. **Diagnóstico de Avarias nos Rolamentos de Motores de Indução Trifásicos**. Universidade de Coimbra, 2005. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Ajm-Cardoso/publication/292604871_Diagnostico_de_Avarias_nos_Rolamentos_de_Motores_de_Inducao_Trifasicos/links/54aae1e70cf25c4c472f6822/Diagnostic-o-de-Avarias-nos-Rolamentos-de-Motores-de-Inducao-Trifasicos.pdf >. Acesso em: 02.03.2021.

SIMEONI, R. **Uma Metodologia para Definir a Periodicidade da Manutenção Preventiva em Parafusadeiras Hidropneumáticas**. Monografia (Graduação em Tecnólogo em Fabricação Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Jaraguá do Sul, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa- Ação**. 17ª ed. São Paulo: Cortez, 2009.

URYU, Ltda. **Power Tools General Catalog, 2016**. Disponível em: < <https://view.publitas.com/macco/catalogo-uryu-2016/page/40-41> >. Acesso em: 10.02.2021.

ANEXOS

ANEXO 1

TERMO DE COMPROMISSO DO ORIENTADO SOBRE NORMAS/
REGULAMENTOS DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

ANEXO 2

TERMO DE COMPROMISSO DO ORIENTADO SOBRE AS NORMAS/REGULAMENTOS
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Eu, Vitor Martins Zilaga, estudante regularmente
matriculado no Curso Superior de
bacharelado em engenharia mecânica do Instituto Federal do
Amazonas, Campus Manaus Centro, estou ciente e concordo com as
normas/regulamentos instituídos para o desenvolvimento do meu Trabalho de Conclusão de Curso.
Outrossim, declaro seguir tal regimento. Por estar plenamente de acordo firmo o presente.

Cidade, AM, 06 de novembro de 2020.

Vitor Martins Zilaga

Assinatura do estudante