

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**Resistência ao Duplo Cisalhamento de um
Parafuso 8.8 como Eixo em uma Lança de
Auxílio à Soldagem**

Análise, Cálculo Estrutural e Projeto Mecânico.

Vinicius Ramos Nunes de Oliveira

Pindamonhangaba - SP

2018

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**Resistência ao Duplo Cisalhamento de um
Parafuso 8.8 como Eixo em uma Lança de
Auxílio à Soldagem**

Análise, Cálculo Estrutural e Projeto Mecânico.

Vinicius Ramos Nunes de Oliveira

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação, no Curso Superior de
Tecnologia em Processos Metalúrgicos.

Área de Concentração: Mecânica e
Metalúrgica

Orientador: Prof. Ms. Marcelo Bergamini de
Carvalho

Pindamonhangaba - SP

2018

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**Resistência ao Duplo Cisalhamento de um
Parafuso 8.8 como Eixo em uma Lança de
Auxílio à Soldagem**

Análise, Cálculo Estrutural e Projeto Mecânico.

Vinícius Ramos Nunes de Oliveira

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação, no Curso Superior de
Tecnologia em Processos Metalúrgicos.

Prof. Ms. Marcelo Bergamini de Carvalho
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Sr. Edson Luis Rodolfo
W.R. Comercio e Manutenção de Eletroeletronicos

Prof. Amir Rivaroli Junior
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Pindamonhangaba, 29 de março de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que caminharam por esta estrada ao meu lado, dando-me forças e palavras de afeto e incentivo à conclusão deste trabalho e curso. Dedico também, em especial a minha noiva, Poliana Turino da Silva Monteiro que esteve ao meu lado me cobrando a responsabilidade de conclusão de curso dia após dia até o presente momento.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha família e amigos que estiveram comigo por todos esses anos me apoiando;

Ao meu orientador Prof. Ms. Marcelo Bergamini de Carvalho, a minha instituição Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba – FATEC, e

Agradeço também a Empresa WR Comercio e Manutenção de Eletroeletrônicos a qual me cedeu os materiais necessários e o total apoio para a realização deste trabalho.

“Uma longa viagem começa com um único passo”.

Lao Tsu

“Transportai um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha”.

Confúcio

“Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se você se conhece, mas não conhece o inimigo, para cada vitória ganha sofrerá também uma derrota. Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas”.

Sun Tzu

OLIVEIRA, V. R. N. **Resistência ao duplo cisalhamento em um Parafuso 8.8 como Eixo em uma Lança de Auxilia à Soldagem**. 2018. 35 p. Trabalho de Graduação (Curso de Processos Metalúrgicos). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba 2018.

RESUMO

Em um equipamento de auxílio a soldagem, foi aplicado um parafuso 8.8 como eixo, este mesmo sofre uma tensão perpendicular levando ao cisalhamento do material. Em um estudo de caso foi verificado as tensões limites para o material, deste modo indicando qual a medida do eixo ideal para o projeto. Este trabalho visou provar que um diâmetro reduzido seria mais do que suficiente para suportar as tensões aplicadas. Após cálculos estruturais para dimensionamento do parafuso eixo projetado para o equipamento. Portanto para um parafuso eixo ideal para este projeto, deve - se usar de um com diâmetro inferior ao aplicado (M16 com 16 mm de diâmetro) sendo o ideal, um parafuso de diâmetro 10,1 ou pela norma, um parafuso M10.o equipamento foi constatado que uma medida reduzida realmente era suficiente e depois dos ensaios mecânicos de tração e cisalhamento foi constatado que os corpos de prova aguentaram uma tensão superior à esperada, portanto sendo comprovado o super dimensionamento.

Palavras-chave: Parafuso. Ensaio de Tração. Eixo. Tensão.

OLIVEIRA, V.R.N. **Double Shear Resistance of a Screw 8.8 as Shaft in a Welding Aid Lance.** 2018. 35 p. Graduation Project (Metallurgical Process Course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba, 2018.

ABSTRACT

In a welding aid, a 8.8 bolt was applied as an axle, this one undergoes a perpendicular tension leading to the shear of the material. In a case study we checked the boundary stresses for the material, thus indicating which measure of the ideal axis for the design. This work aims to prove that a reduced diameter would be more than enough to withstand the applied stresses. After structural calculations for the equipment we verified that a reduced measurement was indeed sufficient and after the mechanical tensile and shear tests we found that the specimens withstand a higher than expected tension, therefore, the oversized shaft spindle designed for the equipment has been proven. Therefore in the screw axis ideal for the design really should be of a smaller diameter than the applied one, the same being a bolt of diameter 10,1 or by the norm, a bolt M10.

Keywords: Screw. Traction Test. Axis. Voltage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Prédio da empresa WR Comercio e Manutenção de Eletroeletrônicos.	12
Figura 2 - Equipamento. Lança de 4 metros.	13
Figura 3 - Representação de tensão normal.	13
Figura 4 - Representação de Tensão de Cisalhamento.	13
Figura 5 - Representação de Cisalhamento.	13
Figura 6 - Gráfico característico do Ensaio de Tração.	13
Figura 7 - Representação do Cisalhamento.	13
Figura 8 - Parafusos Sextavados de Classe 3 – 8.8.	13
Figura 9 - Parafusos Sextavados de Cabeça Sextavada.	13
Figura 10 - Molas.	13
Figura 11 - Exemplo de molas Robustas.	13
Figura 13 - Gráfico comparativo da Tração de 3 parafusos Usados.	13
Figura 14 - Gráfico comparativo da Tração de 3 parafusos Novos.	13
Figura 15 - Gráfico comparativo do cisalhamento de 3 parafusos Usados.	13
Figura 16 - Gráfico comparativo do cisalhamento de 3 parafusos Novos.	13

SUMÁRIO

1									
Introdução	.....								1
.....									1
2 Revisão									1
Bibliográfica	.....								2
2.1 A Empresa – WR Comercio e Manutenção de									1
Eletroeletrônicos	.....								2
2.2 O Equipamento – Lança de 4									1
Metros	.....								3
2.3									1
Tensões	.....								4
.....									1
2.3.1 Tensão									4
Normal	.....								1
2.3.2 Tensão de									5
Cisalhamento	.....							
2.4 Coeficientes de									1
Segurança	.....								6
2.5 Ensaio									1
Mecânicos	.....								6
2.5.1									de
Tração	.....								1
2.5.2									7
Cisalhamento	.....								de
2.6 Parafusos Sextavados de Classe 3									1
8.8	.....								9
2.7									2
Molas	.....								2
...									2
3		Metodologia		e		Coleta		de	2

Dados.....	4
4	3
Conclusão.....	1
.....	
Referências.....	3
.....	2

1 INTRODUÇÃO

O estudo e análise do ensaio mecânico do material é o método mais eficaz de se descobrir suas propriedades físicas assim como sua resistência a tração, fadiga e cisalhamento. Com esses procedimentos é possível verificar a perícia do cálculo estrutural realizado sobre um material de estudo.

Este projeto visa a verificação do cálculo estrutural em cima de um parafuso de classe 3 8.8 que foi utilizado como eixo em uma Lança de auxílio à soldagem, para provar que não existe a necessidade de um parafuso com grandes dimensões para suportar o esforço do braço de 4 metros de comprimento e do contrapeso que no caso é uma mola.

O objetivo deste trabalho é comprovar que um eixo de menor diâmetro seria o ideal para o equipamento e assim mostrar que em uma produção em larga escala haveria uma considerável redução de custo nos equipamentos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Empresa – WR Comercio e Manutenção de Eletroeletrônicos

A empresa, de característica familiar, WR Comercio e Manutenção de Eletroeletrônicos (Figura 1) possui uma área destinada a automação mecânica juntamente a uma área de projetos. Criada em 2012 vem crescendo no mercado com os projetos de equipamentos e automação mecânica, juntamente com a manutenção em maquinas de solda e eletrônica.

Figura 1 - Prédio da empresa WR Comercio e Manutenção de Eletroeletrônicos.



Fonte: O autor.

A microempresa veio crescendo ao passar dos anos e atingiu o grau de parceria e manutenção autorizada do Lincoln Electric, uma das mais conceituadas empresas de máquinas de solda e automação industrial do mercado mundial. Muitos dos projetos mecânicos realizados pela empresa envolvendo soldagem utilizam equipamentos Lincoln.

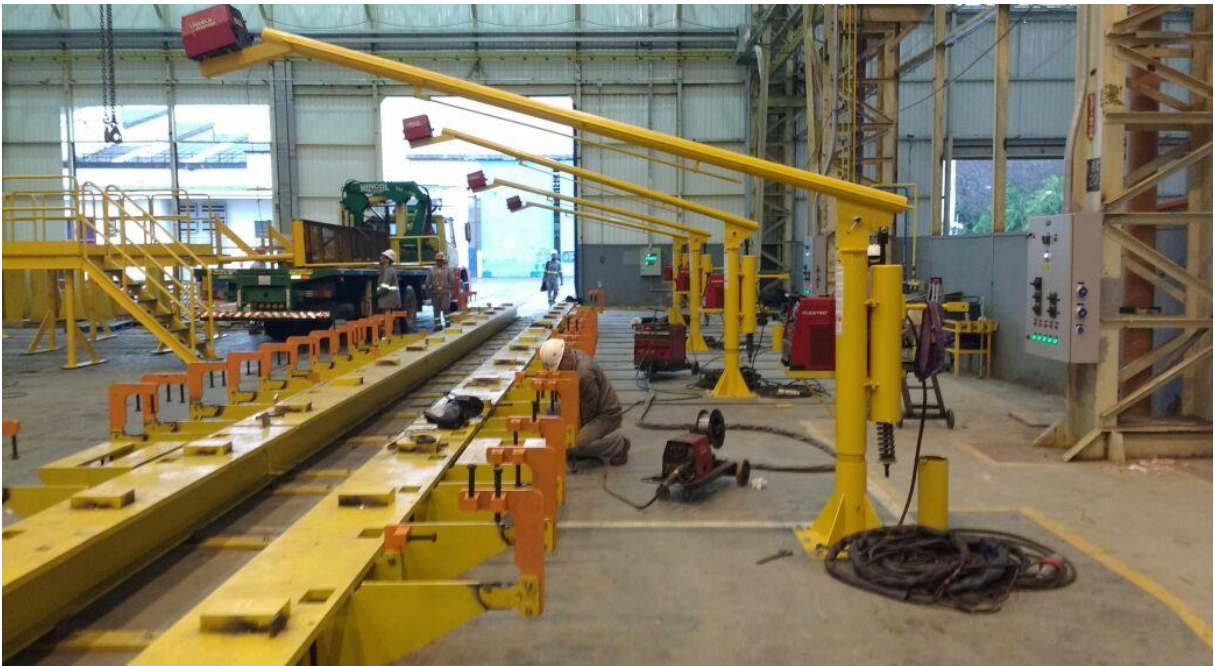
Tendo olhos visionários, a WR busca facilitar ou aprimorar os meios atuais de fabricação e soldagem assim desenvolvendo meios, técnicas e métodos para simplificar a produção desde colunas de soldagem até pórticos automáticos.

Hoje a empresa conta com dois prédios, sendo o Principal onde operam os escritórios e a manutenção eletrônica em maquinas de solda, e o galpão onde são realizados os serviços de fabricação, soldagem, montagem, pintura e acabamento nos equipamentos projetados e produzidos pela WR.

2.2. O Equipamento – Lança de 4 metros

O equipamento consiste de uma coluna de dois metros de altura fabricada em tubo de aço carbono e um braço de quatro metros (Figura 2) também fabricado em um tubo. O braço tem a função de carregar um cabeçote de solda em sua ponta, sendo assim necessário um contrapeso que é situado junto a coluna e feito por uma mola que se encarrega de gerar o contrapeso necessário para o equilíbrio do braço.

Figura 2 - Equipamento. Lança de 4 metros.



Fonte: O autor.

O Equipamento possui uma base metálica que deve ser chumbada ao chão, o que garante melhor equilíbrio e segurança no manuseio do equipamento. Trabalhando na vertical ele possui um painel de comando para que o operador possa realizar qualquer procedimento em segurança ficando assim fora da rota de ação o braço.

2.3. Tensões

Tem – se por tensão todo o resultado de uma força atuante sobre um ponto em uma determinada área dentro de um material. A tensão é calculada dentro do S.I. (Sistema Internacional de Medidas) logo a sua unidade de medida é a mesma utilizada pela pressão, o Pá (Pascal), uma vez que se calcula a Força P em N (Newtons) sobre uma Área A em m² (metros quadrados) e sabendo – se desses fatos temos que P sobre A é, em unidades, N sobre m² que por sua vez é igual a Pa (RODRIGUES, 2009)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

2.3.1. Tensão Normal

Forças axiais ou tensões normais (Figura 3) são tensões causadas pela ação de forças que estão diretamente perpendiculares ao eixo do material, ou seja, ao plano da seção transversal.

Figura 3 - Representação de tensão normal

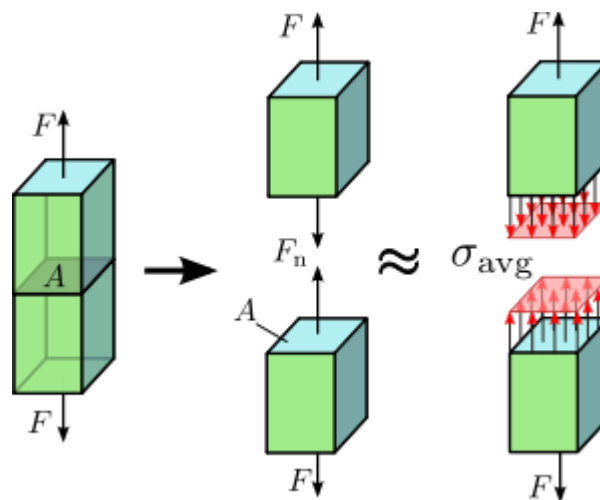


Imagem disponível em:
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_\(mec%C3%A2nica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_(mec%C3%A2nica))

2.3.2. Tensão de Cisalhamento

O Cisalhamento (Figura 5) pode ser traduzido como corte, ou seja, a tensão de cisalhamento é uma tensão que tende a cortar. O cisalhamento ocorre principalmente em parafusos, pinos, rebites quem tendem a serem puxados por tração das peças que fazem à junta (ESSEL ENGENHARIA, 2016).

Figura 4 - Representação de Tensão de Cisalhamento.

Tensões de Cisalhamento

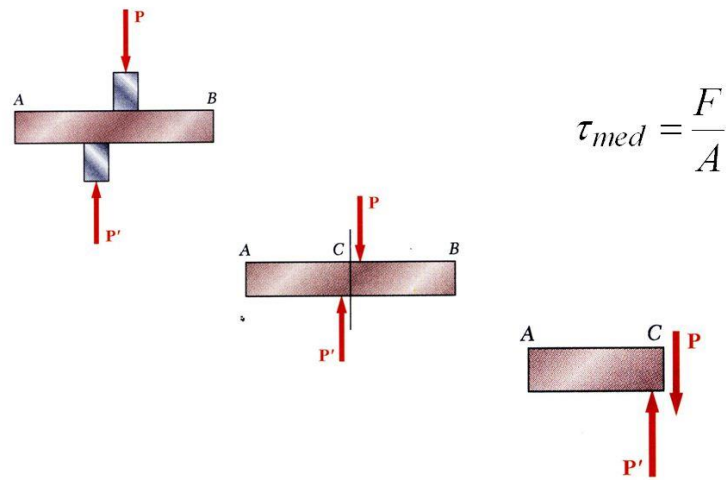
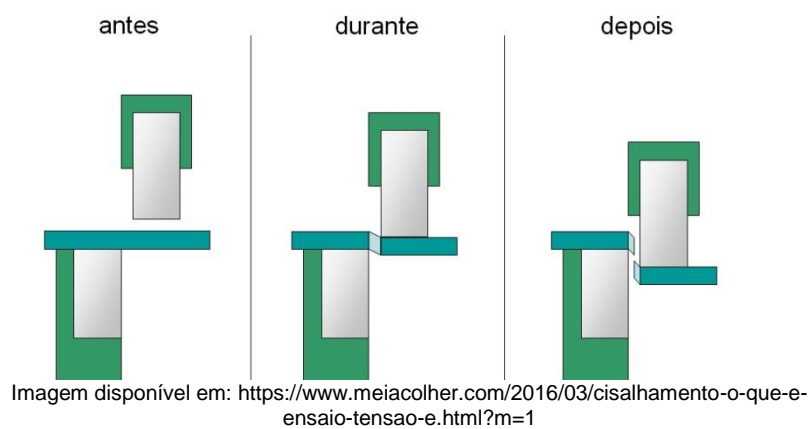


Imagem disponível em: <https://www.meiacolher.com/2016/03/cisalhamento-o-que-e-ensaio-tensao-e.html?m=1>

Figura 5 - Representação de Cisalhamento



2.4. Coeficiente de Segurança

O Coeficiente de Segurança ou Fator de Segurança ou, em alguns locais, Fator de Engenharia, é uma ferramenta de cálculo muito utilizada para a projeção e construção de estruturas e máquinas. O valor do Coeficiente de Segurança é dado pela relação entre a tensão limite e a tensão admissível, geralmente resultando um valor maior que um a fim de evitar a probabilidade de falha (RODRIGUES, 2009). Assim se segue a seguinte razão:

$$C.S = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{adm}}$$

A aplicação Coeficiente de Segurança representa o juízo e a responsabilidade técnica da equipe envolvida durante o processo e projeto do equipamento ou estrutura, assim como também é o carro chefe para suprir todas as incertezas do modelo teórico.

2.5. Ensaio Mecânicos

Quando se pensa em projetos mecânicos ou projetos de engenharia não se pode deixar de pensar em qual material utilizar, qual o melhor para atender a demanda do mercado ou as exigências de um cliente. Ensaio mecânicos são ensaios, testes feitos sobre os materiais para verificar se os mesmos suportam certos tipos de esforços sobre eles. Estes esforços podem ser de tração, compressão, dobramento, flexão, torção, fadiga, impacto e outros todos acarretando, aos materiais, tensões características de cada um (SOUZA, 1982; ZOLIN, 2010; GARCIA; SPIM; SANTOS, 2012).

Os ensaios mecânicos são diferentes dos ensaios de fabricação, pois estes visam apenas verificar se o produto foi fabricado sengo as especificações. Ensaio mecânicos devem ser feitos para provar ou apenas verificar se tal material, peça ou equipamento ira resistir a sua finalidade.

É necessário verificar cada característica de cada material utilizado em um projeto, cada função. Essas características, funções são denominadas propriedades dos materiais, e essas propriedades são determinada pelos ensaios mecânicos. Como

descobrir de o eixo de uma máquina que será tracionado vai resistir sem romper? Fabrica-se um corpo de prova com as características físicas idênticas a do eixo isso incluído material de tração e se faz um teste, um ensaio de tração utilizando à carga igual ou superior a aplicada no eixo real.

Dentre as propriedades mecânicas existentes e importantes para um bom projeto ou desenvolvimento mecânico podemos citar as de resistência: representada por tensões, definidas em condições particulares, Elasticidade: propriedade do material segundo a qual a deformação que ocorre em função da aplicação de função desaparece quando a tensão é retirada, ou seja, o material retorna ao seu estado original, Plasticidade: ao contrário da Elasticidade, é a capacidade do material sofrer deformação permanente sem se romper, Resiliência: capacidade de absorção de energia dentro do regime ou limite elástico do material e Tenacidade: reflete a energia total necessária para provocar a fratura do material, desde sua condição de tensão nula (SOUZA, 1982; ZOLIN, 2010; GARCIA; SPIM; SANTOS, 2012).

Os ensaios mecânicos podem ser realizados visando um melhor projeto do equipamento, um melhor custo benefício, garantir uma funcionalidade correta e garantir a segurança de quem for operar o equipamento.

Dentre os ensaios mecânicos existem os chamados Ensaio Destrutivos, que são todos os ensaios que destroem, danificam ou inutilizam a peça a ser ensaiada, e os Ensaio não destrutivo que podem ser realizados em uma peça real sem necessidade de fabricar um corpo de prova, pois estes ensaios não causam danos para a peça.

Os ensaios destrutivos mais comuns são: Ensaio de Tração, Ensaio de Compressão, Ensaio de Dureza, Ensaio de Torção, Ensaio de Flexão, Ensaio de Fluência, Ensaio de Fadiga, Ensaio de Impacto e Ensaio de Tenacidade a Fratura.

2.5.1. Ensaio de Tração

Por ser o mais simples e o mais comum dentre os outros ensaios mecânicos destrutivos utilizados na indústria mecânica e metalúrgica, o ensaio de tração acaba se tornando o mais importante ensaio do mercado.

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma força em um corpo de prova, que resulta em uma deformação do material na direção do esforço, ou seja, o ensaio de tração consiste em submeter um corpo a um esforço que o alonga ou estica até o

momento de ruptura. Durante o ensaio os dados como força ou tensão são regulados na própria máquina e as deformações são medidas geralmente pelo Extensômetro (ZOLIN, 2010).

Figura 6 - Gráfico característico do Ensaio de Tração.

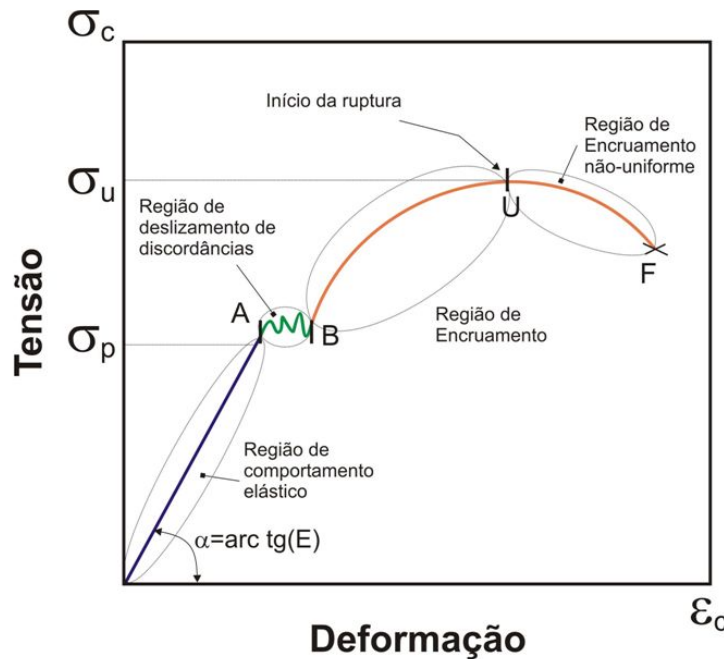


Imagem disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/369988/>

Devido a dificuldade de fazer com que a carga sobre o material cresça lentamente, é possível determinar satisfatoriamente a resistência do material, e ainda afirmar que praticamente as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas por todo o corpo, pelo menos até atingir uma carga máxima próxima ao fim do ensaio o que permite obter com precisão as medições da variação dessa deformação em função da tensão (GARCIA, 2007; RODRIGUES, 2009).

A máquina que realiza o ensaio de tração gera uma curva tensão-deformação que é analisada para verificar o andamento e desenvolvimento do corpo de prova representando o comportamento da peça original.

2.5.2. Ensaio de Cisalhamento

O ensaio de Cisalhamento consiste em analisar a resistência que um material

tem ao sofre uma tensão perpendicular ao seu corpo. O ensaio de cisalhamento normalmente é realizado sobre pinos, rebite, barras, chapas, cordões de solda e, assim como é o caso deste estudo, em parafusos já que o ideal é que o ensaio seja realizado sobre um produto final, pois a forma final do produto influencia a sua resistência ao cisalhamento (SOUZA, 1982; ZOLIN, 2010; GARCIA; SPIM; SANTOS, 2012).

Não existem normas para o ensaio de cisalhamento, por tanto algumas empresas desenvolvem suas próprias normas. Já os parâmetros utilizados para o cisalhamento são os mesmos para os ensaios de tração e compressão.

O ensaio é realizado em uma máquina universal de ensaios com a acoplagem de um equipamento suporte para cisalhamento como está representado na Figura 7.

Figura 7 - Representação do Cisalhamento.

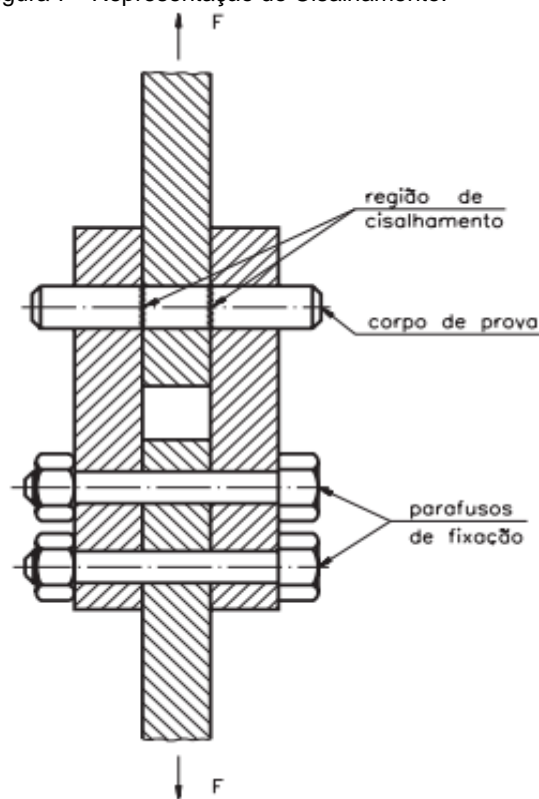


Imagem disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/01/EnsaioMateriais/ensa07.pdf>.

2.6. Parafusos Sextavados de Classe 3 – 8.8

De modo geral parafusos (Figura 8) são elementos de fixação temporária, ou seja, quando necessário pode ser movido por aperto ou desaperto. Existem vários

tipos e modelos de parafusos desde os mais básicos utilizados em estruturas que sofrem baixo esforço, até parafusos mais profissionais utilizados em estruturas que sofrem grande esforço (TORK FORT, 2010).

Figura 8 - Parafusos Sextavados de Classe 3 – 8.8.



Imagem Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/g/m42-hex-nut.html>

Segundo alguns autores, os parafusos foram inventados em torno do ano 400 a.C. por *Archytas de Tarentum* que utilizava em uma espécie de prensa para produção de óleo de oliva e vinho, mais tarde em 250 a.C. Arquimedes desenvolveu uma estrutura roscada para elevação de água e também há evidência que mais tarde os Romanos usaram os mesmos princípios na mineração além de que em 79 a.C. foram deixadas evidências de componentes cirúrgicos parafusados (REVISTA DO PARAFUSO, 2016).

Foi apenas no século XV que surgiu o primeiro documento impresso sobre parafusos e por volta de 1400 surgiram, na Europa, os primeiros parafusos de metal. Entretanto apenas cerca de 400 anos depois no século XIX que os parafusos se tornaram usuais em grande escala, graças a *Jesse Ramsden* que criou a primeira máquina que cortava a peça da qual saíria o parafuso e em 1776 os irmãos *Job* e *William Wyatt* criaram a primeira fábrica de produção em massa de parafusos (REVISTA DO PARAFUSO, 2016).

Dentre os tipos e modelos de parafusos temos os de Cabeça Chata, Redonda, Cilíndrica Boleada e Escareada Boleada todos do tipo fenda, estes são parafusos

normalmente fabricados em latão, cobre, aço ou aço inoxidável e são utilizados em estruturas que não sofrem muito esforço, tensão ou estresse. Existem ainda os parafusos de aço carbono (baixo, médio ou alto) termicamente tratados ou não que são utilizados em estruturas de alto esforço, estes parafusos são chamados pela mecânica de sextavados e podem ser de três tipos, Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno (Allen), Sem Cabeça com Sextavado Interno (Prisioneiro) e o foco desta linha de pesquisa, o de Cabeça Sextavada (Figura 9) (ABDALLA *et al.*, 2006; RIBEIRO, 2009; MET@LICA, [20-?]).

Figura 9 - Parafusos Sextavados de Cabeça Sextavada.



Imagem Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/g/m42-hex-nut.html>

Os parafusos Sextavados possuem especificações diferenciadas entre si, existem classes que determinam sua aplicação diante de uma situação de tensão. As classes para parafusos de rosca métrica são nomeadas 4.8, 5.8, 6.8, 8.8, 9.8, 10.9 e 12.9 respectivamente e esta numeração indica a Resistência a Tração Nominal e o Valor de Resistência ao Escoamento (ESSEL ENGENHARIA, 2016).

Tomando por exemplo um parafuso Sextavado de Classe 8.8 que é o utilizado nesta pesquisa temos que, o primeiro número (8) multiplicado por 100 é igual a Resistência a Tração Nominal em MPa e o segundo número (0,8) multiplicado pela Resistência a Tração é igual a Resistência ao Escoamento em MPa. Portanto temos que um parafuso de classe 8.8 (Figura 9) possui Resistência a Tração igual a 800 MPa e Resistência ao Escoamento igual a 640 MPa, o mesmo se aplica as demais classes como um 12.9 teria Resistência a Tração igual a 1200 MPa e Resistência ao

Escoamento igual a 1080 Mpa (GARCIA, 2007).

Os parafusos de classe de 4.8, 5.8 e 6.8 a 3 não possuem tratamento térmico e são fabricados em aço baixo ou médio carbono possuindo uma dureza HRB que varia de 82 a 99,5, já os parafusos de classe 8.8, 9.8, 10.9 e 12.9 são temperados e revenidos assim possuindo tratamento térmico e uma dureza HRC de 22 a 44 fabricados em aço médio carbono.

2.7. Molas

Molas (Figura 10) são elementos de máquinas que apresentam grande deformação sem que o material ultrapasse o limite elástico. São comumente utilizadas para Armazenamento de Carga, Amortecimento de Choques e Controle de Movimento. As molas normalmente são fabricas em Aço Carbono ou Aço liga e são normalmente submetidas a esforços de tração, compressão, flexão e torção (MELCONIAN, 2009).

Figura 10 - Molas.



Imagem Disponível em: <http://www.mixmolas.com.br/molas-pesadas/molas-para-peneira-vibratoria.php>

Existem no mercado vários tipos de molas e cada tipo com uma função a desempenhar, tais como as molas helicoidais que são utilizadas para esforços de tração e compressão, as molas prato que podem substituir as molas helicoidais em situações de pouco espaço, as molas laminas utilizadas para esforço de flexão e as molas de torção que são utilizadas para absorver uma carga P com uma pequena deformação (STOCK INDUSTRIAL, [20-?]).

As molas têm sua origem na Grécia antiga com o Engenheiro Ctezibius, século III a.C. que teve a ideia de enrolar Bronze elástico a fim de atualizar os mecanismos

das Catapultas, entretanto, sem obter sucesso. Cem anos se passaram e *Philon de Bizancio* aprimorou as ideias de *Ctesibius* com sucesso. Após muitos anos os romanos utilizaram molas em seus cadeados, em meados do século XIII *Villard de Honnecourt* desenvolveu uma serra a por mecanismos de mola, mas apenas no século XIX que a mola passou a ser produzida em larga escala perante o estouro da revolução industrial. Hoje as molas são empregadas nos mais diversos equipamentos e mecanismos, desde molas simplórias, pequenas e frágeis até molas robustas e enormes (Figura 11) (STOCK INDUSTRIAL, [20-?]).

Figura 11 - Exemplo de molas Robustas.

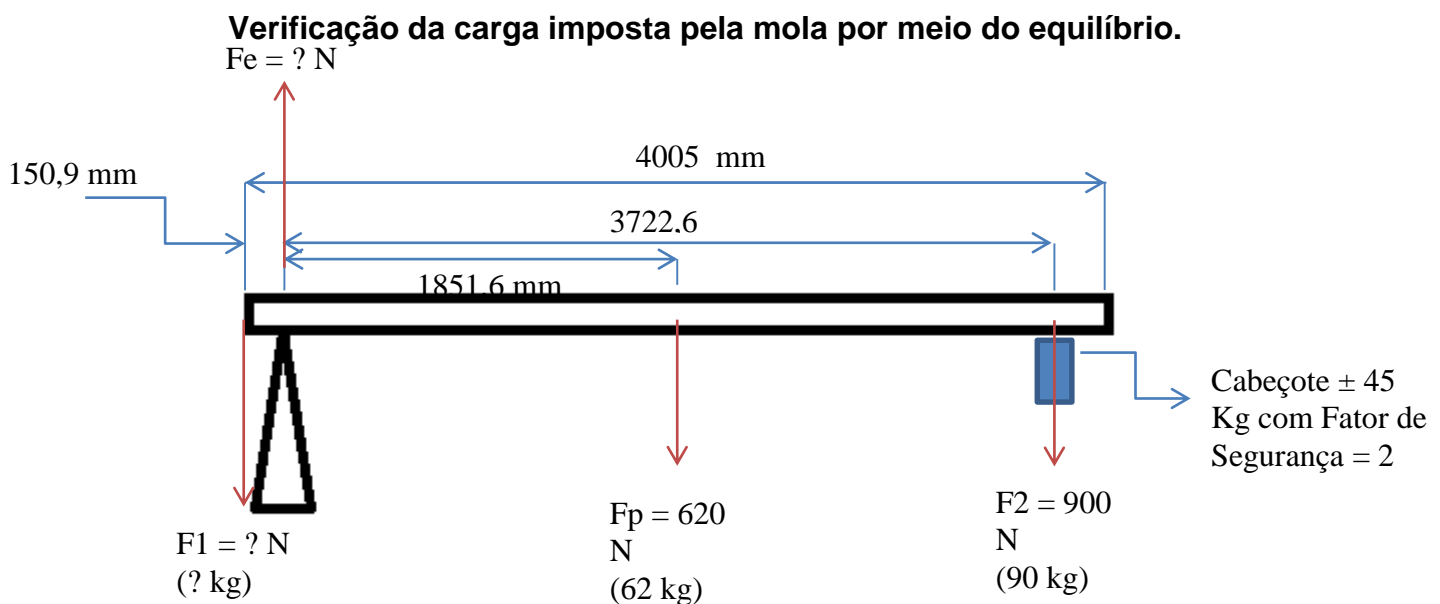


Imagem Disponível em: <http://www.mixmolas.com.br/molasesadas/molases-para-peneira-vibratoria.php>

3. METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

Metodologia

Por meio de cálculos estruturais foi definido a tensão causada pela mola para suportar o efeito de alavanca causado pelo braço de 4000 mm da lança com um cabeçote de solda em sua ponta pesando aproximadamente 45 kg. Após a definição da tensão da mola será definido o diâmetro do parafuso que deve ser usado como eixo no equipamento (GARCIA, 2007).



Seguindo a lei do equilíbrio, temos as seguintes anotações:

Para um corpo estar em pleno equilíbrio

$$\sum F = 0 \Rightarrow F_1 + F_p + F_2 - F_e = 0$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow -M_1 + M_p + M_2 = 0$$

(Momento em sentido anti-horário é negativo)

Com isso, substituindo os valores, temos:

$$F_1 + F_p + F_2 - F_e = 0$$

$$F_1 + 620\text{N} + 900\text{N} - F_e = 0$$

$$F_e = F_1 + 1520\text{N}$$

$$-M_1 + M_p + M_2 = 0$$

$$M_1 = M_p + M_2$$

Formula do Momento $M = F * D$ onde F = Força e D = distância do eixo.

$$M1 = Mp + M2$$

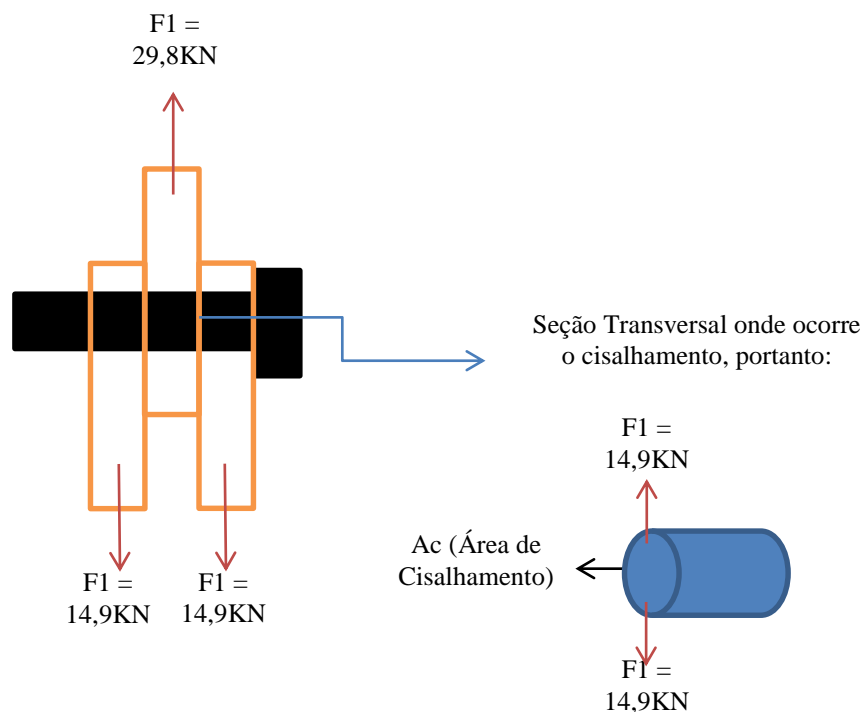
$$F1 * 0,15m = (900N * 3,7m) + (620N * 1,85m)$$

$$F1 = \frac{4477Nm}{0,15m}$$

$$F1 = 29846 N$$

Ou seja, a Mola faz uma força de contrapeso de 29,85 KN ou um peso de 2,98 Ton.

Verificação do Diâmetro mínimo do parafuso para suportar uma carga de 29,84KN



O parafuso utilizado é sextavado de classe 3 ou seja, 8.8 isso significa que sua resistência a tração é de 800 MPa e sua Resistencia ao Escoamento (S_y) é de 640 MPa e considerando Fator de Engenharia (FE) = 2. Como base nessas informações temos que:

Resistencia Máxima (ou limite) de Escoamento (S_{sy})

$$S_{sy} = 0,577 * S_y$$

Em outras palavras:

$$S_{sy} = 0,577 * 640MPa$$

$$S_{sy} = 369MPa$$

Adotando:

$$S_{sy} = \tau_l$$

Temos as seguintes operações:

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_l}{FE} = \frac{369}{2} = 184,5MPa$$

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{apl}}{A_c}$$

A área de cisalhamento se dá pela fórmula seguinte:

$$A_c = \frac{\pi}{4} * (d^2)$$

Com isso temos a evolução das fórmulas por substituição

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{apl}}{A_c}$$

$$\tau_l = \frac{\tau_{apl}}{\frac{\pi}{4} * (d^2)}$$

$$\frac{\pi}{4} * (d^2) = \frac{\tau_{apl}}{\tau_l}$$

$$d^2 = \frac{4 * \tau_{apl}}{\pi * \tau_l}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \tau_{apl}}{\pi * \tau_l}}$$

Substituindo os valores:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \tau_{apl}}{\pi * \tau_l}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 14,9 * 10^3}{\pi * 184,5 * 10^6}}$$

$$d = \sqrt{\frac{59600}{579623844,6}}$$

$$d = \sqrt{1,03 * 10^{-4}}$$

$$d = 0,0101m$$

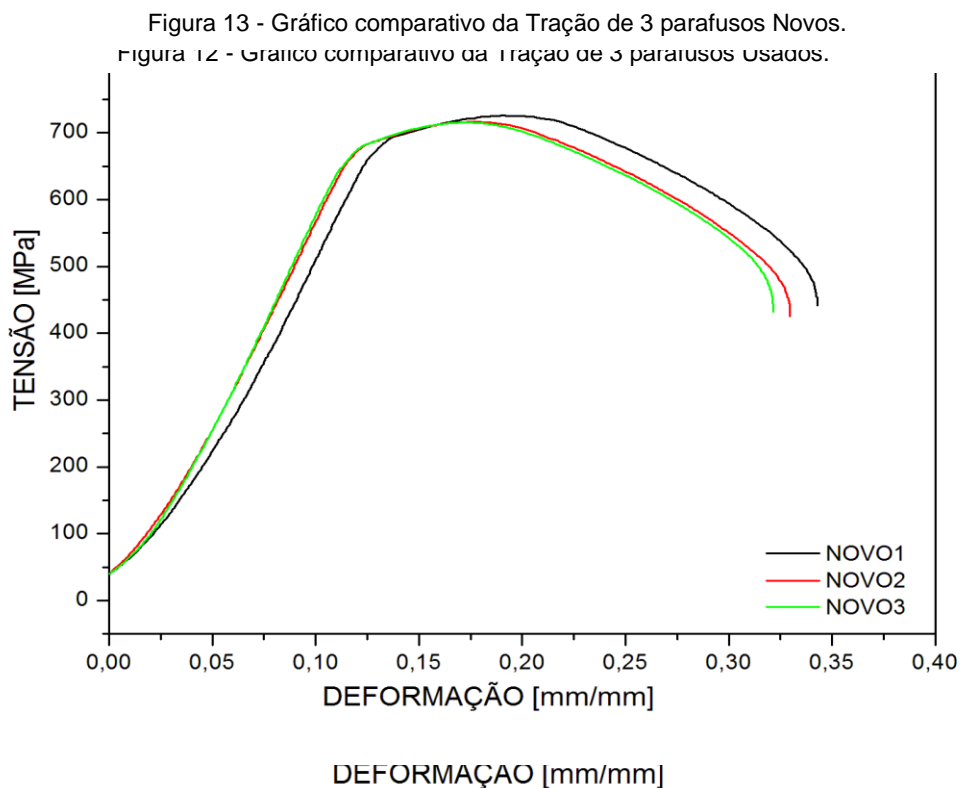
$$d = 10,1mm$$

Foram utilizados os cálculos e ensaios descritos anteriormente para definição do parafuso.

E também foi definida por meio de catálogo a mola utilizada

Como não existe um Parafuso de diâmetro 10,1mm no mercado, o mais próximo seria o de rosca 7/16" (Rosca Polegada), entretanto, é um parafuso de difícil localização e quando encontrado seu preço é alto quando comparado a outros parafusos. Portanto foi definido que um parafuso de rosca métrica M12 seria o suficiente.

Foi realizado junto a equipe técnica da FATEC Pindamonhangaba ensaios de tração e cisalhamento para comprovar a eficiência do Parafuso estudado no maquinário projetado. Primeiro foi realizado três ensaios de tração utilizando 3 parafusos nas condições de "usado", logo em seguida os ensaios foram repetidos utilizando 3 parafusos nas condições de "novo". Assim foram emitidas as curvas seguintes para comparação.

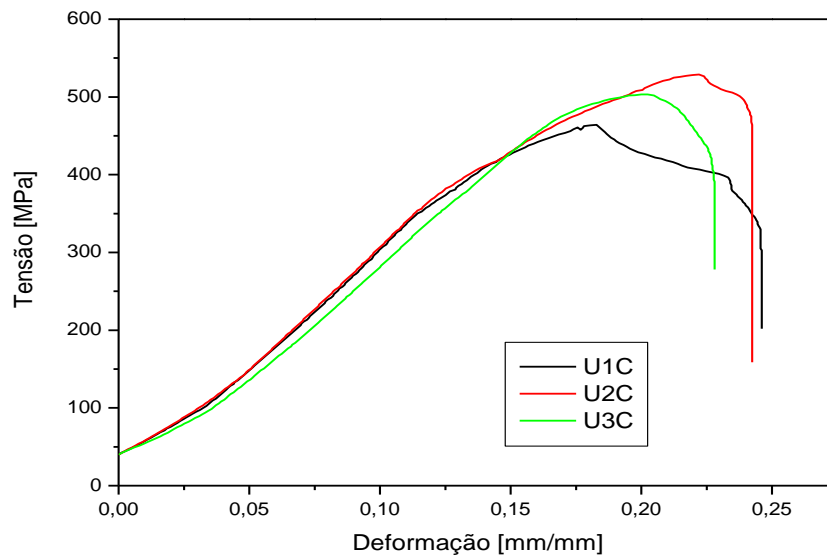


Fonte: O autor.

Fonte: O autor.

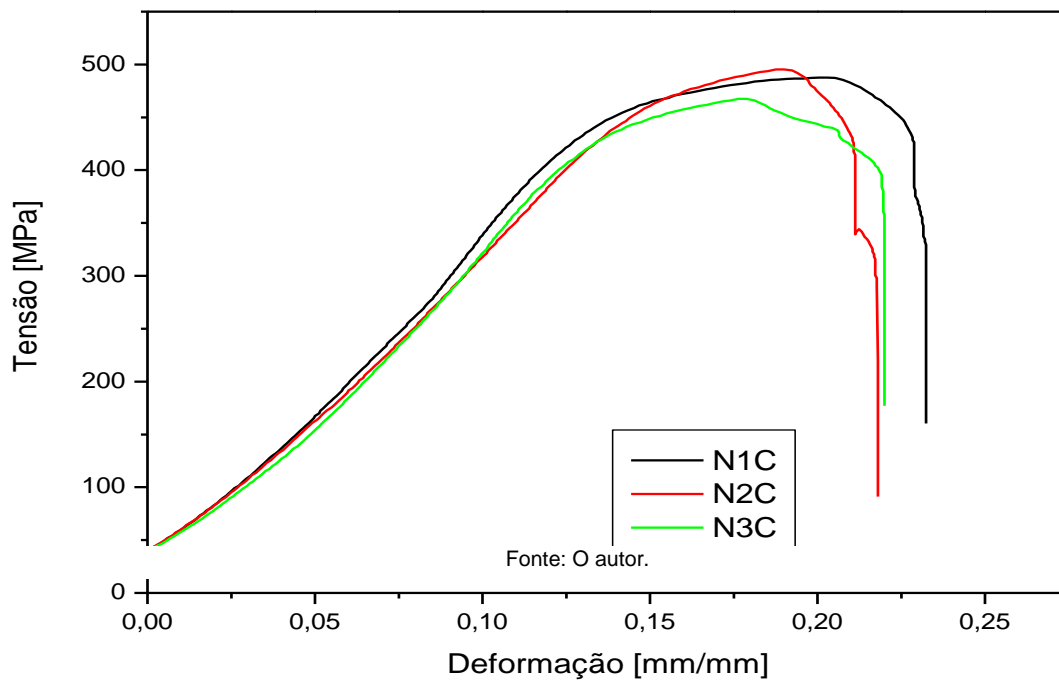
Em seguida utilizado um acessório junto a máquina KRATOS foi realizado novamente 3 ensaios de cisalhamento nos 3 parafusos em condições de “usado” e mais 3 ensaios nos parafusos em condições de “novo”. Assim gerando os seguintes gráficos para comparação.

Figura 14 - Gráfico comparativo do cisalhamento de 3 parafusos Usados.



Fonte: O autor.

Figura 15 - Gráfico comparativo do cisalhamento de 3 parafusos Novos.



Materiais

Os materiais utilizados como corpo de prova foram 12 parafusos M10 de classe 8.8, sendo 3 usados e 3 novos sendo titulados da seguinte maneira:

- Usado 1 (U1)
- Usado 2 (U2)
- Usado 3 (U3)
- Novo 1 (N1)
- Novo 2 (N2)
- Novo 3 (N3)

O equipamento utilizado para o trabalho foi a máquina KRATOS, do laboratório de ensaios mecânicos na FATEC Pindamonhangaba.

Parafusos após ensaio de Tração

Figura 17 - Parafusos Usados.



Fonte: O autor

Figura 18 - Parafusos Novos.



Parafusos após ensaio de Cisalhamento

Figura 19 - Parafusos Usados.



Fonte: O autor.

Figura 20 - Parafusos Novos.



4. CONCLUSÃO

Ao fim deste trabalho, concluiu-se que por meio dos resultados e cálculos estruturais realizados, que o ideal seria um parafuso de 10,1 mm de diâmetro, sendo pela norma o parafuso mais próximo o M10. Comparado ao M16 superdimensionado utilizado no projeto original, o M10 é mais barato, ou seja, em uma larga produção haveria uma redução significativa de preço. O parafuso M10 atende perfeitamente todas as condições de tensão, sendo assim a melhor opção de uso.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. J.; HASHIMOTO, T. M.; PEREIRA, M. S.; ANAZAWA, R. M. Formação da Fase Bainítica em aços de Baixo Carbono. **Revista Brasileira de Aplicação de Vácuo**, v. 25, n. 3, p. 175 – 181, 2006.

ESSEL ENGENHARIA. Elementos de Máquinas. **Parafusos**. Essel Engenharia [online] 03 Oct 2016. Disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/01/ElementosMaquinas/08elem.pdf>. Acesso em 25 nov 2017.

ESSEL ENGENHARIA. Ensaio dos Materiais. **Ensaio de Cisalhamento**. 03 Oct 2016. Disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/01/EnsaioMateriais/ensa07.pdf>. Acesso em 15 dez 2017.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaaios dos Materiais**. 2 ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 2012.

GARCIA, R. Conceitos gerais sobre Torque e Processos de Torque / Parte 1. **Revista do Parafuso**. Artigo. Edição 7. 30/12/2007. [online]. Disponível em: <http://www.revistadoparafuso.com.br/v1/modelo/noticia.php?id=218>. Acesso em: 23 nov 2017.

MELCONIAN, S. **Elementos de Maquinas**. 9 ed. São Paulo: Érica, 2009.

MET@LICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Parafusos: Definição e Tipos**. Portal Metalica. Artigos Técnicos. [online], [20-?]. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/artigos-tecnicos/parafusos>. Acesso em: 25 nov 2017.

REVISTA DO PARAFUSO. Como surgiu o parafuso. **Revista do Parafuso**. História. Edição 1, 30/12/2016. [online]. Disponível em: <http://www.revistadoparafuso.com.br/v1/modelo/noticia.php?id=298>. Acesso em: 20 nov 2017.

RIBEIRO, A. V. **Parafuso Sextavado**. Blog Prof. Allan Victor Ribeiro [online]. Feira de Santana, Bahia, Brazil. 2009. Disponível em: <http://profallanvictor.blogspot.com/2009/10/parafuso-sextavado.html>. Acesso em: 25 nov 2017.

RODRIGUES, L. E. M. J. **Aula 3 - Tensão Admissível, Fator de Segurança e Projeto de Acoplamentos Simples**. ENG BRASIL. Teoria Mecânica. Resistência dos Materiais. Materiais de Apoio para as Aulas. [online] 2009. Disponível em: http://www.engbrasil.eng.br/index_arquivos/Page1207.htm. Acesso em: 27 nov 2017.

SOUZA, S. A. **Ensaaios Mecânicos em Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

STOCK INDUSTRIAL. **Mola História e Definição**. Stock Industrial. Home. [online]. [20-?]. Disponível em: <http://www.stockmolas.com.br/mola-historia-definicao>. Acesso em: 21 nov 2017.

TORK FORT. **Classe dos Parafusos**. Tork Fort Blog [online]. 2010. Disponível em: <http://www.torkfort.com.br/2010/12/classe-de-parafusos/>. Acesso em: 25 nov 2017.

ZOLIN, I. **Curso técnico em automação industrial: ensaios mecânicos e análises de falhas**.

3 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2010.

SITES VISITADOS

<http://www.mixmolas.com.br/molasesadas/molases-para-peneira-vibratoria.php>

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAghzQAC/rm-resistencia-dos-materiais-1-conceito-tens>

<https://www.meiacolher.com/2016/03/cisalhamento-o-que-e-ensaio-tensao-e.html?m=1>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_\(mec%C3%A2nica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_(mec%C3%A2nica))

<https://portuguese.alibaba.com/g/m42-hex-nut.html>

<https://portuguese.alibaba.com/g/m42-hex-nut.html>

<http://www.mixmolas.com.br/molasesadas/molases-para-peneira-vibratoria.php>

<https://slideplayer.com.br/slide/369988/>