

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

FERNANDO SOARES NETO

**COMPARAÇÃO ENTRE APERTADEIRAS: diferentes tipos de  
Apertadeiras pneumáticas e elétricas.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2016

FERNANDO SOARES NETO

**COMPARAÇÃO ENTRE APERTADEIRAS: diferentes tipos de  
Apertadeiras pneumáticas e elétricas.**

Monografia de Especialização,  
apresentado ao Curso de Especialização  
em Automação Industrial, do  
Departamento Acadêmico de Eletrônica,  
da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná – UTFPR, como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Raimundo  
Erig Lima

CURITIBA  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pois ele é o dono da sabedoria, iluminando a minha mente para poder realizar este trabalho.

Agradeço o apoio e compreensão da minha noiva, que sempre esteve ao meu lado, ao amor, carinho e dedicação, fatores estes que ajudaram muito em todo processo.

Agradeço também o apoio e incentivo dos meus pais.

Agradeço a todos os mestres da UTFPR que compartilharam o seu conhecimento, além de toda a dedicação ao ensino.

## RESUMO

NETO, Fernando Sores. **Comparação entre apertadeiras: diferentes tipos de apertadeiras pneumáticas e elétricas.** 2016. 59 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este trabalho descreve o funcionamento das apertadeiras pneumáticas e elétricas, as quais são as ferramentas usadas nas montadoras de veículos, máquinas e equipamentos. A credibilidade e confiabilidade de um produto estão diretamente ligadas a sua qualidade. E para obter um produto de qualidade é necessária a utilização da melhor tecnologia de aperto, sabendo que cada tipo de apertadeira se comporta de maneira diferente, dependendo da junta de aperto, seja ela uma junta rígida ou uma junta flexível. Entender o funcionamento dos principais modelos de ferramentas ajuda na hora de escolher qual a melhor apertadeira para um determinado tipo de operação. Serão tratados também alguns procedimentos de manutenção de apertadeiras hidropneumáticas, onde, o principal problema é quando o torque fica baixo, além da calibração e aferição destas ferramentas. Ao longo do trabalho serão abordados alguns conceitos de juntas, torque e ângulo e por fim a aplicação destes conceitos numa linha de montagem de tratores, analisando a escolha da ferramenta mais adequada para a operação.

**Palavras chave:** Apertadeiras. Junta rígida. Junta flexível.

## ABSTRACT

NETO, Fernando Sores. **Comparison between nutrunners: Different types of pneumatic and electric nutrunners.** 2016. 59 f Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

This work describes the operation of the pneumatic and electric nutrunners, which are the used tools in car maker, machines and equipment. The credibility and reliability a product are directly linked to your quality. And to get a product of quality is necessary use the best clamping technology, knowing that each type of the nutrunner behaves of different ways depending on clamping gasket be it a rigid gasket or a flexible gasket. Understanding the functioning of main tool models, help in hour of choice which the best nutrunner to a particular type of operation. Will be treated also some maintence procedures of hydopneumatic nutrunners, where, the main problem is when the torque down, besides the admeasurement and calibration these tools. Throughout the work will be addressed some concepts of gaskets, torque and angle and lastly the application these concepts in a assembly line of tractors, analyzing the choice of tool most proper to the operation.

**Keywords:** Nutrunners. Rigid gasket. Flexible gasket.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos dos tipos e modelos de apertadeiras.....	16
Figura 2 – Apertadeira Hidropneumática, motor mais unidade hidráulica.....	18
Figura 3 –Apertadeiras com Shut off.....	18
Figura 4 – Apertadeiras sem Shut off.....	19
Figura 5 –Peças do gatilho.....	20
Figura 6 –Componentes do motor pneumático.....	21
Figura 7 – Imagem mostra as palhetas do motor.....	21
Figura 8 – Imagem mostra unidades hidráulicas.....	22
Figura 9 – Peças de uma unidade hidráulica.....	23
Figura 10 – Chaves de impacto.....	24
Figura 11 – Imagem mostra uma apertadeira em 3 partes.....	25
Figura 12 – Imagem mostra exemplos de apertadeiras rotativas.....	25
Figura 13 – Imagem mostra componentes internos.....	26
Figura 14 – Imagem mostra vista explodida de um gatilho.....	26
Figura 15 – Imagem mostra o motor de uma apertadeira rotativa.....	28
Figura 16 – Imagem mostra conjunto de embreagem da apertadeira.....	28
Figura 17 – Imagem mostra conjunto de engrenagem da apertadeira.....	29
Figura 18 – Imagem mostra conjunto do cabeçote da apertadeira.....	30
Figura 19 –Apertadeira eletrônica.....	32
Figura 20 – Imagem mostra um braço de reação de uma apertadeira.....	32
Figura 21 – Painel eletrônico de uma apertadeira.....	33
Figura 22 – Painel eletrônico aberto.....	33
Figura 23 – Cabo eletrônico da apertadeira.....	34
Figura 24 – Seletor de programas.....	35
Figura 25 – Algumas funções do programa.....	35
Figura 26 – Funções para ler e salvar programas.....	36
Figura 27 – Ambiente de programação do torque.....	36

Figura 28 – Apertadeiras elétricas à bateria.....	37
Figura 29 – Exemplos de torquímetros .....	39
Figura 30 – Célula de carga com conexão Bluetooth.....	40
Figura 31 – Bancada torciométrica.....	41
Figura 32 – Procedimento de troca de óleo .....	43
Figura 33 – Processo da montagem do defletor do radiador .....	45
Figura 34 – Processo da montagem dos pesos .....	46
Figura 35 – Processo de fixação da mangueira do ejetor de pó .....	47
Figura 36 – Processo de fixação da cabine na transmissão .....	48
Figura 37 – Processo de montagem do escapamento .....	49
Figura 38 – Processo de fixação do silencioso .....	50
Figura 39 – Processo de montagem dos pinos do amortecedor .....	51
Figura 40 – Processo de montagem dos pneus traseiros.....	52
Figura 41 – Processo de montagem da tubulação de freio .....	53
Figura 42 – Processo de montagem do tapete .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das peças de uma unidade hidráulica .....	23
Tabela 2 – Descrição das peças do gatilho de uma apertadeira rotativa .....	27
Tabela 3 – Descrição das peças do conjunto de embreagem.....	29
Tabela 4 – Descrição das peças do conjunto de engrenagem .....	30
Tabela 5 – Descrição das peças do cabeçote angular .....	31
Tabela 6 – Tabela para a escolha da ferramenta adequada .....	56



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

Nm	Newton metro
CM	<i>Capability machine</i>
CMK	<i>Capability machine index</i>
RPM	Rotação por minuto
RBU	Unidade rápida de backup
PF	<i>Power Focus</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PSET	Programa de torque

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Apertadeiras</b>	<b>16</b>
2.1	APERTADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS	17
2.1.1	Gatilho	19
2.1.2	Motor pneumático	20
2.1.1	Unidade hidráulica	22
2.2	APERTADEIRAS ROTATIVAS	24
2.2.1	Gatilho	26
2.2.2	Motor pneumático	27
2.2.1	Conjunto de embreagem	28
2.2.1	Conjunto de engrenagem	29
2.2.1	Cabeçote angular	30
2.3	APERTADEIRAS ELÉTRICAS	31
2.3.1	Apertadeiras eletrônicas	31
2.3.2	Painel eletrônico	32
2.3.3	Seletor de programas	34
2.3.4	Programação	35
2.3.5	Apertadeiras elétricas	37
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO DE APERTADEIRAS</b>	<b>38</b>
3.1	TIPOS DE JUNTAS	38
3.1.1	Juntas rígidas e semirrígidas	38
3.1.2	Juntas flexíveis e semiflexíveis	38
3.2	TORQUE E ÂNGULO	39
3.2.1	Métodos de medição	39
3.2.2	Calibração de apertadeiras	40
3.3	MANUTENÇÃO DE APERTADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS	42
<b>4</b>	<b>ENSAIOS REALIZADOS</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Aplicações em tipos de juntas diferentes</b>	<b>44</b>
4.1.1	Junta rígida: Montagem do defletor	44
4.1.2	Junta semirrígida: Montagem dos pesos do trator	45
4.1.3	Junta flexível: Fixação da mangueira do ejetor de pó	46
4.1.4	Junta flexível: Fixação da cabine na transmissão	47
4.1.5	Junta rígida: Processo de montagem do escapamento	48
4.1.6	Junta rígida: processo de fixação do silencioso	49
4.1.7	Junta rígida: Montagem dos pinos	50
4.1.8	Junta rígida: Montagem dos pneus traseiros	51
4.1.9	Junta flexível: Montagem da tubulação de freio	52
4.1.10	Junta flexível: Montagem do tapete	53
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>58</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nas indústrias montadoras de veículos, máquinas e equipamentos têm-se por objetivo a união entre diversas peças, para que seja possível a montagem de um determinado produto. Para este fim, existem no mercado diversos tipos de apertadeiras: pneumáticas, hidropneumáticas, eletropneumáticas, elétricas a bateria, eletrônicas com controlador, chaves de impacto, entre outras. Sendo assim, na hora de escolher qual a melhor apertadeira, é necessário analisar alguns pontos como: modelo da ferramenta, torque a ser aplicado, variação do torque, precisão do aperto, ergonomia, peso, acessibilidade, tipo de junta a ser parafusada, vibração, soluções para reação ao torque, durabilidade, manutenção.

De acordo com a PUMA BRASIL (2016), “Partindo da utilização do ar comprimido como forma de energia surgiram as ferramentas pneumáticas. As primeiras ferramentas pneumáticas que surgiram foram os martelos e rebitadores pneumáticos a partir do final do século XIX. As chaves de impacto foram as primeiras ferramentas pneumáticas, que apareceram durante a 2ª Grande Guerra Mundial.” Sendo assim, devido a facilidade de se obter o ar comprimido, as ferramentas pneumáticas foram e são vastamente utilizadas na indústria.

Segundo a Spark Energy (2015), “No ano de 1895, 16 anos após Thomas Edison inventar a lâmpada elétrica incandescente, uma empresa alemã de engenharia C & E FEIN combinou a potência de um motor elétrico com uma broca manual, para desenvolver a primeira ferramenta elétrica do mundo.” Portanto, a partir disso, foram aparecendo diversos tipos de ferramentas elétricas, como furadeira, serra, lixadeira e a própria apertadeira elétrica a qual garante um torque mais preciso do que uma apertadeira pneumática.

Este trabalho irá discutir os diferentes tipos de apertadeiras presentes no mercado, elencando vantagens e desvantagens das mesmas, focando na manutenção, calibração, aferição de torque e o funcionamento destas ferramentas. Para tanta, basear-se-á na literatura disponível e em ensaios realizados com equipamentos reais.

## 1.1 PROBLEMA

O caso de estudo será realizado em uma empresa que possui uma linha de montagem de colheitadeiras e de tratores, fazendo uma comparação entre os diferentes tipos de apertadeiras rotativas, hidropneumáticas e elétricas.

Para realizar a montagem de máquinas e equipamentos é necessária a análise dos diferentes tipos de juntas existentes, pois, o mau dimensionamento da ferramenta para as juntas pode causar falhas de montagem e possíveis desvios no produto que poderão ser descobertos somente pelo usuário.

No contexto anterior apresentado, pretende-se verificar qual a melhor apertadeira para os diferentes tipos de juntas rígidas, flexíveis, semi-flexíveis. Além do tipo de junta deve-se analisar qual o torque a ser aplicado, o qual em alguns casos específicos usa-se torque e ângulo.

Durante a montagem encontram-se alguns problemas referentes ao acesso da ferramenta ao parafuso a ser apertado, por isso, é importante escolher o melhor modelo e soluções para realizar o aperto.

Segundo, Valona (2003) “Existem várias maneiras de fixar peças e componentes uns aos outros, por exemplo, cola, rebites, solda. Entretanto, até hoje o método mais comum para se unir componentes é usar um parafuso para unir as partes da junta com uma porca ou diretamente em um furo rosqueado em um dos componentes. As vantagens desse método são a simplicidade do projeto e da montagem, a facilidade de desmontagem, a produtividade e, finalmente, o custo”.

Considerando que o método mais comum para fixar peças e componentes, são por meio de parafusos, é necessário escolher a melhor tecnologia de aperto e a melhor apertadeira para a realização da montagem de um determinado produto.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Descrever o funcionamento de cada tipo de apertadeira e o seu comportamento nos diferentes tipos de aplicação.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os diferentes tipos e modelos de apertadeiras e seus respectivos funcionamentos;
- Mostrar alguns procedimentos de manutenção de apertadeiras hidropneumáticas;
- Analisar o comportamento das apertadeiras nos diferentes tipos de juntas;
- Descrever os tipos de torque existentes e as formas de medição;
- Apresentar procedimentos de calibração de apertadeiras.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Visto o grau de importância do torque nas linhas de montagem de máquinas, veículos e equipamentos, a elaboração de um bom procedimento de montagem de um produto e a melhor tecnologia de aperto a ser utilizada além das soluções de torques, é essencial escolher a ferramenta mais adequada.

Saber qual ferramenta escolher é fundamental para obter um bom resultado na qualidade do produto final, pois nos diferentes tipos de aplicações e juntas o torque pode variar, sendo assim cada ferramenta tem um comportamento específico para determinadas operações. Além disso, fatores como manutenção devem ser analisados, a questão de segurança se tratando de variáveis como peso, ergonomia,

reação ao torque, os quais devem ser verificados soluções para resolver estas variáveis.

Muitos robôs industriais utilizam de apertadeiras eletrônicas para realizar diferentes tipos de montagens, apertadeiras rotativas são utilizadas também em dispositivos pneumáticos em linhas de montagem, por exemplo, para realizar o giro de um pallet (dispositivo para fixação de um motor que faz seu trajeto numa linha automatizada, por exemplo).

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

**Capítulo 1 - Introdução:** serão apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

**Capítulo 2 – Ferramentas pneumáticas e elétricas:** será abordado o funcionamento, os tipos e modelos de apertadeiras pneumáticas e das apertadeiras elétricas.

**Capítulo 3 – Manutenção de apertadeiras:** serão abordados os tipos de juntas existentes, explicado o conceito de torque e ângulo e também os métodos de medição, métodos de calibração, e alguns procedimentos de manutenção de apertadeiras hidropneumáticas.

**Capítulo 4 – Ensaios:** neste capítulo serão apresentadas as aplicações das apertadeiras numa linha de montagem, analisando a melhor solução de torque para cada tipo de operação.

**Capítulo 5 – Considerações finais:** serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado a melhor escolha de ferramenta para determinadas aplicações. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado. pneumáticas, eletropneumáticas, elétricas a bateria, eletrônicas com controlador, chaves de impacto, entre outras. Sendo assim, na hora de escolher qual a melhor apertadeira, é necessário analisar alguns pontos como: modelo da ferramenta, torque a ser aplicado, variação do torque, precisão do aperto, ergonomia, peso, acessibilidade, tipo de junta a ser parafusada, vibração, soluções para reação ao torque, durabilidade, manutenção.

## 2 Apertadeiras

Para começar a análise acerca da aplicação das diferentes ferramentas pneumáticas na indústria, é necessário compreender o funcionamento de cada tipo de ferramenta, as características e comportamento nas diferentes juntas de apertos, a forma de medição de torque e calibração das apertadeiras e a manutenção básica das ferramentas. Estes assuntos que serão tratados no decorrer deste capítulo. Abaixo segue alguns exemplos de modelos e tipos de apertadeiras, que serão tratados no decorrer do trabalho.

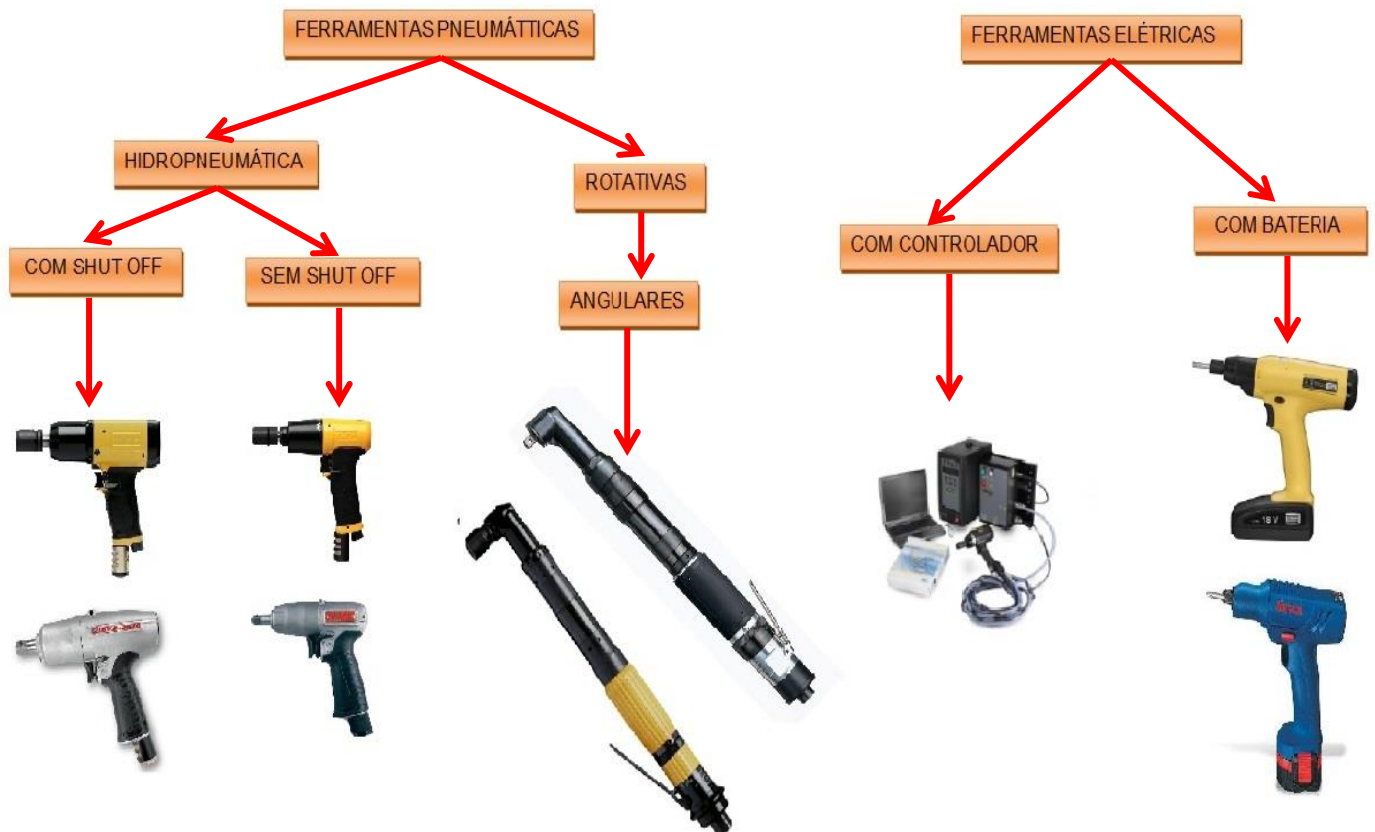


Figura 1 – Exemplos dos tipos e modelos de apertadeiras  
Fonte: Autoria própria



As ferramentas pneumáticas partem da utilização do ar comprimido para o seu funcionamento e são divididas da seguinte maneira:

- Apertadeiras hidropneumáticas;
- Apertadeiras rotativas;

Para que as ferramentas trabalhem em sua condição ideal devem ser verificados, o consumo de ar em carga, o tamanho da mangueira recomendado e também um Lubrifil para realizar a lubrificação da apertadeira.

Existem várias marcas de apertadeiras como: Atlas Copco, Uryu, Puma, Fuji, Cleco, Stanley, entre outros.

## **2.1 APERTADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS**

As ferramentas de impulso hidráulico são capazes de oferecer torques elevados sem que as forças de reação sejam perceptíveis. Permitem realizar operações a uma mão.

Por exemplo, o operador pode realizar um aperto a mais de 100Nm a 5300 RPM. Essas ferramentas são indicadas nas aplicações em que o peso e a produtividade são essenciais. São ferramentas que substituem diretamente as ferramentas de impacto, reduzindo assim o nível de ruído e de vibrações. (ATLAS, 2016).

A desvantagem é que este tipo de ferramenta apresenta uma variação de torque em torno de 10 a 15%.

São chamadas de hidropneumáticas, pois combinam o motor pneumático com uma unidade hidráulica, como mostra na figura 2.



**Figura 2 – Apertadeira Hidropneumática, motor mais unidade hidráulica**  
Fonte: Autoria própria

Dentre essas apertadeiras existem modelos que possuem *Shut off* e outros modelos que não possuem. O *Shut off* nada mais é do que o desligamento automático da apertadeira ao ser atingido um determinado torque pré-programado. As figuras 3 e 4 mostram alguns modelos com e sem *Shut off*, respectivamente.



**Figura 3 – Apertadeiras com Shut off**  
Fonte: Autoria própria

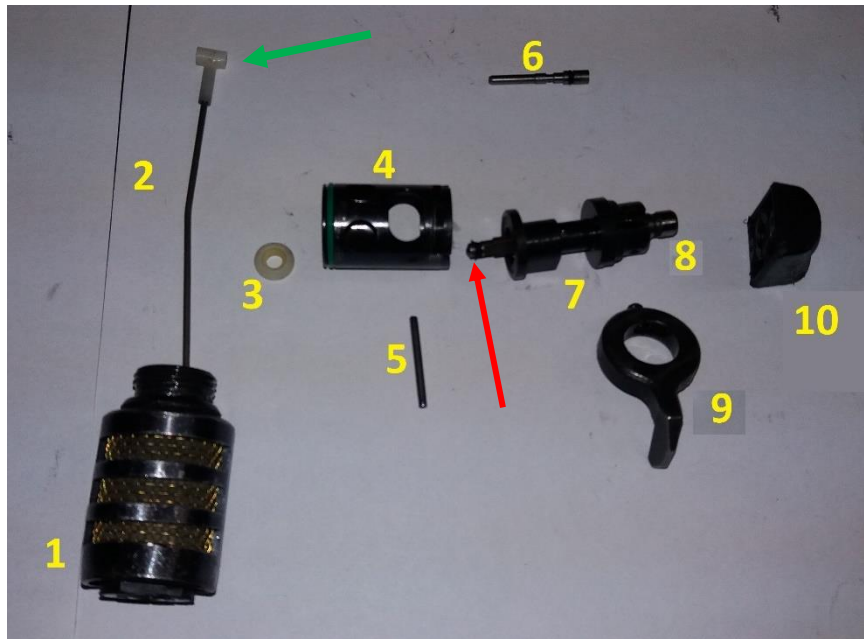


**Figura 4 – Apertadeiras sem Shut off**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.1.1 Gatilho

A figura 5 mostra as peças de um gatilho de uma apertadeira hidropneumática, o qual é da marca Atlas Copco. Os componentes principais são numerados:

1. Filtro de ar, onde ocorre a vazão do ar. Em sua base, com uma chave allen 3mm, pode-se regular a velocidade do shut off.
2. Vareta de aço que regula a velocidade de desligamento da apertadeira.
3. O'ring de plástico que mantém preso o pino de acionamento (descrito na figura 8) através de um o'ring menor que fica acoplado no rebaixo, segundo a seta vermelha.
4. O corpo do gatilho onde se monta a peça 7 no seu interior.
5. Pino de aço que mantém preso o gatilho dentro da ferramenta.
6. Pino que segura a vareta de aço (item 2) encaixando na peça de plástico, segundo a seta verde.
7. Corpo onde é acoplado o pino de acionamento.
8. Pino de acionamento da ferramenta.
9. Reversor. Permite inverter o sentido de rotação da apertadeira.
10. Botão que fica encaixado no pino de acionamento.



**Figura 5 –Peças do gatilho**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.1.2 Motor pneumático

A figura 6 mostra as peças de um motor pneumático de uma apertadeira hidropneumática, que é composto por um motor, palhetas, rolamento dianteiro, rolamento traseiro, tampa do motor traseira, tampa do motor dianteira e camisa, segundo a numeração:

1. Conjunto completo de um motor pneumático, a seta mostra a tampa e rolamento frontais.
2. As setas apontam as palhetas.
3. Motor sem a tampa frontal e com as palhetas.
4. A seta aponta a tampa e rolamento traseiros.
5. Camisa do motor, a qual apresenta formato excêntrico.



**Figura 6 –Componentes do motor pneumático**  
**Fonte: Autoria própria**

O giro do motor é feito da seguinte forma: Quando conectado o ar, e acionado o gatilho, o ar expande as palhetas fazendo com que ocorra o giro do motor dentro da camisa excêntrica. As palhetas, por sua vez, apresentam diversas geometrias, como pode ser visto na figura 7. As mesmas são geralmente fabricadas em material Celeron. É importante observar que as mesmas devem estar sempre bem lubrificadas, evitando a quebra das mesmas e eventuais danos à camisa do motor. O óleo comumente usado é o LP 22.



**Figura 7 – Imagem mostra as palhetas do motor**  
**Fonte: Autoria própria**

Segundo, Perfil Comercial (2015) “O LP 22 é um óleo mineral puro de base parafínica com alto índice de viscosidade, alta estabilidade à oxidação e aditivo antiespumante, altamente refinados ao solvente e especialmente selecionados para atender a todos os equipamentos onde são requeridos fluídos desta natureza.”

Por isso as apertadeiras devem conter um Lubrifil bem regulado para estar lubrificando constantemente as ferramentas durante o trabalho.

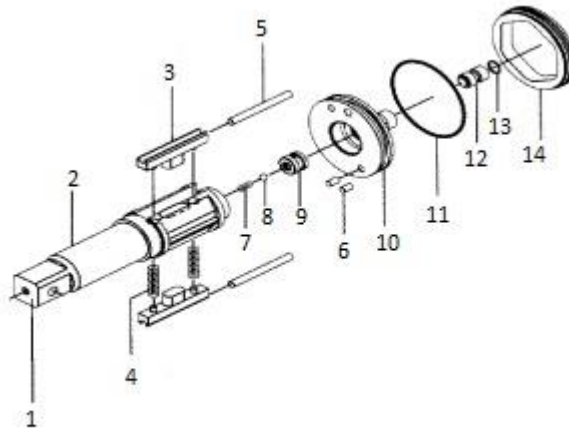
### 2.1.1 Unidade hidráulica

Exemplos de unidades hidráulicas de apertadeiras hidropneumáticas são apresentados na figura 8, onde a numeração 1 indica o local da regulagem de torque, a numeração 2 indicam o local de encaixe do soquete, a numeração 3 indica o local de inserção do óleo hidráulico, a numeração 4 indica o local de fixação do pino de retenção do soquete, item de segurança.



**Figura 8 – Imagem mostra unidades hidráulicas**  
**Fonte: Autoria própria**

Um esquemático detalhando as peças de uma unidade hidráulica é apresentado na figura 9.



**Figura 9 – Peças de uma unidade hidráulica**  
**Fontes: ULT Series Repair manual (Wesco Produccion, 2016) e Autoria própria.**

A tabela 1 descreve os componentes da unidade hidráulica mostrados na figura 8.

**Tabela 1 – Descrição das peças de uma unidade hidráulica**

<b>Número</b>	<b>Descrição</b>
1	Quadrado que vai o soquete
2	Bigorna
3	Palheta de aço
4	Mola da palheta de aço
5	Rolete da palheta
6	Pino fixador
7	Mola da válvula de retenção
8	Esfera da válvula de retenção
9	Tampa da válvula de retenção
10	Tampa traseira do hidro
11	Anel o'ring da tampa traseira
12	Pistão
13	O'ring do pistão
14	Tampa da carcaça



## 2.2 APERTADEIRAS ROTATIVAS

As apertadeiras pneumáticas possuem uma embreagem mecânica que corta o fornecimento de ar assim que o binário de torque definido é alcançado. A embreagem permite um aperto preciso. São ferramentas mais silenciosas e não danificam o material ou a cabeça do parafuso. Ideais para uma produção de cadência elevada e para quando é pretendida uma ferramenta robusta e duradoura.

As apertadeiras angulares são ferramentas de corte de ar ideais para produções de séries longas. Elas são pensadas para melhorar a produtividade, são ferramentas rápidas, robustas e precisas. As cabeças angulares são soluções para os problemas de acessibilidade a parafusos. (ATLAS, 2016).

Podem ser tanto no formato pistola, quanto angulares e, diferente das apertadeiras hidropneumáticas, possuem uma melhor precisão de aperto com variação entre 2 e 3%. Apresentam a desvantagem de aumento da reação em função do aumento de torque.

Podem também ser consideradas as chaves de impacto, as quais não apresentam torque regulado. Este tipo de ferramenta é geralmente utilizado para retrabalhos, onde não é necessário haver precisão. Dois exemplos de chaves de impacto são apresentados na figura 10. À esquerda uma chave de impacto da marca Uryu e à direita uma da marca Ingersoll Rand.



**Figura 10 – Chaves de impacto**  
Fonte: Autoria própria



As apertadeiras angulares rotativas são formadas inteiramente por componentes mecânicos, planetários, conjunto de engrenagens coroa e pinhão. Na figura 11, uma apertadeira angular rotativa da marca uryu é dividida em três partes. A primeira parte (1) representa a coroa e pinhão e o quadrado aonde vai o soquete. A segunda parte (2) representa os conjuntos de engrenagens, planetário, mola, permitindo a regulagem do torque. A terceira parte (3) representa o motor pneumático e o gatilho da ferramenta.



**Figura 11 – Imagem mostra uma apertadeira em 3 partes**  
**Fonte: Autoria própria**

A grande maioria dos modelos de apertadeiras rotativas possuem o desligamento automático, *Shut off*, como os modelos representados na figura 11.



**Figura 12 – Imagem mostra exemplos de apertadeiras rotativas**  
**Fonte: Autoria própria**

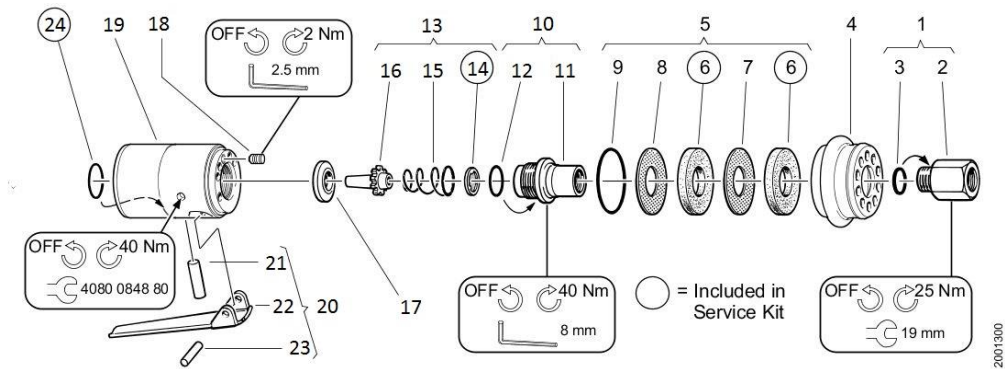
As Apertadeiras angulares rotativas são constituídas inteiramente por componentes mecânicos, o que pode ser ilustrado pelo desenho em corte da figura 13, representando todos os seus componentes internos.



**Figura 13 – Imagem mostra componentes internos**  
**Fonte: <http://servaidweb.atlascopco.com/> e Autoria própria**

### 2.2.1 Gatilho

A figura 14 mostra detalhadamente o gatilho de uma apertadeira angular rotativa e a tabela 2 apresenta a descrição de cada componente associado.



**Figura 14 – Imagem mostra vista explodida de um gatilho**  
**Fonte: [www.atlascopco.com.br](http://www.atlascopco.com.br) (2016), Autoria própria.**

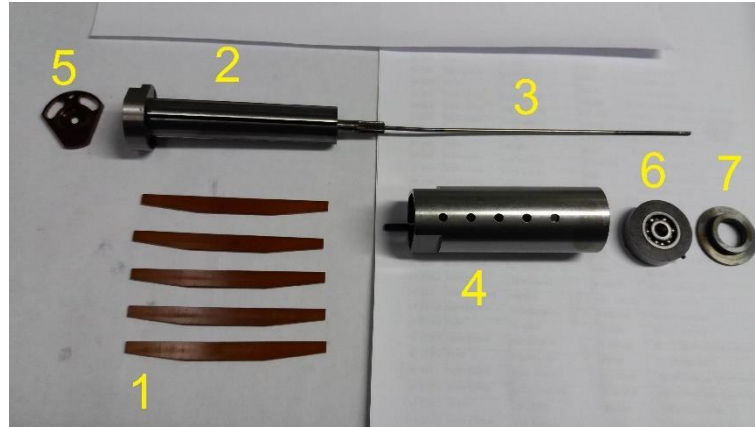
Tabela 2 – Descrição das peças do gatilho de uma apertadeira rotativa

Ref. Num.	Descrição
1	Conjunto adaptador
2	Adaptador para entrada de ar
3	Anel O'ring 11,1x1,6
4	Anel (Vazão de ar)
5	Conjunto do silenciador
6	Filtro
7	Silenciador
8	Silenciador
9	Anel O'ring 32,1x1,6
10	Conjunto adaptador
11	Adaptador
12	Anel O'ring 17,5x1,3
13	Conjunto da válvula
14	Filtro
15	Mola
16	Válvula
17	Anel
18	Parafuso mosca M5x5
19	Corpo do gatilho
20	Conjunto do acionador
21	Pino acionador
22	Alavanca
23	Pino da alavanca
24	Anel O'ring 17,5x1,3

### 2.2.2 Motor pneumático

O detalhamento do motor pneumático de uma apertadeira angular rotativa é apresentado na figura 15, segundo a numeração:

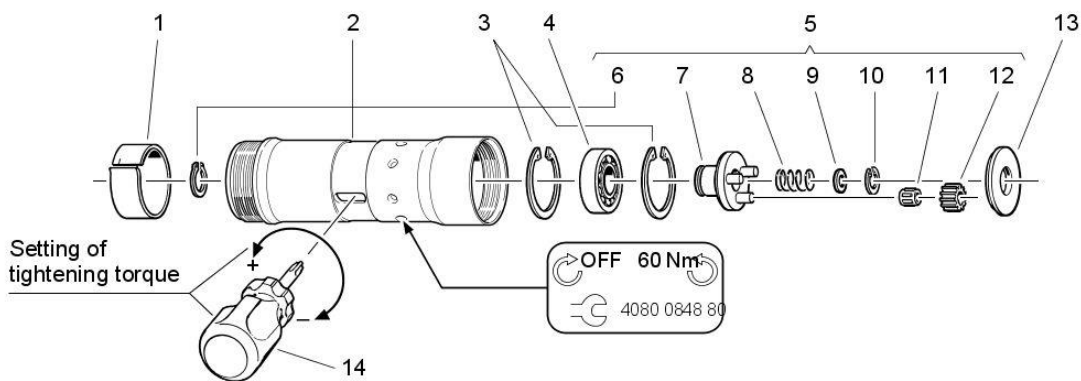
1. Palhetas do motor pneumático. Fabricadas em material celeron.
2. Motor pneumático.
3. Vareta de aço que aciona o shut off.
4. Camisa do motor pneumático.
5. Encosto do motor.
6. Tampa frontal do motor
7. Mola de disco do motor.



**Figura 15 – Imagem mostra o motor de uma apertadeira rotativa**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.2.1 Conjunto de embreagem

O conjunto embreagem da apertadeira angular rotativa é detalhado na figura 16. Na embreagem é feita a regulação de torque (item 14) com uma chave Philips de regulação. A tabela 3 mostra a descrição de cada componente associado à figura 16.



**Figura 16 – Imagem mostra conjunto de embreagem da apertadeira**  
**Fonte: www.atlascopco.com.br (2016), Autoria própria.**

Tabela 3 – Descrição das peças do conjunto de embreagem

Ref. Num.	Descrição
1	Anel de Proteção
2	Corpo do conjunto
3	Anel de retenção 28x1.2
4	Rolamento 6001-Z
5	Conjunto Planetário
6	Anel de retenção SGA 12
7	Eixo do planetário
8	Mola
9	Arruela
10	Anel de retenção SGA 9
11	Rolamento de agulha 4x7x7
12	Roda de engrenagem
13	Arruela
14	Chave Philips para ajuste de torque

### 2.2.1 Conjunto de engrenagem

O conjunto de engrenagem da apertadeira angular rotativa é detalhado na figura 16, onde destaca-se o eixo planetário principal (item 7). A tabela 4 apresenta a descrição de cada componente da figura 17.

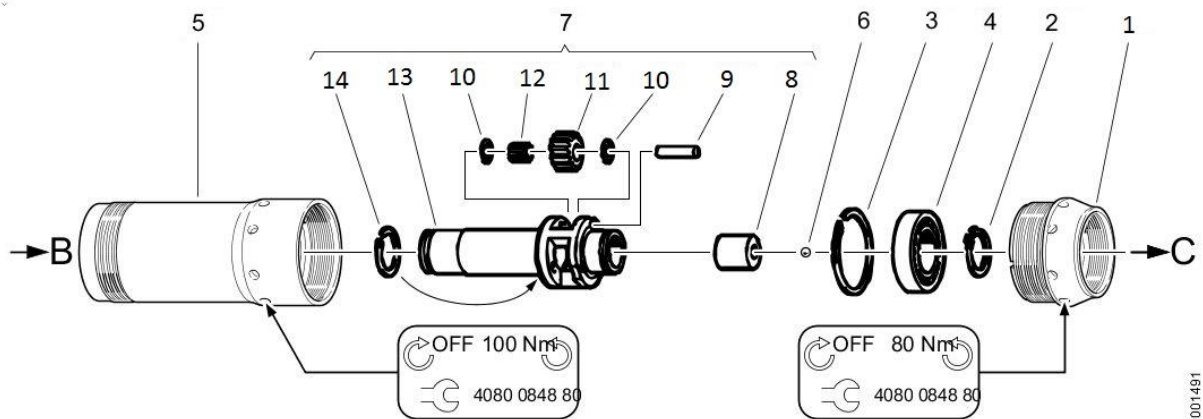


Figura 17 – Imagem mostra conjunto de engrenagem da apertadeira  
 Fonte: [www.atlascopco.com.br](http://www.atlascopco.com.br) (2016), Autoria própria.

Tabela 4 – Descrição das peças do conjunto de engrenagem

Ref. Num.	Descrição
1	Porca
2	Anel de retenção SGA 17
3	Anel trava
4	Rolamento 160003
5	Corpo do conjunto de engrenagem
6	Esfera Ø 4,5mm
7	Conjunto do eixo planetário
8	Espaçador
9	Pino
10	Arruela
11	Roda de engrenagem
12	Rolamento de agulha 1x7.8
13	Eixo planetário
14	Anel elástico

### 2.2.1 Cabeçote angular

Um outro exemplo de apertadeira angular rotativa é apresentado na figura 18. Neste caso, é representado um cabeçote angular, onde a transmissão é feita por meio de coroa e pinhão. Os componentes apresentados na figura 17 são descritos na tabela 5 .

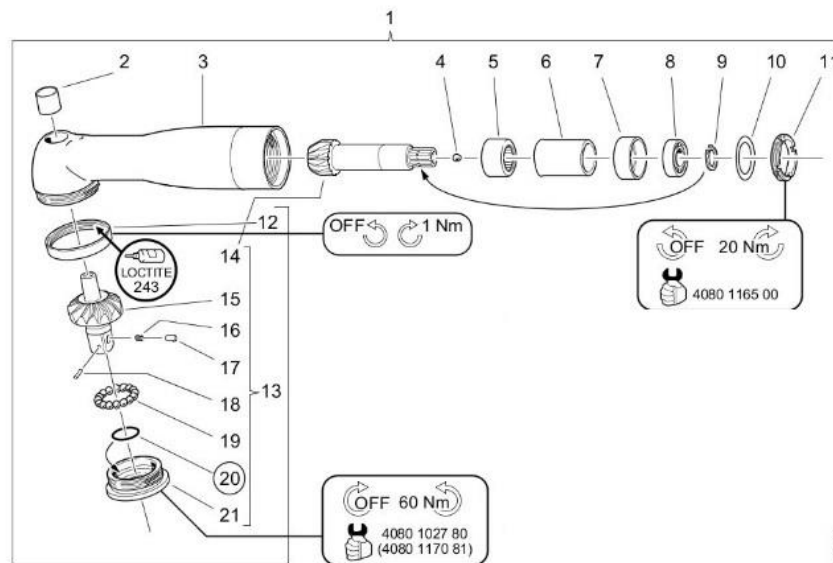


Figura 18 – Imagem mostra conjunto do cabeçote da apertadeira  
 Fonte: [www.atlascopco.com.br](http://www.atlascopco.com.br) (2016), Autoria própria.

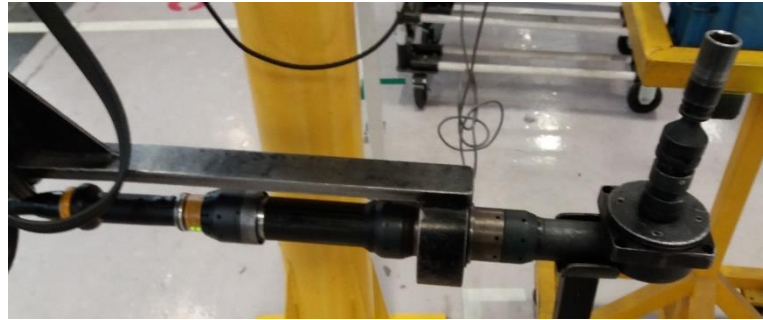
Tabela 5 – Descrição das peças do cabeçote angular

Ref. Num.	Descrição
1	Conjunto cabeçote
2	Rolamento de agulha BN0912
3	Corpo angular
4	Esfera Ø 4mm
5	Rolamento de agulha HK1412
6	Espaçador
7	Luva
8	Rolamento 619
9	Anel trava
10	Anel calço
11	Porca
12	Anel de proteção
13	Cabeçote angular
14	Pinhão
15	Coroa
16	Mola
17	Pino Retentor
18	Pino mola
19	Esferas Ø 4,7 mm
20	Anel O'ring 13x1,2
21	Parte frontal

## 2.3 APERTADEIRAS ELÉTRICAS

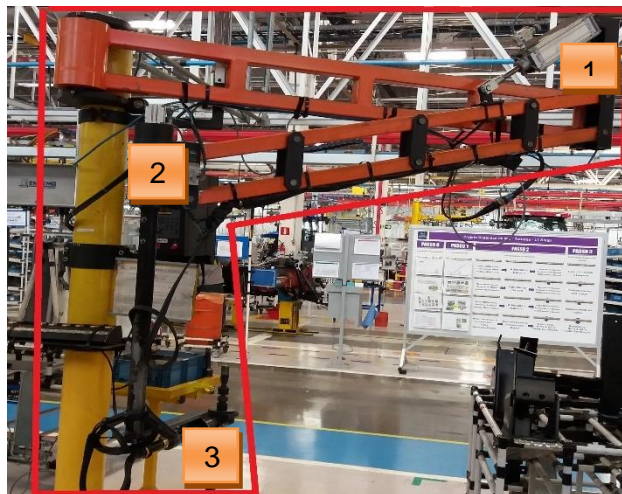
### 2.3.1 Apertadeiras eletrônicas

As Apertadeiras eletrônicas têm excelentes faixas de velocidades do eixo impulsor ajudando assim a alcançar tempos de ciclo menores em sua operação. A excepcional ergonomia em termos de equilíbrio, empunhadura e baixo peso tornam essas ferramentas as preferidas dos operadores e aumentam a produtividade individual. A figura 19 mostra um exemplo de apertadeira eletrônica. Este tipo de apertadeira apresenta uma variação de torque de 1%, tendo assim uma confiabilidade de torque ótima.



**Figura 19 –Apertadeira eletrônica**  
**Fonte: Autoria própria.**

Toda apertadeira eletrônica com torque acima de 80 Nm necessita de um braço de reação, exemplificado na figura 20. Na figura é mostrado o braço de reação de uma apertadeira eletrônica Atlas Copco. A numeração 1 indica o cilindro pneumático, responsável pela regulação o peso do braço. A numeração 2 indica o freio do braço, o qual é acionado pelo gatilho da apertadeira. A numeração 3 indica o acoplamento do braço (onde sofre a reação) na ferramenta.



**Figura 20 – Imagem mostra um braço de reação de uma apertadeira**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 2.3.2 Painel eletrônico

As apertadeiras eletrônicas demandam painéis de controle. Exemplos destes painéis de apertadeiras eletrônicas da Atlas Copco são mostrados na figura 20. O painel da esquerda é mais simples, com menos funções. Já o painel da direita utiliza um display gráfico, como uma gama maior de funções.

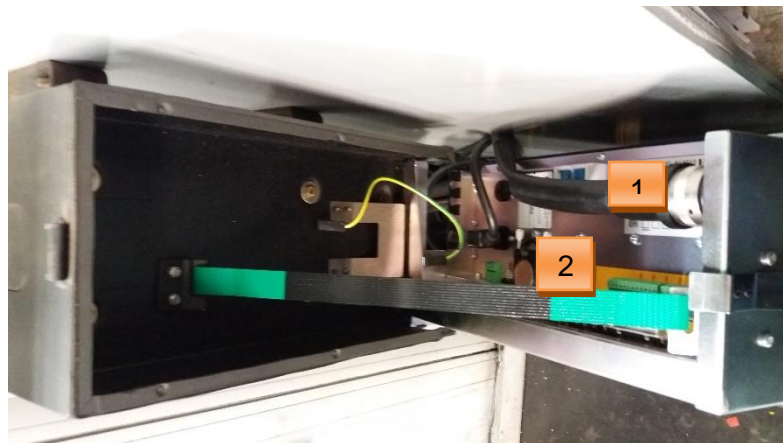




**Figura 21 – Painel eletrônico de uma apertadeira**  
**Fonte: Autoria própria.**

Na figura 22 é apresentado um painel aberto. A numeração 1 indica a conexão da ferramenta. A numeração 2 indica a conexão da RBU (unidade rápida de backup) que dispõe de um nível especificado de funcionalidade e age como unidades de programação e configuração do Painel Power Focus da apertadeira. Existem três tipos de RBU's, Bronze, Prata e Ouro. O RBU Ouro dispõe de toda a capacidade e funcionalidades do painel, já a Prata e Bronze possuem uma capacidade menor de funcionalidades.

Quando um RBU programado estiver conectado em um controlador Power Focus vazio, a funcionalidade, programação e configuração do RBU são transferidas para o controlador em fração de segundos. Isso significa a rápida instalação e substituição de controladores em uma linha de montagem.



**Figura 22 – Painel eletrônico aberto**  
**Fonte: Autoria própria.**

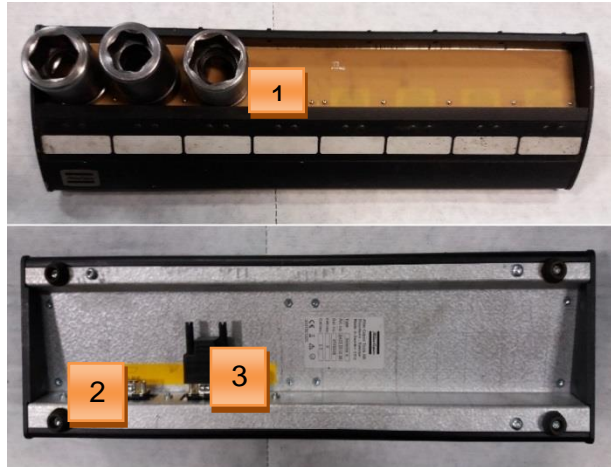
A figura 23 apresenta um exemplo de um cabo eletrônico Tensor ST da Atlas Copco. Este cabos têm geralmente entre 7 e 10m. A diferença de tamanho permite organizar melhor o cabo, distribuindo o mesmo ao longo do braço da apertadeira. Nas pontas dos cabos é realizado um tratamento de torção para que fique mais resistente a possíveis dobramentos, prolongando a vida útil e evitando a quebra dos fios.



**Figura 23 – Cabo eletrônico da apertadeira**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 2.3.3 Seletor de programas

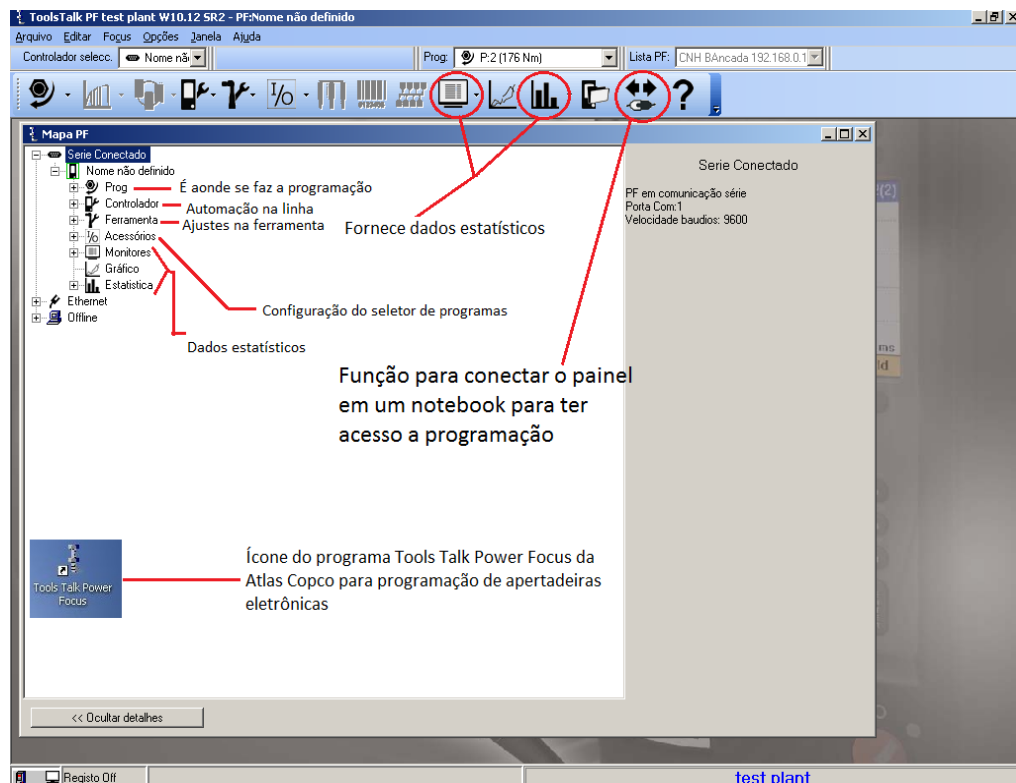
A figura 24 mostra um exemplo de um seletor de programas de 8 posições, ou soqueteira, que é uma bandeja com soquetes que pode ser programada para instruir uma ordem de trabalho especificada. A numeração 1 indica as posições que são colocados os soquetes. O seletor possui diodos de luz que podem ser usados para guiar o usuário através de uma sequência de trabalho. Ao usar mais de um Pset (programa de torque) é conveniente o uso de um seletor de programas, pois facilita na hora de escolha do programa, fazendo com que o operador não necessite interagir com o painel da ferramenta. Quando um soquete é levantado, o Pset correspondente será selecionado, acendendo assim os leds verde e vermelho. Caso seja levantado mais de um soquete, nenhum Pset será selecionado e somente ficará aceso os leds vermelhos. Se nenhum soquete é levantado nenhum led fica aceso. Existem dois tipos diferentes de seletores: seletor de 4 posições e o de 8 posições. A indicação 2 é o local que se conecta o cabo no painel e a indicação 3 é conectado terminal, que sem ele o seletor de programas não funciona.



**Figura 24 – Seletor de programas**  
Fonte: Autoria própria.

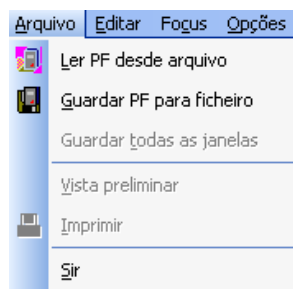
### 2.3.4 Programação

A programação é feita através do programa Tools Talk Power Focus da Atlas Copco, cujo ambiente de programação é exemplificado na figura 25. O Tools Talk é um pacote que oferece uma programação simples e amigável e a monitorização em tempo real das unidades Power Focus (Painel da apertadeira).



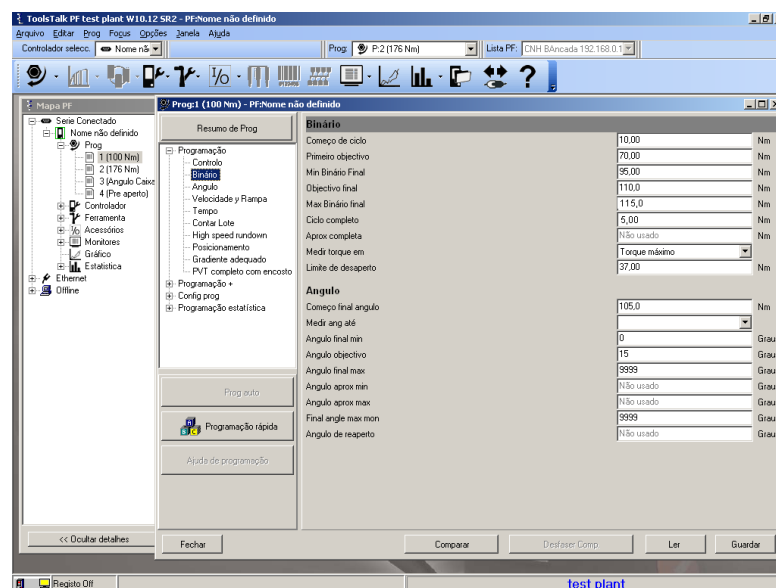
**Figura 25 – Algumas funções do programa**  
Fonte: Autoria própria.

Diversas funções facilitam o gerenciamento da apertadeira digital. A função **ferramenta** permite a inserção dos dados de calibração, a manutenção do programa e o *tunning* do motor, o que permite o alinhamento do motor. A função **acessórios** permite a configuração do seletor de programas. Na seção de monitores, gráficos e estatísticas, apresentam-se todos os dados estatísticos de apertos, de erros e de curvas de variação de torque. A função **arquivo**, exemplificada na figura 26, permite a gravação da programação (guardar PF para o ficheiro) ou a carga da programação (Ler PF desde arquivo).



**Figura 26 – Funções para ler e salvar programas**  
Fonte: Autoria própria.

A função **prog**, exemplificada na figura 27, permite a programação do torque e do ângulo a serem aplicados. São possíveis os seguintes parâmetros de configuração: começo de ciclo, primeiro objetivo, mínimo binário final, objetivo final, máximo binário final, limite de desaperto e toda programação dos ângulos de operação.



**Figura 27 – Ambiente de programação do torque**  
Fonte: Autoria própria.

### 2.3.5 Apertadeiras elétricas

Apertadeiras portáteis são ideais para aplicações em que a qualidade e a versatilidade são essenciais. O seu tamanho compacto e a sua bateria de Lítio convertem-na numa das ferramentas mais leves da sua gama. É possível regular a velocidade das apertadeiras, as quais oferecem uma ampla gama de binário. A imagem 28 mostra exemplos de apertadeiras elétricas à bateria, das marcas Bosch, Fein e Uryu, da esquerda para direita, respectivamente.



**Figura 28 – Apertadeiras elétricas à bateria**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 3 MANUTENÇÃO DE APERTADEIRAS

### 3.1 TIPOS DE JUNTAS

O foco deste trabalho é um estudo sobre tecnologias de aperto, os tipos de juntas existentes, torque e ângulo, formas de medição de torque, calibração de apertadeiras e também a manutenção básica das apertadeiras hidropneumáticas.

As juntas podem variar na faixa de torque, no tipo e na dureza. Sabendo-se que cada tipo de apertadeira varia seu comportamento de acordo com o tipo de junta é essencial buscar a melhor solução de aperto. Cada tipo de junta exige um torque e um ângulo para o aperto. Toda junta sofre relaxamento depois de apertada, então este é um item importante a ser analisado na hora de selecionar a ferramenta e a faixa de torque a ser aplicado.

#### 3.1.1 Juntas rígidas e semirrígidas

É uma junta na qual geralmente são utilizados parafusos mais curtos e que unem componentes de metal planos. Numa junta rígida ou semirrígida o ângulo necessário para dar o aperto é pequeno. Conforme a ISO 5393 o ângulo de aperto numa junta rígida é de 30° a partir do encosto das partes aparafusáveis.

#### 3.1.2 Juntas flexíveis e semiflexíveis

As juntas flexíveis geralmente são usadas com parafusos mais longos. Os mesmos devem comprimir componentes macios, como arruelas de pressão, plástico e abraçadeiras, entre outros. Diferente da junta rígida as juntas flexíveis ou semiflexíveis, necessitam um ângulo muito maior para o aperto. De acordo com a ISO 5393 o ângulo de aperto numa junta flexível é de 720° a partir do encosto.

## 3.2 TORQUE E ÂNGULO

O torque de aperto é o critério normalmente usado para especificar a pré-tensão no parafuso. O torque, ou o momento da força, pode ser medido dinamicamente, enquanto o parafuso é apertado, ou estaticamente, verificando o torque com um torquímetro após o aperto. (Atlas Copco, 2003).

Com relação a torque existem dois tipos: dinâmico e estático. O torque dinâmico é o torque no momento do aperto e o torque estático é aquele torque após o relaxamento das juntas. A unidade de medida de torque de acordo com o sistema internacional de medidas é o Nm (Newton x metro).

### 3.2.1 Métodos de medição

As formas para se medir torque são normalmente por meio de torquímetros ou transdutores. Os torquímetros podem ser analógicos, digitais, inclusive sendo possível programar um torque de referência para indicar que um determinado limite de operação foi atingido.

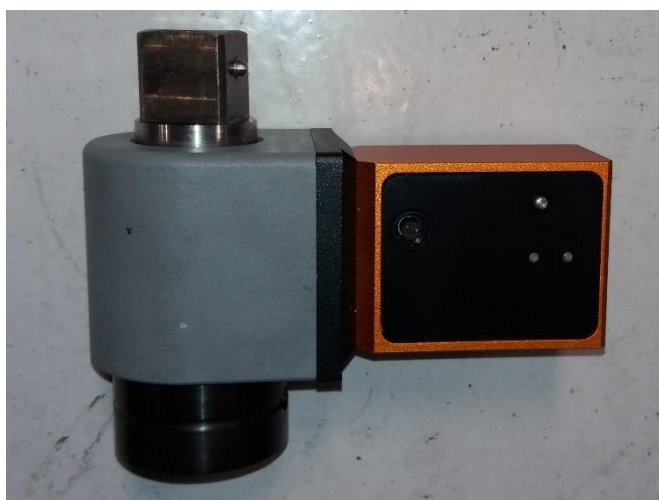
A figura 29 apresenta exemplos de torquímetros. Na numeração 1 é apontado um torquímetro dial analógico até 300Nm e na numeração 2 são apontados três exemplos de torquímetros digitais.



**Figura 29 – Exemplos de torquímetros**  
**Fonte: Autoria própria.**



Entre os possíveis transdutores podem-se citar as células de carga. Quanto a conexão dos transdutores com eventuais sistemas de controle pode-se citar conexão via cabo ou conexão via Bluetooth. Um exemplo de célula de carga com conexão Bluetooth é apresentado na figura 30. O mesmo pode ser usado para medir valores de torque diretamente no produto, obtendo-se uma confiabilidade maior. Os dados são enviados para uma bancada de calibração ou para um software de gerenciamento de dados.



**Figura 30 – Célula de carga com conexão Bluetooth.**  
Fonte: Autoria própria.

### 3.2.2 Calibração de apertadeiras

A calibração das apertadeiras deve ser efetuada sempre que for realizada a manutenção do equipamento, de acordo com as recomendações do fabricante. Para apertadeiras hidropneumáticas recomenda-se uma calibração mensal. Para apertadeiras rotativas e elétricas recomenda-se uma calibração bimestral. Para apertadeiras eletrônicas recomenda-se uma calibração semestral ou anual. Contudo, o período entre calibrações pode variar dependendo de cada aplicação e também da quantidade de apertos que a ferramenta executa no período.

A capacidade de uma ferramenta se dá através do CM (*Capability Machine*) e CMK (*Capability Machine Index*) que nada mais é do que a quantização da repetibilidade do torque da ferramenta e a quantização da proximidade do torque real e do torque desejado. Tipicamente, uma bancada torciométrica é projetada para verificar todas as ferramentas de uma linha de montagem e calcular o CM e o CMK.



Normalmente, a mesma é equipada com transdutores estáticos e simuladores mecânicos de junta.

Na figura 31 é apresentada uma bancada torciométrica de calibração da M.Shimizu para apertadeiras hidropneumáticas e elétricas. Na figura são destacados os simuladores de juntas rígidas/flexíveis. Os simuladores de juntas são acoplados a transdutores de torque, os quais enviam os dados para uma *software* de controle, denominado SQnet. *Este software* gerencia todas as funções / resultados colhidos. Um alarme visual alerta ao operador sobre a correção da regulagem. É possível também visualizar a curva de simulação em torque/ ângulo e torque/tempo em Zoom, bem com memorizar as curvas para sucessivas consultas. (M.Shimizu, 2016).



**Figura 31 – Bancada torciométrica.**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.3 MANUTENÇÃO DE APERTADEIRAS HIDROPNEUMÁTICAS

As apertadeiras hidropneumáticas trabalham com óleo hidráulico, o qual, após um determinado ciclo de operações sofre um processo de carbonização, com consequente perda de suas propriedades. Como consequência, a apertadeira apresenta uma degradação do torque, sendo necessário realizar a manutenção da mesma. A sequência de manutenção é ilustrada na figura 32, com a seguinte descrição:

1. Primeiramente deve ser aberta a tampa da apertadeira, prendendo numa morsa de bancada, no caso do modelo Atlas Copco utilizado para este procedimento, abre-se no sentido anti-horário, nos modelos da marca Uryu a tampa abre-se no sentido horário.
2. Com uma chave allen abrir o reservatório da unidade hidráulica no sentido anti-horário.
3. Com uma seringa retirar o óleo carbonizado até esvaziar totalmente o óleo.
4. Com a seringa colocar HL80 desengraxante para limpar a unidade.
5. Depois de limpo, colocar o óleo novo na unidade hidráulica até completar.
6. Com uma chave fenda regular o torque da apertadeira.
7. Fechar a tampa do reservatório
8. Fechar a tampa da apertadeira.

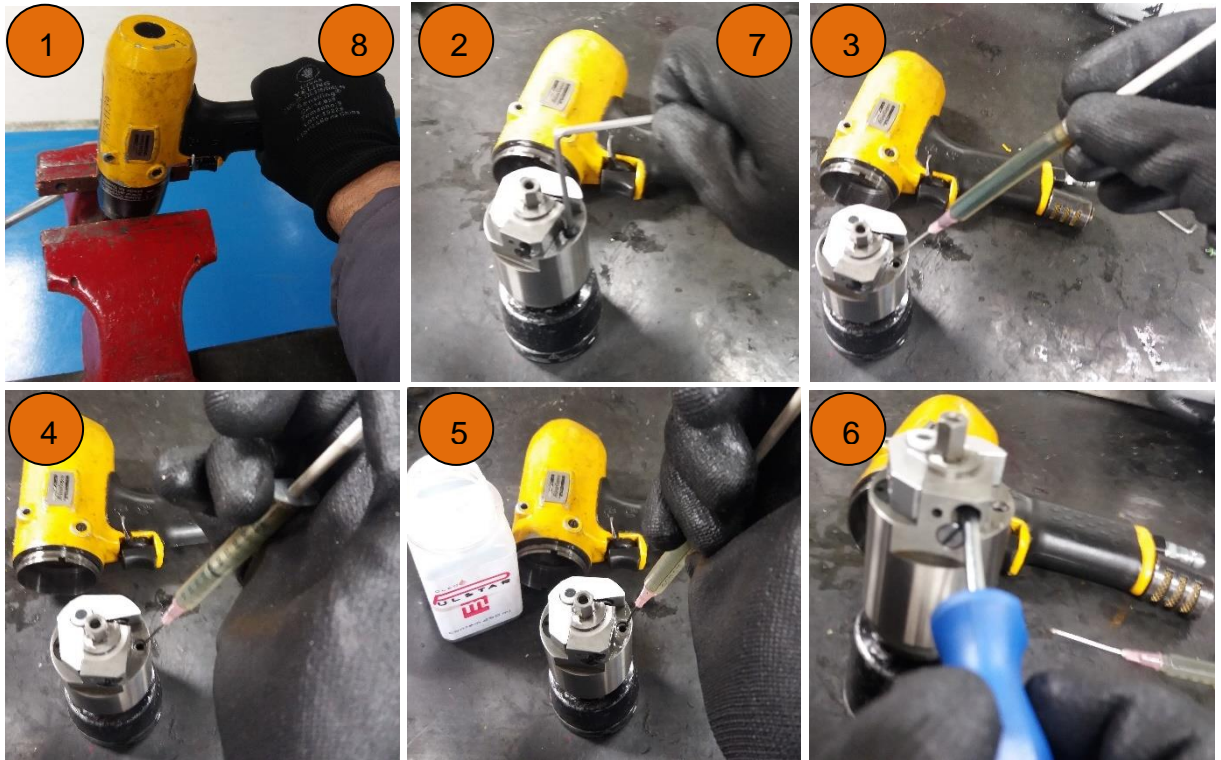


Figura 32 – Procedimento de troca de óleo  
Fonte: Autoria própria.

## 4 ENSAIOS REALIZADOS

Neste capítulo serão apresentados alguns ensaios com apertadeiras. Para tanto é utilizada uma linha de montagens de tratores e são selecionados alguns postos de trabalho e algumas operações. Busca-se verificar o tipo de junta de aperto e qual a ferramenta usada para cada operação. Nos ensaios é proposta a melhor solução para cada aperto, propondo-se substituição (quando necessário) das apertadeiras normalmente utilizadas por outras mais adequadas à tarefa. São apresentados dez ensaios, sendo quatro em juntas rígidas, um em uma junta semirrígida e cinco em juntas flexíveis.

### 4.1 Aplicações em tipos de juntas diferentes

#### 4.1.1 Junta rígida: Montagem do defletor

Na figura 33 é mostrado o processo de montagem do defletor do radiador de um trator. Seis parafusos com arruela lisa são fixados numa junta rígida com torque entre 8,9 Nm e 11,6 Nm, especificado pela engenharia de processos. Neste caso, originalmente era utilizado uma apertadeira hidropneumática sem *shut off*, não adequada para uma junta rígida. Foi então proposta a utilização de uma apertadeira hidropneumática com *shut off*, com limite de torque de 10,25 Nm.



Figura 33 – Processo da montagem do defletor do radiador  
Fonte: Cortesia CNH industrial

#### 4.1.2 Junta semirrígida: Montagem dos pesos do trator

Na figura 34 é apresentado o processo de montagem dos pesos do trator. São utilizados parafusos longos para união dos pesos numa junta semirrígida, com um torque especificado pela engenharia de processos entre 170 Nm e 210 Nm. Originalmente, este processo utilizava uma apertadeira hidropneumática sem shut off. Este tipo de apertadeira sofre muito esforço para conseguir unir os pesos, pois os mesmos precisam ser puxados, formando um “sanduíche”. Foi então proposta a substituição por uma apertadeira rotativa angular, que apresenta uma maior capacidade de torque na hora de unir os pesos.

CNH CUR SOP				EDICIONAMENTO ORIGINAL				MONTAGEM				PROD					
n° A				rev 18/11/2015				2210				0					
#dvig 991922150003				#op 9010				CEAR PRADO				Montagem Linha 1					
												MODELOS T7.240 T7.245					
												VARIANTES 330224501P					
ITEM	QTD	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	DESCRICOES DO ELEMENTO	ATENÇÃO	
A	10		87353852	B	4	83924734	C	4	89842375	D	4	89842375			10	Posicionar (2) pesos (A) no suporte frontal REF (X)	
		TORQUE		TORQUE		TORQUE		TORQUE		TORQUE							
		170 - 210Nm		170 - 210Nm		170 - 210Nm		170 - 210Nm		170 - 210Nm							
PEÇAS FRONTAL MANIPULO DE ADO FIPISO M/L GARRULA DE ADO B1 CABE D CHAVIL RODAGENS DE ADO																	
REF	UNID	UNID	UNID	REF	UNID	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	REF	UNID	UNID	UNID	
		10-10-0429				SOD 24MM											
						ST110610											
						VR 262											
20 Montar (2) parafusos (B), (2) arruelas (C) e (2) chapas roscaadas (D) nos (2) pesos (A) na parte superior																	
30 Montar (2) parafusos (B), (2) arruelas (C) e (2) chapas roscaadas (D) nos (2) pesos (A) na parte inferior																	

Figura 34 – Processo da montagem dos pesos  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

#### 4.1.3 Junta flexível: Fixação da mangueira do ejetor de pó

A figura 35 mostra o processo de fixação da mangueira do ejetor de pó. Trata-se de um aperto de abraçadeira, que é uma junta bem flexível e exige um torque mais preciso. São três situações possíveis: está frouxo, está apertado ou está espanado. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 3,7 Nm e 4,8 Nm. Originalmente, para esta operação, era usada uma apertadeira hidropneumática com *shut off*. Trata-se de uma escolha inadequada, pois qualquer interferência (dando um torque “falso”) leva à apertadeira a desarmar. Foi então sugerido o uso de uma apertadeira elétrica a bateria como a melhor opção para este tipo de aperto, pois apresenta alta repetibilidade e precisão no torque, acabando com o problema da abraçadeira ficar frouxa, por exemplo.




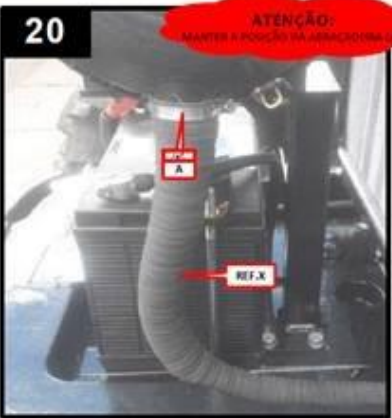
CNH CUR SOP		SEÇÃO DE OPERAÇÃO				ÁREA/OMA	TEMPO DE	TIPO DE OP	PÁGINA																																																																																																																	
n° A [rev] 15/01/2016		FIXAÇÃO DA MANGUEIRA DO EJETOR DE PÓ				2289	1	PROD	1 / 1																																																																																																																	
#dvgl	991351916002	#op	19245	CRIAÇÃO POR	RODRIGO	DEPARTAMENTO																																																																																																																				
						Montagem Linha 2																																																																																																																				
					MODULOS TL 75 PLAT. CAB.		VARIANTES																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> <th>REF.</th> <th>QTD.</th> <th>UN.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>13000690</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="18">           BRAÇADEIRA DO SE MOTOR  <b>3,7 a 4,8 Nm</b> </td> </tr> <tr> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> </tr> <tr> <td></td> <td>5110915</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>VA-52-19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	A	1	13000690																	BRAÇADEIRA DO SE MOTOR <b>3,7 a 4,8 Nm</b>																		REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO		5110915																			VA-52-19																		ELEM.		Descrição do sistema		atenção	
REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.	REF.	QTD.	UN.																																																																																																									
A	1	13000690																																																																																																																								
BRAÇADEIRA DO SE MOTOR <b>3,7 a 4,8 Nm</b>																																																																																																																										
REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO																																																																																																									
	5110915																																																																																																																									
	VA-52-19																																																																																																																									
						10		Montar o mangote (REF.X) do ejetor de pó conforme instrução.																																																																																																																		
						20		Fixar o mangote (REF.X) no filtro com a abraçadeira (A).																																																																																																																		

Figura 35 – Processo de fixação da mangueira do ejetor de pó  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

#### 4.1.4 Junta flexível: Fixação da cabine na transmissão

O processo de fixação da cabine na transmissão é mostrado na figura 36. Trata-se de um aperto de um conjunto de arruela, borracha e sapata. É uma operação em uma junta flexível, exigindo-se um ângulo bem maior e um torque mais preciso. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 370 Nm e 450 Nm. Para esta operação é usada uma apertadeira eletrônica controlada por painel. Neste caso, é a melhor opção para este tipo de aperto, pois a apertadeira apresenta alta repetibilidade, precisão no torque e também torque alto.

CUR SOP				FIXAÇÃO DIANTEIRA DA PLATAFORMA E CABINE				ASSINATURA		TEMPO DE TRAZ.		PROD		FABRICA	
n°		A		rev.		08/10/2013		FARMALL A							
#dvwg		993189265003		#op		17070		CRIADO POR		RODRIGO		SEM MONTAGEM			

		<b>10</b>

OPERACIONAL								DESCR. DO ELEMENTO		ATENÇÃO
REF.	QTD.	REF.	QTD.	REF.	QTD.	REF.	QTD.	REF.	QTD.	REF.
A	2	REF.X	2	REF.Y	2	REF.Z	2	REF.W		
370 a 450 Nm										
REF.	ADICIONAL	REF.	CODIGO	REF.	ADICIONAL	REF.	CODIGO	REF.	CODIGO	
ST118004							ST118003			
ST118012										
VA-52-26										

Figura 36 – Processo de fixação da cabine na transmissão  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

4.1.5 Junta rígida: Processo de montagem do escapamento

Na figura 37 é mostrado o processo de montagem do escapamento. Neste caso é feito um aperto de parafusos em uma junta rígida simples. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 43 Nm e 56 Nm para os parafusos M10 e entre 75 Nm a 98 Nm para o parafuso M12. Para esta operação são usadas apertadeiras hidropneumáticas com *shut off*. Neste caso é garantindo o torque especificado e o acesso ao parafuso é considerado bom, facilitando o processo de montagem.



CNH CUR SOP		SEÇÃO DE ESCAPAMENTO		MTG DO ESCAPAMENTO		2289		1		PROD		1 / 1	
n°	A	rev.	16/02/2016	TLPS		CHAMADO POR		RODRIGO		MONTAGEM		Montagem Linha 2	
#dwg	99235151010	#op	21050										

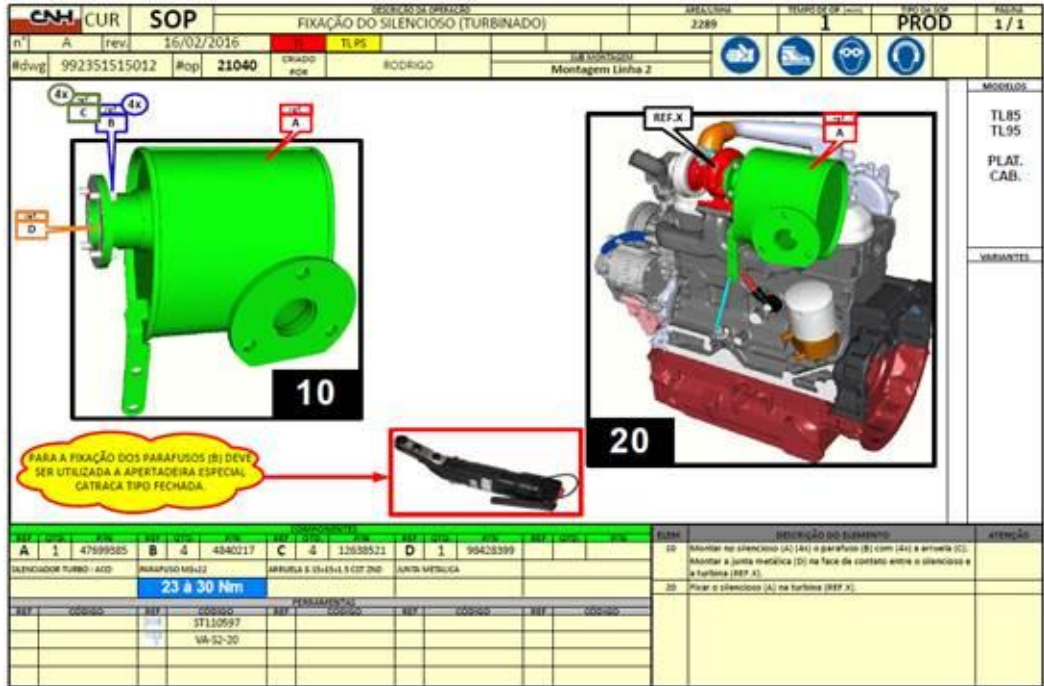
  
  

ITEM	QUANTIDADE	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	REF. DES.	
A	1	47775293	B	1	47699420	C	3	48994023	D	3	300037	E	3	86629543
TUBO DE ESCAPE ACO PTD		SOLDADO DE APTAG - ACO		PARAFUSO PRISIONEIRO M8		POMCA M8 X 2ND		PARAFUSO M12X40 FULL 8.8 2ND						
				43 à 56 Nm		43 à 56 Nm		75 à 98 Nm						
REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	REF.	COORDEN.	
					ST119036		ST119040		ST119042		ST119010		VA-52-30	
					ST119040		VA-52-20		ST19010		VA-52-30			

Figura 37 – Processo de montagem do escapamento  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

4.1.6 Junta rígida: processo de fixação do silencioso

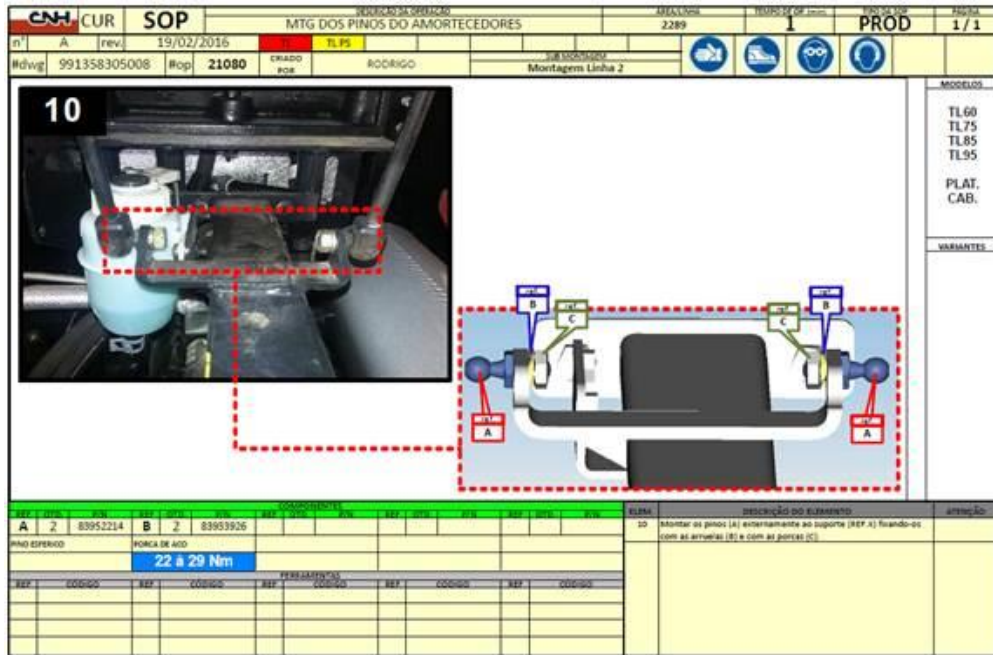
O processo de fixação do silencioso é apresentado na figura 38. Trata-se de um aperto de parafusos em uma junta rígida. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 23 Nm e 30 Nm para os parafusos M8. Para esta operação é usada uma apertadeira angular rotativa, uma vez que para ter acesso ao parafuso é necessário uma apertadeira angular, além da mesma ter um comportamento semelhante em diferentes tipos de juntas.



**Figura 38 – Processo de fixação do silenciado**  
**Fonte: Cortesia CNH industrial**

#### 4.1.7 Junta rígida: Montagem dos pinos

Na figura 39 é mostrado o processo de montagem dos pinos, caracterizando-se pelo um aperto de parafusos em uma junta rígida. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 22 Nm e 29 Nm para os parafusos M8. Para esta operação é usada uma apertadeira angular elétrica a bateria, pois a mesma permite o fácil acesso ao parafuso além de ter uma alta precisão no torque.



**Figura 39 – Processo de montagem dos pinos do amortecedor**  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

#### 4.1.8 Junta rígida: Montagem dos pneus traseiros

O processo de montagem dos pneus traseiros é apresentado na figura 40. Neste caso é feito um aperto de parafusos em uma junta rígida. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 180 Nm e 250 Nm. Para esta operação é usada uma apertadeira hidropneumática sem shut off, pois, devido ao grande peso da roda é necessário uma apertadeira que não desarme quando encosta a porca da roda. Em apertadeiras com shut off, qualquer interferência pode desarmar em função da geração de um torque falso.

CNH		CUR	SOP	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO			APL. Vers	TESTES (0/1)	TPO (S)	PROD	Página
				MTG DOS PNEUS TRASEIROS			2289	0			1 / 1
n°	A	rev.	10/02/2016	TI	PS						
#dwg	203354810003		#op	27050		CRADO	GENIVALDO GONÇALVES		MONTAGEM LINHA 2		

**ATENÇÃO**  
CONFIRMAR O PROGRESSIVO DA ETIQUETA DO PNEU COM O DA FICHA DO TRATOR

47040454GY

10 REF.X

20

30

MODELOS	TL95
PLAT.	CAB.
VARIANTES	

REF.	QTD.	QTD.	REF.	QTD.	QTD.	REF.	QTD.	QTD.	ELEMA	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	ATENÇÃO
A	16	12164221	B	16	44011091				10	Retirar o pneu da carreta de transporte com dispositivo (REF.X) disponível no posto.	SA-15-1013
									20	Posicionar o pneu no cubo alinhando-o com os prismares e apontando as pontas (A) com as estruturas (B).	
									30	Tightear as porcas seguindo a sequência indicada. Apertar a apertadeira apenas após o encabe do conjunto no posto.	

**Figura 40 – Processo de montagem dos pneus traseiros**  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

#### 4.1.9 Junta flexível: Montagem da tubulação de freio

A figura 41 representa o processo de montagem da tubulação de freio. Trata-se de um aperto de parafusos em uma junta flexível. A engenharia de processo, para esta operação, especificou um torque entre 28 Nm e 32 Nm para o aperto das conexões. Para esta operação é usada uma apertadeira hidropneumática sem shut off. Neste caso é usada esta classe de apertadeira por permitir um ângulo maior para conseguir aplicar o torque desejado.

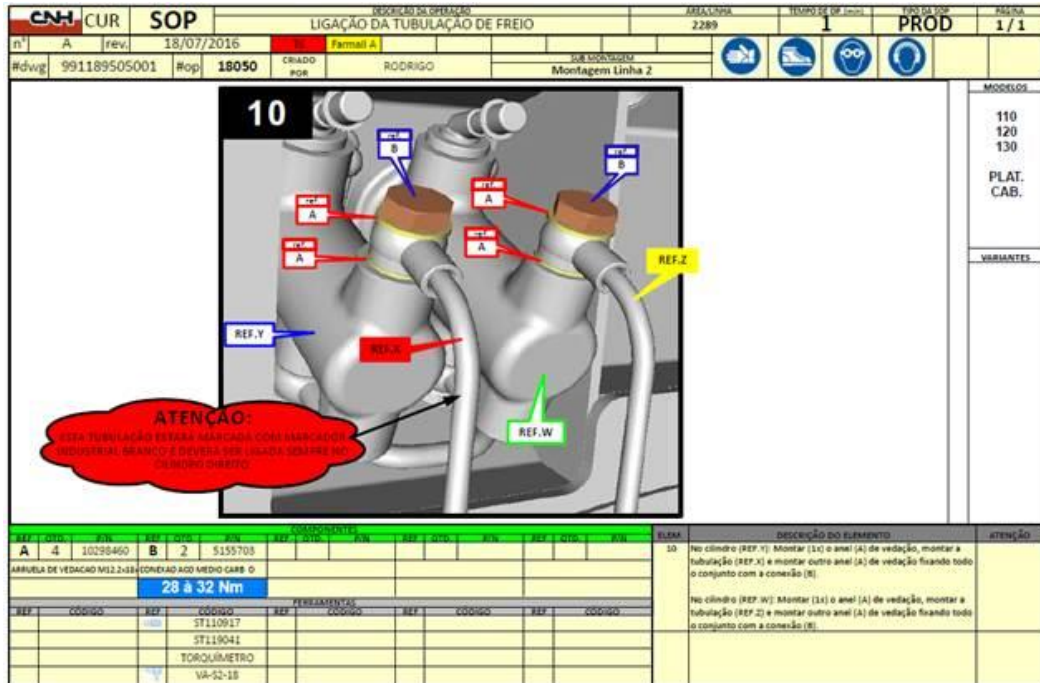


Figura 41 – Processo de montagem da tubulação de freio  
 Fonte: Cortesia CNH industrial

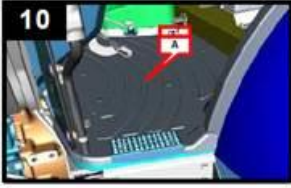
4.1.10 Junta flexível: Montagem do tapete

Finalmente, na figura 42 é apresentado o processo de montagem do tapete, caracterizado como um aperto de parafusos em uma junta flexível. A engenharia de processo, para o aperto desta borracha, especificou um torque entre 8,9 Nm e 11,6 Nm. Para esta operação é usada uma apertadeira elétrica a bateria, pois para torques baixos e juntas bem flexíveis a mesma apresenta uma maior confiabilidade de torque.

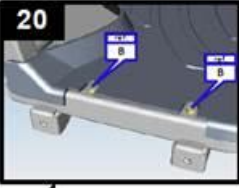


CNH CUR		SOP		DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO		APLICAÇÃO		TIPO DE OPERAÇÃO		FOLHA	
				MTG DO TAPETE (PLATAFORMADOS)		2289		I		PROD 1 / 1	
n°	A	rev.	30/05/2016	criado por	Farmat A						
#dvwg	922189325002	#op	25130	criado por	RODRIGO	MONTAGENS Montagem Linha 2					


  



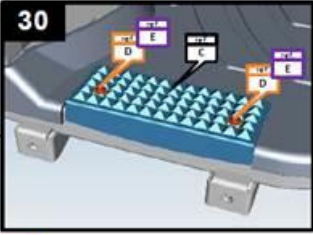
**10**



**20**



**ATENÇÃO:**  
REPETIR ESTAS MONTAGENS PARA O LADO DIREITO DA PLATAFORMA.



**30**

Figura 42 – Processo de montagem do tapete  
Fonte: Cortesia CNH industrial

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na indústria, fala-se muito em redução de custos e produtos de qualidade. Para atingir estes objetivos, escolher a ferramenta adequada para o processo de montagem de um produto é fundamental. As apertadeiras são ferramentas essenciais neste processo, seja pela sua ampla aplicação, seja pela sua versatilidade. Além de dominar as diferentes soluções tecnológicas usadas na fabricação das apertadeiras, a análise de qual o tipo de junta, de parafuso e de porca a serem apertados torna-se fundamental para se obter bons resultados.

A quantidade de retrabalhos que são feitos devido a vazamentos, parafusos que não receberam o torque necessário, são tão corriqueiros, que grande parte poderia ser evitado escolhendo a ferramenta certa para o aperto. Numa linha de montagem de tratores foram analisados alguns processos de montagem e dentre eles foram identificados ferramentas inadequadas para algumas das operações e sugerido a mudança da ferramenta, procurando assim solucionar os problemas de torque nas operações analisadas. E para casos em que se tem apertadeiras muito pesadas, é utilizado balancim para que o operador não tenha problemas de ergonomia.

Existe uma vasta variedade de modelos e tipos de apertadeiras e entender o seu funcionamento facilita na hora de selecionar a melhor solução de torque para determinadas aplicações. Pois cada tipo de apertadeira se comporta de maneiras diferentes em relação às juntas rígidas ou flexíveis, as quais necessitam de ângulos diferentes para chegar ao torque desejado, conforme visto no capítulo 3.

Os ensaios apresentados mostram a relevância em se conhecer bem o funcionamento das ferramentas para uma determinada operação de trabalho. Em alguns ensaios foram analisados casos em que não estava sendo utilizado a apertadeira adequada para o tipo de junta ou demanda de torque. Neste caso foi sugerido a melhor opção de ferramenta, sempre com uma justificativa para a escolha. Em outros ensaios, a apertadeira utilizada mostrou-se adequada ao trabalho realizado. Nestes casos também procurou-se justificar a razão da correção da escolha.

Após realizar os ensaios foi possível elaborar uma tabela para servir de guia na hora de escolher uma ferramenta, levando em consideração o tipo de junta de aperto, a tolerância de torque e a faixa de torque.

**Tabela 6 – Tabela para a escolha da ferramenta adequada**

TIPO DE JUNTA	TOLERÂNCIA DE TORQUE	FAIXA DE TORQUE	APERTADEIRA ADEQUADA
Junta rígida	Baixa	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta rígida	Média	< 10 Nm	Elétrica a bateria
Junta rígida	Média	> 10 Nm e < 100 Nm	Rotativa / Hidropneumática com Shut off
Junta rígida	Alta	< 10 Nm	Rotativa
Junta rígida	Alta	>100 Nm e < 700 Nm	Hidropneumática com Shut off
Junta rígida	Qualquer Tolerância	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta Flexível	Baixa	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta Flexível	Média	< 10 Nm	Elétrica a bateria
Junta Flexível	Média	> 10 Nm e < 100 Nm	Rotativa / Hidropneumática sem Shut off
Junta Flexível	Alta	< 10 Nm	Elétrica a bateria
Junta Flexível	Alta	>100 Nm e < 700 Nm	Hidropneumática sem Shut off
Junta Flexível	Qualquer Tolerância	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta Semirrígida (Fixar uma peça na outra)	Baixa ou Média	> 10 Nm e < 100 Nm	Rotativa / Eletrônica c/ controlador
Junta Semirrígida (Fixar uma peça na outra)	Baixa ou Média	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta Semiflexível	Qualquer Tolerância	< 100 Nm	Rotativa / Eletrônica c/ controlador
Junta Semiflexível	Qualquer Tolerância	Qualquer faixa	Eletrônica c/ controlador
Junta Flexível (abraçadeiras)	Baixa	< 20 Nm	Elétrica a bateria / Rotativa

LEGENDA	
Tolerância de torque	Varição
Baixa	1%
Média	Até 5%
Alta	5 % até 15 %



Ainda existem outros tipos de apertadeiras e outros modelos que podem ser explorados, para trabalhos futuros:

- Apertadeiras eletropneumáticas, que são hidropneumáticas controladas por painel eletrônico;
- Apertadeiras eletrônicas controladas por painel sem cabo, podendo ser utilizada mais de uma apertadeira para um painel eletrônico;
- Apertadeiras rotativas tipo chave catraca a qual é feita para se ter acesso a apertos de tubos;
- Apertadeiras elétricas do tipo chave de impacto;
- Apertadeiras elétricas a bateria com capacidade para torques altos, onde é possível selecionar programas com torques pré-setados.

## REFERÊNCIAS

ATLAS COPCO. **Qualidade no aperto, 2016.**

Disponível em: <

[http://www.atlascopco.com/Images/Folheto%20Qualidade%20no%20Aperto\\_tcm55-3321358.pdf](http://www.atlascopco.com/Images/Folheto%20Qualidade%20no%20Aperto_tcm55-3321358.pdf) >. Acesso em: 11 Abr. 2016

ATLAS COPCO. **ServAidWeb-Spare parts.**

Disponível em: <

<http://servaidweb.atlascopco.com/ServAid/jsp/Frameset.jsp?action=initsearch&searchtype=sp&searchproductno=8431053488&searchtechnicaldate=&searchtechnicalupdateno=&pdftype> >. Acesso em: 10 mai. 2016

Carlos Alberto e Eduardo Pinto. **A influência da seleção de uma ferramenta correta na aplicação de torque na indústria automotiva.**

Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/Ricardara/explicao-sobre-torque-e-metodos-de-aperto> >. Acesso em: 20 mai. 2016

M.SHIMIZU. **Calibração – Bancada torciométrica.**

Disponível em: < <http://www.mshimizu.com.br/produtos.php?id=236&Bancada-torciometrica> >. Acesso em: 28 mai. 2016

PERFIL. **Óleo Lubrificação Perdida 22 Petronas Tutela LP 22.**

Disponível em: <

<https://www.pefil.com.br/lubrificantes/fl-brasil/industriais-fl-brasil/diversos-industriais-fl-brasil/oleo-lubrificacao-perdida-22-petronas-tutela-lp-22/> >. Acesso em: 13 Abr. 2016

PUMA DO BRASIL. **Saiba mais sobre as ferramentas pneumáticas.**

Disponível em: <

[http://www.pumacenter.com.br/Noticias/34\\_Saiba-mais-sobre-as-ferramentas-pneumaticas](http://www.pumacenter.com.br/Noticias/34_Saiba-mais-sobre-as-ferramentas-pneumaticas)> Acesso em: 07 Abr. 2016

Spark Energy LLC. **1895: The Year the Power Tool Was Born.**

Disponível em: < <https://www.sparkenergy.com/en/blog/archive/when-were-power-tools-invented/> >. Acesso em: 08 Abr. 2016

VALONA. **Tecnologia de aperto – guia de bolso, 2003.**

Disponível em: <

<http://www.valona.com.br/downloads/Tecnologiadeaperto.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2016

WESCO PRODUCTION TOOLS LTDA. **ULT Series Repair Manual.**

Disponível em: <

[http://www.wescoproductiontools.com/pdfs/manuals/uryu/ULT\\_Repair\\_Manual.pdf](http://www.wescoproductiontools.com/pdfs/manuals/uryu/ULT_Repair_Manual.pdf)

>. Acesso em: 18 Abr. 2016