



ESTUDO SOBRE ELASTICIDADE E PLASTICIDADE DOS PARAFUSOS DE CABEÇOTES AUTOMOTIVOS

ARTIGO ORIGINAL

PINHEIRO, Samuel Junio França ¹

PINHEIRO, Samuel Junio França. **Estudo sobre elasticidade e plasticidade dos parafusos de cabeçotes automotivos**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 06, Vol. 02, pp. 149-169. Junho de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>

RESUMO

Os parafusos devem manter as forças de aperto aplicadas, no entanto, após o torque e o ciclo de carga, ocorre um alongamento em sua estrutura. A eficiência de tal componente é vital para o perfeito ajuste e funcionamento do motor. Nesse trabalho, propõe-se um comparativo entre as deformações reais e as obtidas a partir da simulação computacional dos parafusos de cabeçote, retirados de motores a gasolina e a diesel. Os parafusos usados no experimento serão de cabeçotes de veículos de passeio e utilitário de quatro diferentes marcas: Pálio 1.6 16v, Marea 2.0, Zafira 2.0 e Pajero 2.8 Diesel.

Palavras-chave: Parafusos, tração, deformação, cálculos, cabeçote.

1. INTRODUÇÃO

O grego Archytas de Tarentum foi o responsável pelo desenvolvimento do parafuso por volta de 400 a.C. Na época, foi desenvolvido para ser utilizado em prensas para extração de azeite de olivas, bem como na produção de vinho. A história do parafuso,

¹ Técnico em Segurança do Trabalho.



em suas múltiplas versões, aponta que Arquimedes, por volta de 250 a.C, desenvolveu o princípio da rosca, utilizando-a para a construção de dispositivos para o transporte de água na irrigação. O primeiro documento impresso sobre parafusos consta em um livro do começo do século XV, porém os parafusos de metal só apareceram na Europa a partir do ano de 1400 e Johann Gutenberg incluiu estes componentes entre os fixadores de sua impressora (Revista Parafuso).

Nota-se que, ao longo da história, o parafuso foi sempre solução de infindáveis problemas, e, naturalmente, gerava outros, pois eram feitos por diferentes inventores e não havia normas e padrões. Em razão dessa necessidade criou-se as padronizações, obtendo, assim, resultados que tornaram a sua aplicação universal. Segundo Norton (2011), o parafuso presente em um projeto pode parecer um de seus aspectos menos interessante, mas é, na verdade, um dos mais fascinantes. Dessa forma, milhares de diferentes projetos de juntas são oferecidos pelos vendedores, que, por sua vez, são utilizadas em montagens complexas, como de um automóvel ou avião.

2. METODOLOGIA

O trabalho consiste na análise estrutural de amostras de parafusos retirados em cabeçote de motores à combustão análogo ao ciclo Otto e Diesel comparando com parafusos novos e analisando a deformação sofrida após o torque exigido pelo fabricante (SILVEIRA, 2008; FERNANDEZ, 2006; ARAÚJO, 2007). De posse dos parafusos, foi definida sua composição metálica baseando-se em suas propriedades mecânicas, medições e cálculos de esforços ao quais foram submetidos, e, após isso, serão aplicados os parâmetros obtidos para simulação computacional utilizando o software SolidWorks2019. Para a realização do experimento foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- Paquímetro;
- Software SolidWorks 2019;
- Máquina para ensaio de tração GUNT WP 300.20 TENSILE TEST;



- Fórmula da lei de Hooke para Deformação

A Lei de Hooke foi utilizada nos cálculos para determinar a força a partir da deformação. A lei determina a deformação sofrida por um corpo elástico através de uma força (LABURU; ALMEIDA, 1998; MASCIA, 2006). A fórmula utilizada corresponde à equação 1.

$$\delta = \frac{F.L_0}{A.E} \Rightarrow F = \frac{\delta.A.E}{L_0} \quad (1)$$

$$\delta = L_f - L_0 \quad (2)$$

Onde:

δ - alongamento da peça em [m]

F - carga nominal aplicada [N]

E - modulo de elasticidade [Pa]

A - área da secção transversal [m²]

L₀ - comprimento inicial da peça

L_f - comprimento final

Foram analisados os parafusos de cabeçote dos motores referentes aos seguintes carros, conforme consta tabela 1:

Tabela 1: Relação veículos/parafusos

Veículo	Quant. Parafusos
Fiat Marea 2.0 (1ºmotor)	2
Fiat Marea 2.0 (2ºmotor)	12
FIAT Palio 1.6	10



GM Zafira 2.0 10

MITSUBISHI Pajero 2.8 22
Diesel

Fonte: Autor (2020)

A fim de testar o experimento, foram feitas medições de todos os parafusos para saber o quanto o parafuso se alongou e após todas as medições terem sido feitas e anotadas, usou-se uma planilha e elaborou-se o gráfico com as comparações necessárias à compreensão acerca do o quão é importante saber a deformação do parafuso após o torque exercido. Depois fez-se uso do SolidWorks 2019 para comparar os resultados do experimento realizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parafusos de cabeçote para motores à combustão, em geral, possuem propriedades elásticas e de resistência bem específica. O parafuso possui uma resistência a tração inicial e um torque fornecido pré-determinado pelo fabricante gera uma tensão normal na área da cabeça do parafuso, e, essa tensão, deve-se à “pré-carga inicial” (assentamento da peça) e aos passos de aperto angular subsequentes indicados por cada fabricante.

3.1 PRÉ-CARGA

A pré-carga é o aperto definido pelo fabricante ou montadora efetuado utilizando-se um taquímetro para tencionar e assentar a tampa do cabeçote (processo de baixa complexidade necessitando apenas a regulação do taquímetro e sua correta utilização) (LA CAVA *et al*, 2000; SCHWONBACH *et al*, 2008)



3.2 APERTO ANGULAR

Este processo pode ser dimensionado para utilizar a capacidade máxima de resistência do parafuso, ou seja, o parafuso se deforma na região plástica sem que haja a falha do parafuso (COURTES *et al*, 2017; MONTEIRO, 2016). A composição química do parafuso de cabeçote possui alta “ductibilidade” (capacidade de se deformar antes da falha da estrutura). A fase de ângulo do aperto é a mais precisa e seu dimensionamento é feito para que ultrapasse o escoamento em 100% dos casos, e, por esse motivo, é extraído à máxima força e menores dimensões precisam ser considerados no cálculo. A consequência disso é que esse método permite que sejam utilizados parafusos menores para se ter a força esperada e manter a junta em funcionamento, conforme assinalado por Garcia (2008).

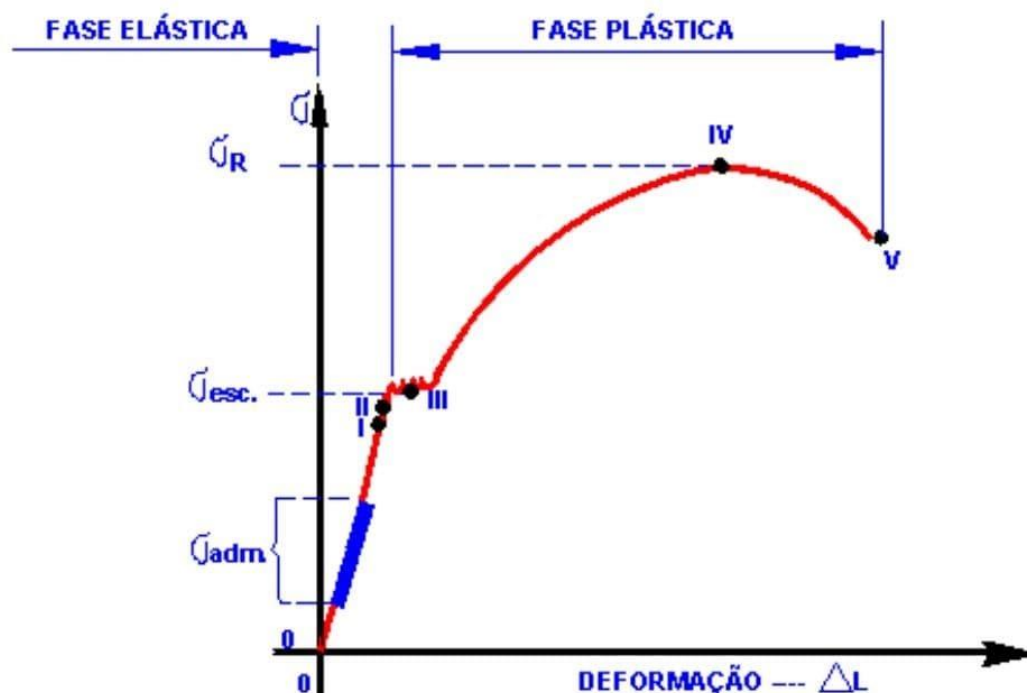
3.3 ANÁLISE

A análise realizou-se por meio da comparação de parafusos novos (medidas fornecidas pelo fabricante) e parafusos usados retirado de motores após manutenção. Foram realizadas medições com paquímetro sendo 14 amostras de parafuso de cabeçote do Fiat Marea 2.0, 22 amostras da Mitsubishi Pajero 2.8D, 10 amostras do Fiat Palio 1.6 e 10 amostras da GM Zafira 2.0. Observou-se que os parafusos usados possuíam comprimento diferentes dos parafusos novos. Buscou-se, então, saber a tensão aplicada em cada parafuso para gerar as deformações observadas. Obteve o deslocamento linear de cada parafuso e os dados de deslocamento linear de cada parafuso. Para este experimento foram utilizados como base o aço 4340 para as amostras dos carros Palio, Marea e Pajero, com a elasticidade de 210GPa.

Já para o carro Zafira foi utilizado como base o aço 6150 com a elasticidade de 190GPa. Detectou-se que o aço 4340, por exemplo, tem um limite de escoamento de 460MPa, que é o limite da sua tensão dentro da fase de deformação elástica. Caso a força aplicada ao parafuso exceda o limite de escoamento, ou seja, ultrapasse a força de 460MPa, o parafuso entra na fase de deformação plástica, não retornando mais ao seu formato original. Conforme gráfico da figura 1, o limite de escoamento do aço, ou

seja, os 460Mpa, estão representados no “ $\sigma_{esc.}$ ”, onde termina a fase elástica e começa a fase plástica. A tensão máxima suportada pelo corpo é representada pelo “ σ_R ” na fase plástica e, em seguida, no ponto “V”, que é o instante em que o corpo se rompe.

Figura 1: Gráfico de Tensão/ Deformação



Fonte: Disponível em: <http://grupomec.tripod.com/Material.htm>, 11-02-2020, 20h11min

Com base nos dados colhidos e nas fórmulas utilizadas, gerou-se as seguintes planilhas comparando as tensões normais aplicadas a cada parafuso e, conseqüentemente, gerando o deslocamento medido nos parafusos usados:

Tabela 2: Comparativos parafusos/Marea Lote 1 e 2

Parafusos de cabeçote do carro Marea 2.0 (1º lote)



Medida Inicial (254mm)	Alongamento Real (mm)	Alongamento software 2019 SolidWorks (mm)	Diferencial (%) Real vs SolidWorks
P1	257,10	261,56	1,71%
P2	256,90	261,07	1,60%
Parafusos de cabeçote do carro Marea 2.0 (2º lote)			
Medida Inicial (254mm)	Alongamento Real (mm)	Alongamento software 2019 SolidWorks (mm)	Diferencial Original/Software (%)
P1	255,50	257,66	0,84%
P2	255,50	257,66	0,84%
P3	255,15	256,80	0,64%
P4	255,50	257,66	0,84%
P5	255,75	258,27	0,98%
P6	255,50	257,66	0,84%
P7	255,05	256,56	0,59%
P8	255,10	256,68	0,62%
P9	255,10	256,68	0,62%
P10	255,75	258,27	0,98%
P11	255,50	257,66	0,84%
P12	255,50	257,66	0,84%

Fonte: Autor (2020)

Tabela 3: Comparativos parafusos/Pajero

Parafusos de cabeçote do carro Pajero 2.8			
Medida Inicial P1 à P4 (104mm)	Alongamento Real (mm)	Alongamento software 2019 SolidWorks (mm)	Diferencial Original/Software (%)



P5 à P8 (125mm)			
P9 à P22 (106mm)			
P1 Cabeça Lisa	104,80	104,93	0,12%
P2 Cabeça Lisa	104,71	104,83	0,11%
P3 Cabeça Lisa	104,65	104,76	0,11%
P4 Cabeça Lisa	104,85	104,99	0,13%
P5 Cabeça Estriada	125,55	126,00	0,36%
P6 Cabeça Estriada	126,35	127,74	1,09%
P7 Cabeça Estriada	125,95	126,72	0,61%
P8 Cabeça Estriada	126,10	127,00	0,71%
P9 Cabeça Estriada	106,10	106,87	0,72%
P10 Cabeça Estriada	106,10	106,87	0,72%
P11 Cabeça Estriada	106,10	106,87	0,72%
P12 Cabeça Estriada	107,30	108,92	1,49%
P13 Cabeça Estriada	106,10	106,87	0,72%
P14 Cabeça Estriada	106,90	108,24	1,24%
P15 Cabeça Estriada	105,55	105,93	0,36%
P16 Cabeça Estriada	105,55	105,93	0,36%
P17 Cabeça Estriada	106,45	107,47	0,95%
P18 Cabeça Estriada	105,90	106,53	0,59%



P19	Cabeça	106,85	108,15	1,20%
Estriada				
P19	Cabeça	106,10	106,87	0,72%
Estriada				
P20	Cabeça	106,80	108,07	1,18%
Estriada				
P21	Cabeça	106,30	107,21	0,85%
Estriada				
P22	Cabeça	109,59	110,35	0,69%
Estriada				

Fonte: Autor (2020)

Tabela 4: Comparativos parafusos/Zafira

Parafusos de cabeçote do carro Zafira 2.0			
Medida Inicial (136mm)	Alongamento Real (mm)	Alongamento software 2019 SolidWorks (mm)	Diferencial Original/Software (%)
P1	137,00	139,08	1,50%
P2	136,90	138,78	1,35%
P3	136,80	138,47	1,21%
P4	136,90	138,78	1,35%
P5	137,00	139,08	1,50%
P6	136,90	138,78	1,35%
P7	136,90	138,78	1,35%
P8	136,70	138,16	1,06%
P9	136,80	138,47	1,21%
P10	136,80	138,47	1,21%

Fonte: Autor (2020)



Tabela 5: Comparativos parafusos/Palio

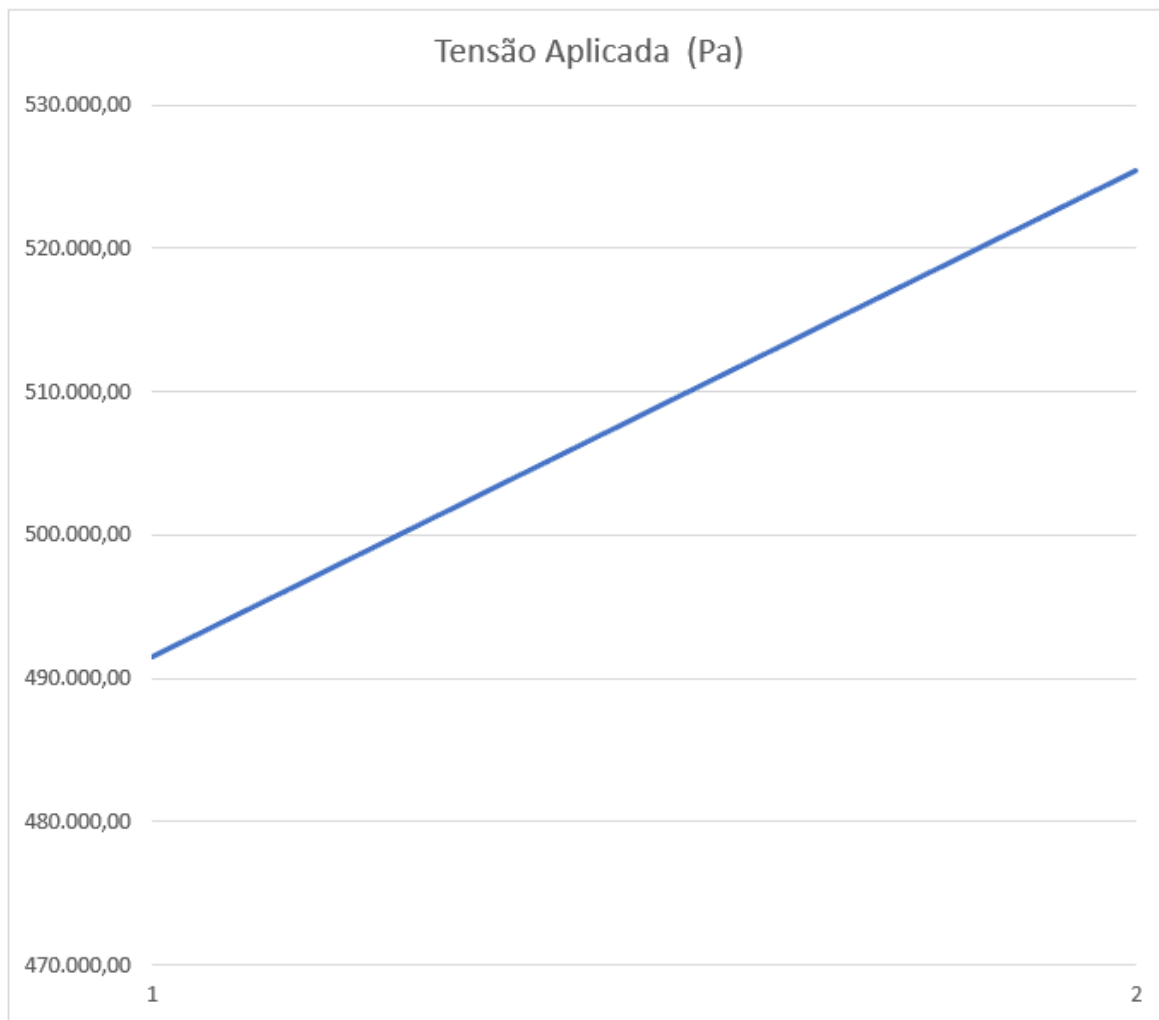
Parafusos de cabeçote do carro Palio 1.6			
Medida Inicial 100mm	Alongamento Real (mm)	Alongamento software 2019 SolidWorks (mm)	Diferencial Original/Software (%)
P1	100,99	101,16	0,17%
P2	100,99	101,16	0,17%
P3	100,75	100,87	0,12%
P4	100,75	100,87	0,12%
P5	100,99	101,16	0,17%
P6	100,99	101,16	0,17%
P7	101,00	101,17	0,17%
P8	101,00	101,17	0,17%
P9	100,99	101,16	0,17%
P10	100,99	101,16	0,17%

Fonte: Autor (2020)

No primeiro experimento feito nos parafusos do cabeçote do carro Marea foi encontrada uma tensão média de 508KPa ao qual os parafusos foram solicitados durante a aplicação do torque, ocorrendo, no parafuso, o deslocamento médio de 3mm. No gráfico 1, tem-se as tensões do primeiro experimento.



Gráfico 1: Parafusos de cabeçote Marea 2.0 (1º motor)



Fonte: Autor (2020)

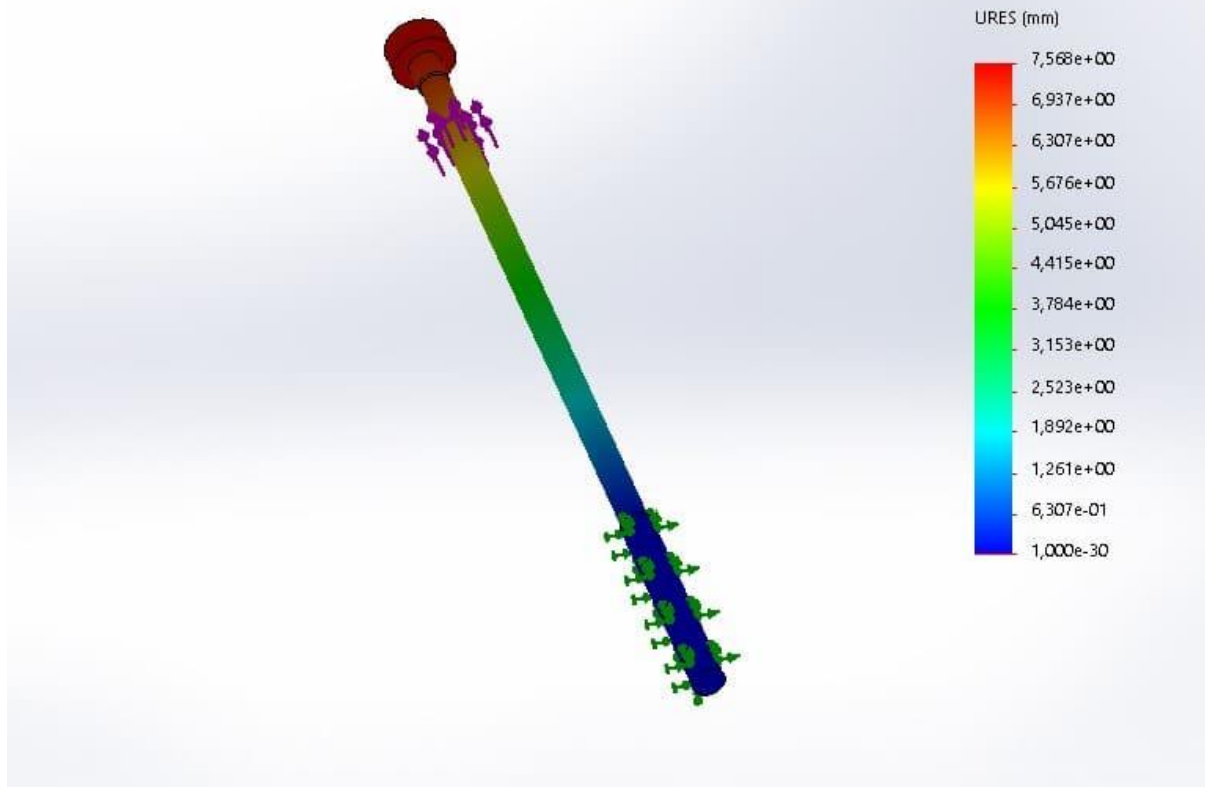
Figura 2: Parafuso Marea Tipo 1 SolidWorks 2019

Nome do modelo: parafuso marea 2.0-1

Nome do estudo: Análise estática 4(-Valor predeterminado-)

Tipo de plotagem: Deslocamento estático Deslocamento1

Escala de distorção: 3,47526

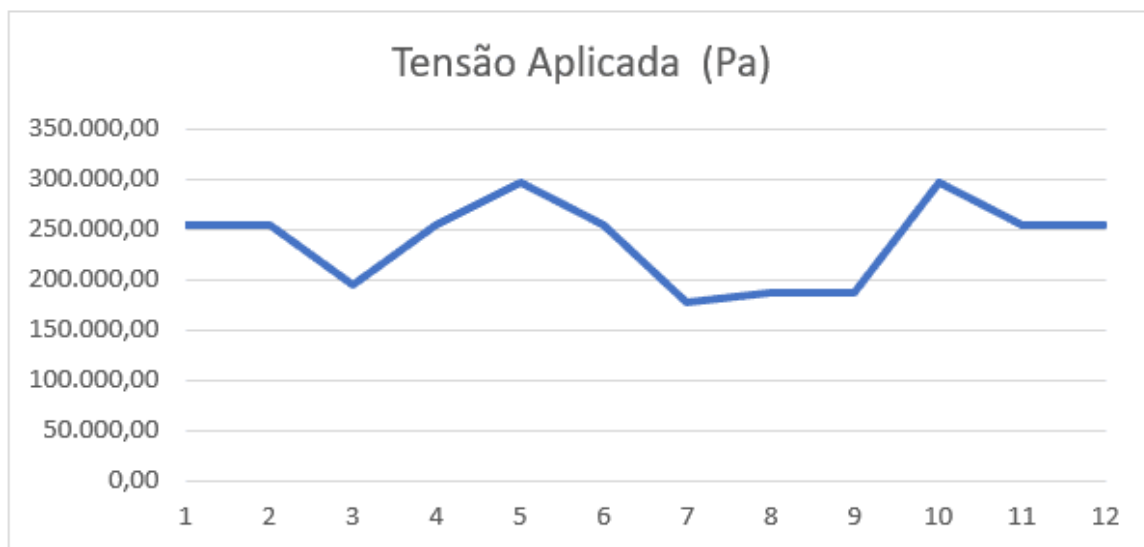


Fonte: Autor (2020)

No segundo experimento foi usado o mesmo modelo, porém a tensão encontrada foi 54,73% menor, comparada ao primeiro experimento, e, assim, a tensão média encontrada foi de 239KPa, ao qual os parafusos foram solicitados durante a aplicação do torque e, conseqüentemente, ocorreu, no parafuso, o deslocamento médio de 1,41mm. No gráfico 2 são representadas as tensões do segundo experimento.

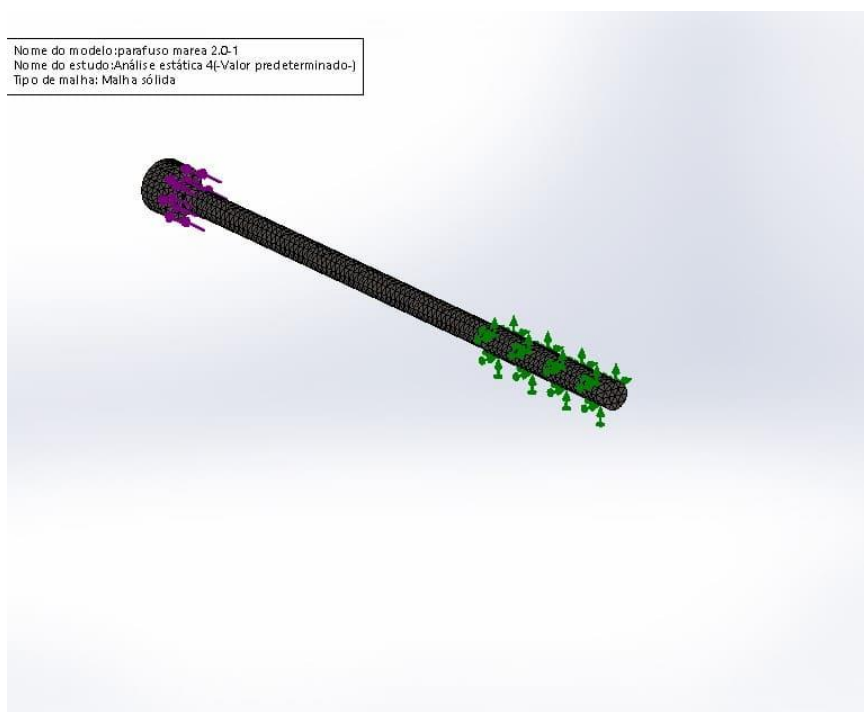


Gráfico 2: Parafusos de cabeçote Marea 2.0 (2º motor)



Fonte: Autor (2020)

Figura 3: Parafuso Marea Tipo 2 SolidWorks 2019

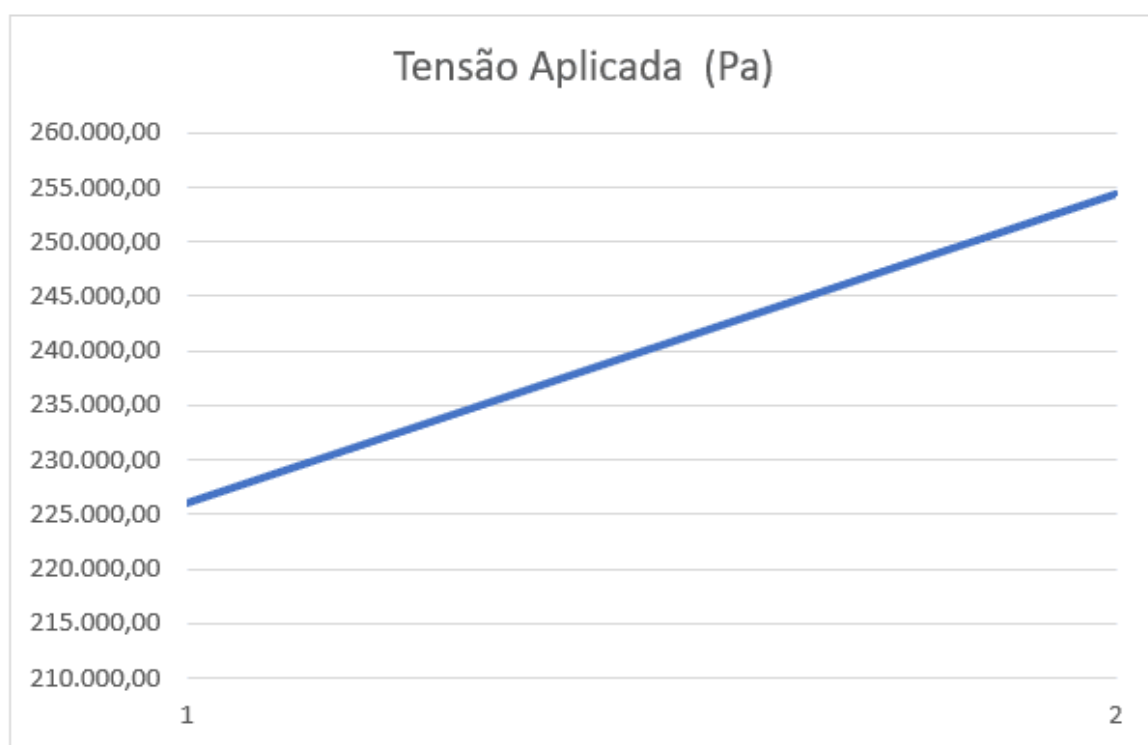


Fonte: Autor (2020)



No terceiro experimento o cabeçote utilizado foi do Pajero e nele encontrou-se 3 tipos de parafusos, e, assim, foram feitos 3 gráficos diferentes. A tensão média encontrada para o parafuso tipo 1 foi de 240KPa, conforme mostra o gráfico 3, sendo o deslocamento médio de 0,85 mm.

Gráfico 3: Parafusos de cabeçote Pajero 2.8 - Tipo 1



Fonte: Autor (2020)

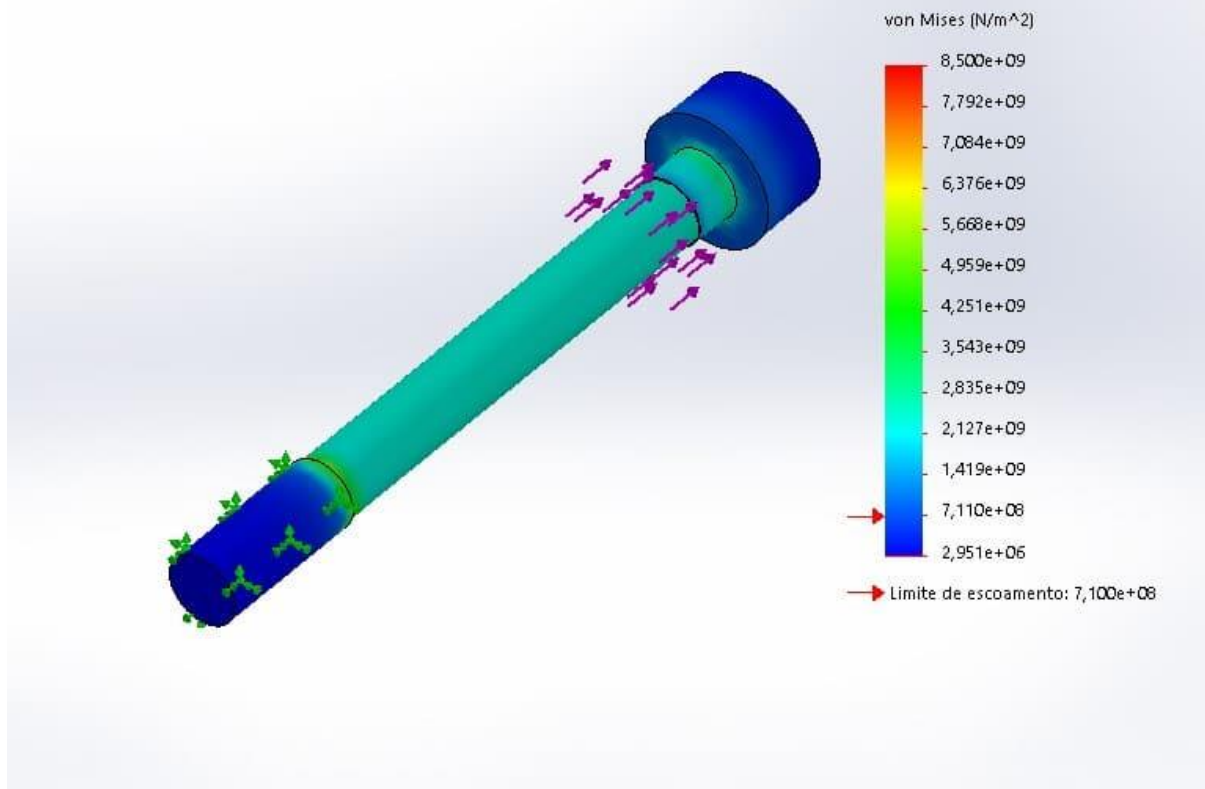
Figura 4: Parafuso Marea Tipo 1 SolidWorks 2019

Nome do modelo: Parafuso pajero 2.8 P9 a P22

Nome do estudo: Análise estática 2 (-Valor predeterminado-)

Tipo de plotagem: Análise estática tensão nodal Tensão1

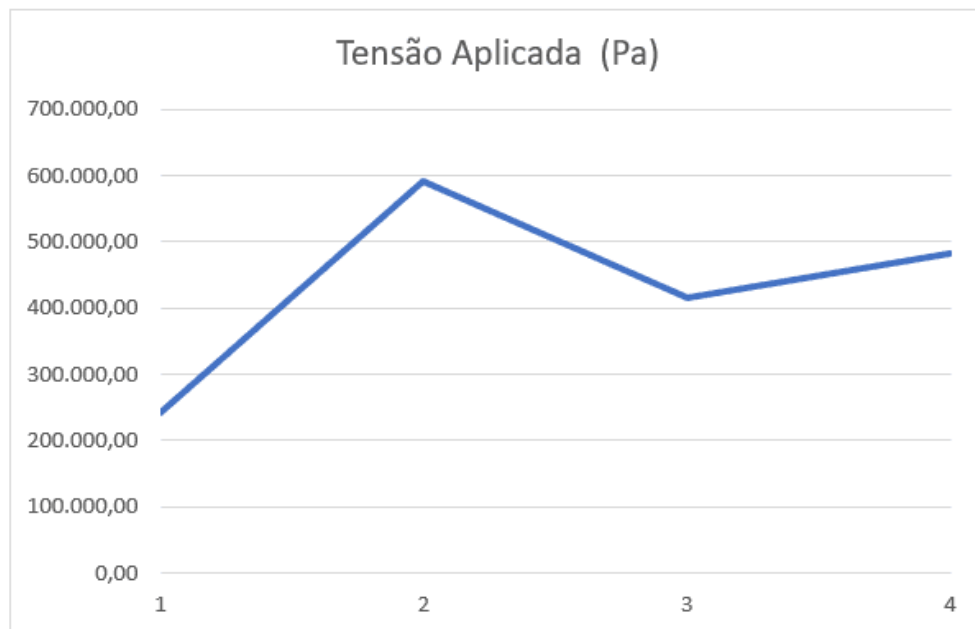
Escala de distorção: 11,9513



Fonte: Autor (2020)

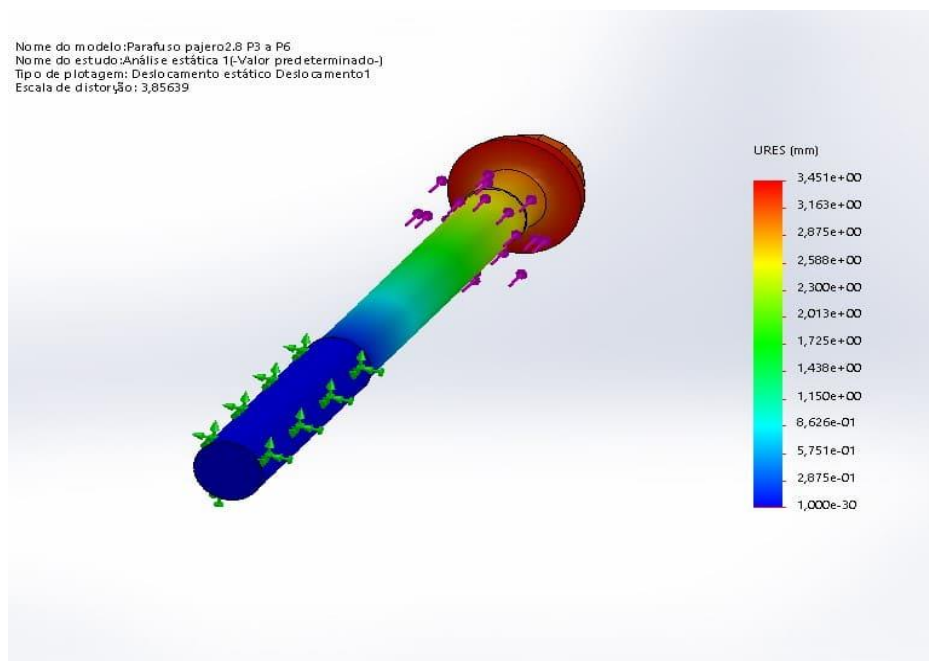
No parafuso tipo 2 do Pajero a tensão média encontrada foi de 433KPa. Essa média se dá conforme gráfico 4 e possui um deslocamento médio de 0,99 mm.

Gráfico 4: Parafusos de cabeçote Pajero 2.8 - Tipo 2



Fonte: Autor (2020)

Figura 5: Parafuso Pajero Tipo 2 - SolidWorks 2019



Fonte: Autor (2020)

RC: 51573

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>

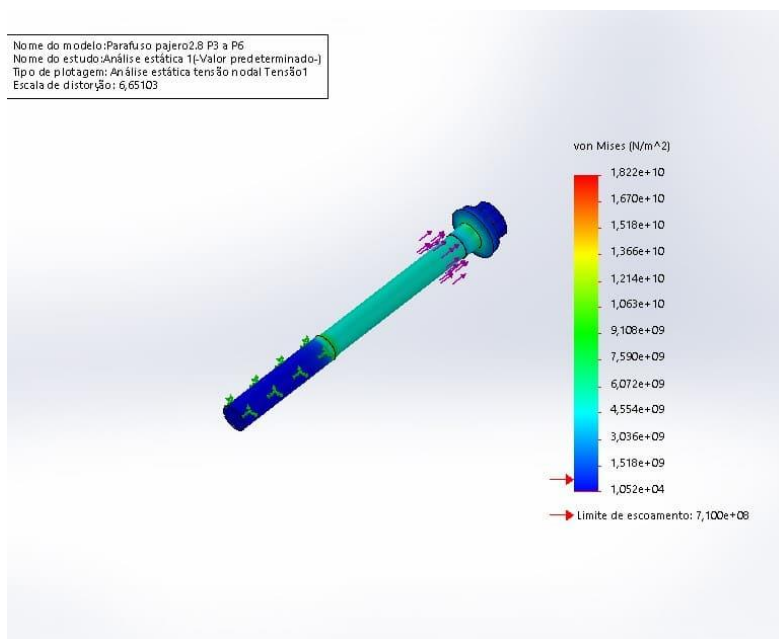
No terceiro modelo do Pajero foi encontrada a tensão de 705KPa, conforme mostra o gráfico 5 e, assim, obteve-se um deslocamento médio de 1,29 mm. Finalizando, dessa forma, o terceiro experimento.

Gráfico 5: Parafusos de cabeçote Pajero 2.8 - Tipo 3



Fonte: Autor (2020)

Figura 6: Parafuso Pajero Tipo 3 - SolidWorks 2019



RC: 51573

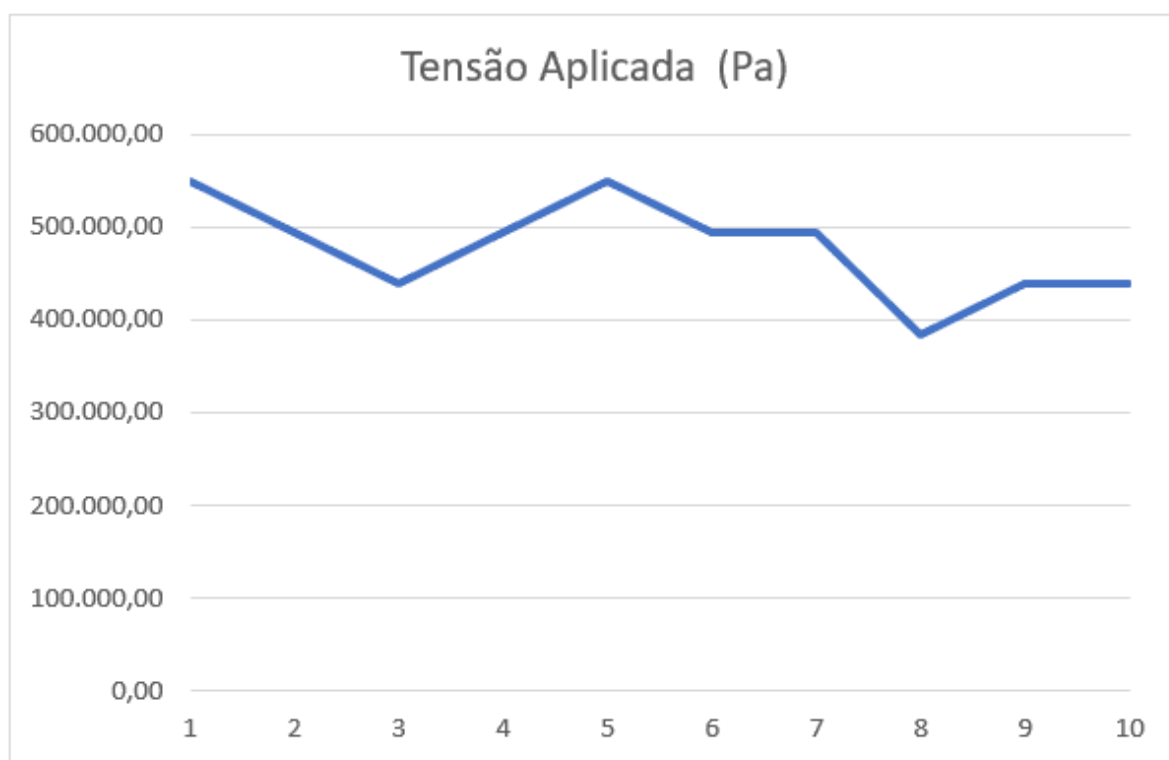
Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>



Fonte: Autor (2020)

Para o quarto experimento utilizamos o cabeçote do carro Zafira, e, dessa forma, a tensão média encontrada foi de 477KPa, conforme aponta o gráfico 6, constatando-se, então, uma deformação plástica média de 0,87 mm.

Gráfico 6: Parafusos de cabeçote Zafira 2.0



Fonte: Autor (2020)

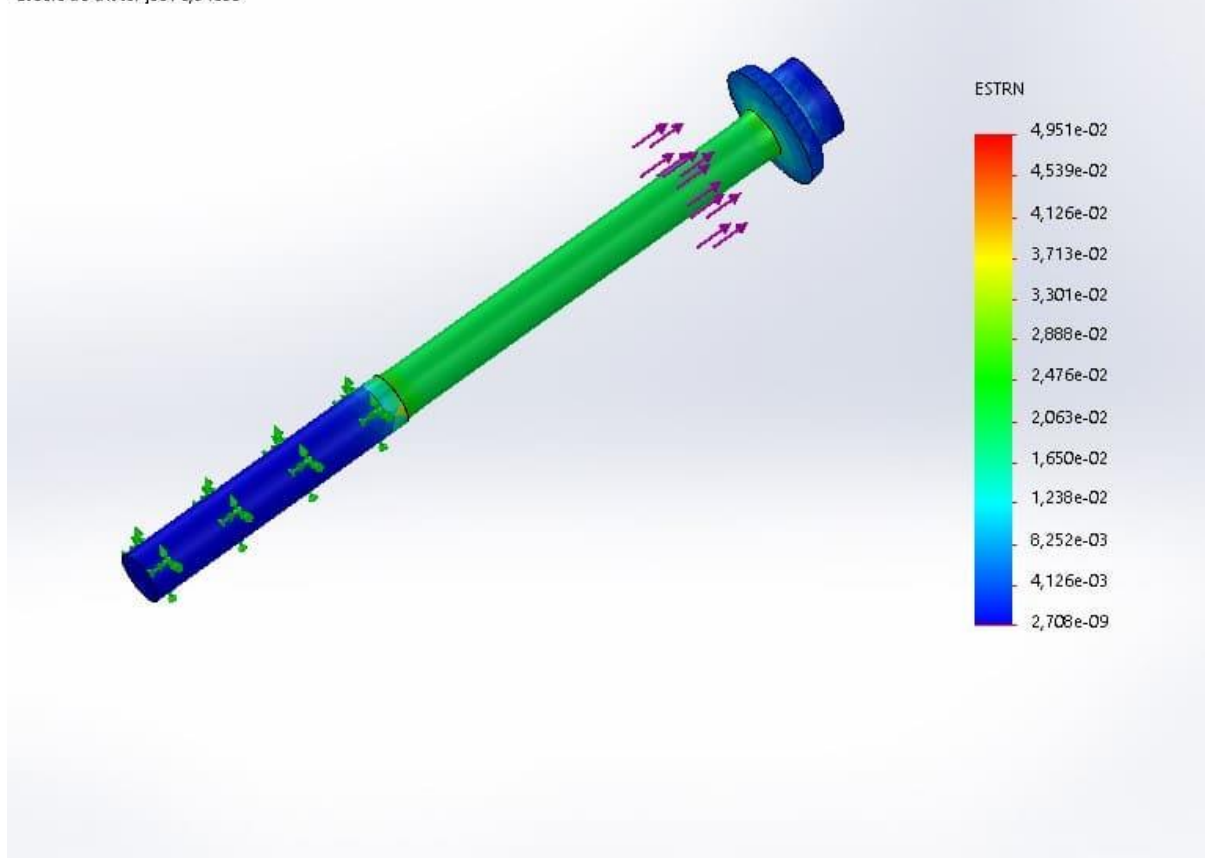
Figura 7: Parafuso Zafira - SolidWorks 2019

Nome do modelo: Parafuso zafira2.0

Nome do estudo: Análise estática 1(-Valor predeterminado-)

Tipo de plotagem: Deformação estática Deformação1

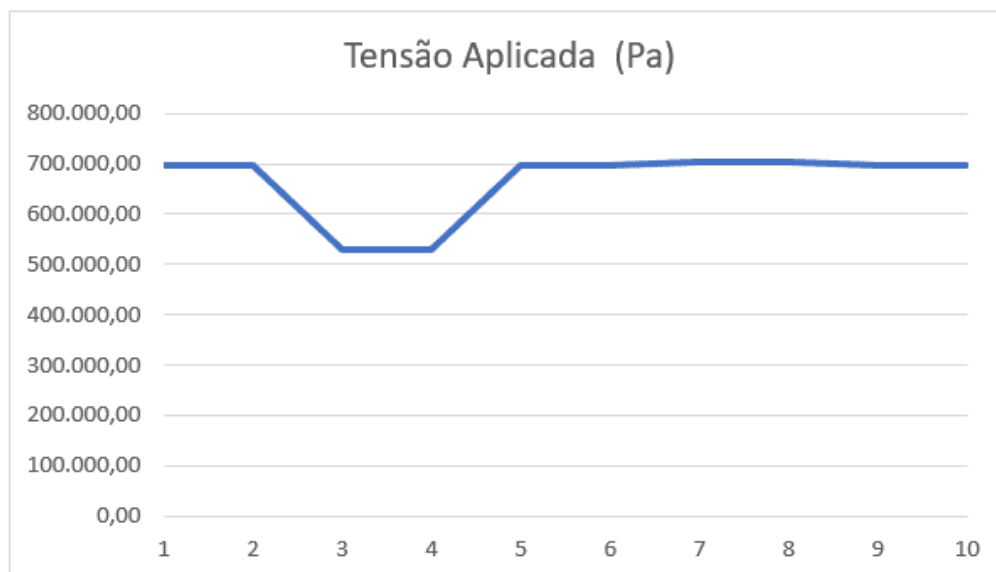
Escala de distorção: 6,84693



Fonte: Autor (2020)

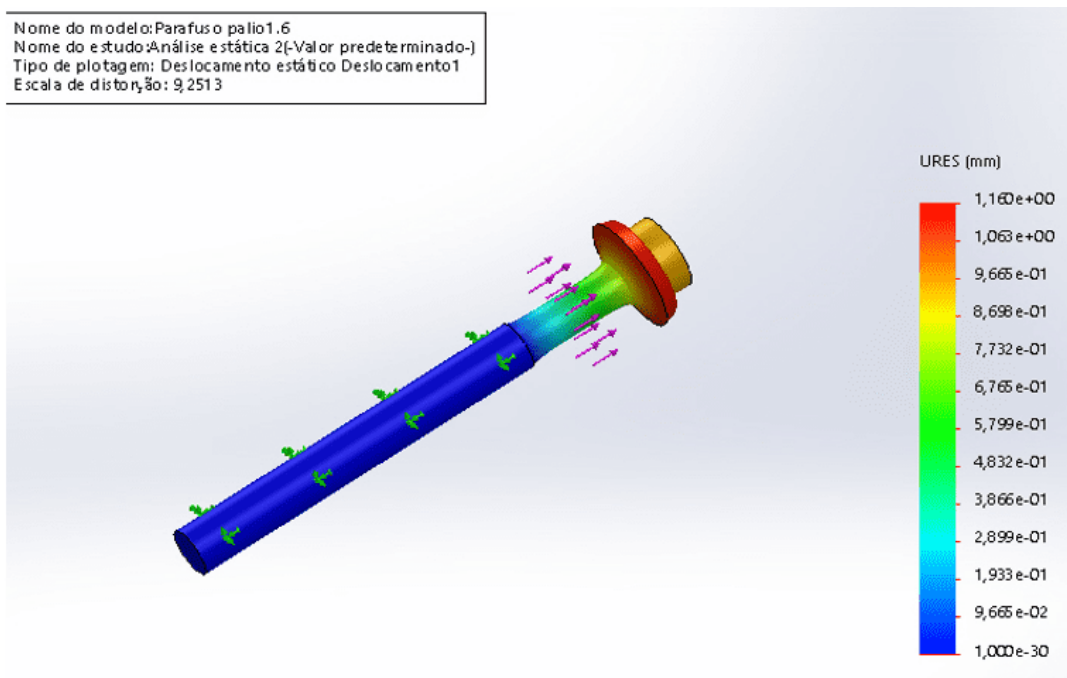
Observando o quinto e último experimento feito no cabeçote do carro Palio, a tensão média encontrada foi de 667KPa, como ilustra o gráfico 7, e, assim, obteve-se um deslocamento médio de 0,94 mm.

Gráfico 7: Parafusos de cabeçote Palio 1.6



Fonte: Autor (2020)

Figura 8: Parafuso Palio - SolidWorks 2019



Fonte: Autor (2020)

RC: 51573

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>

3.4 ENSAIO DE TRAÇÃO

Em um ensaio de tração o corpo de prova é submetido a forças opostas em suas extremidades até sua ruptura (CAMPOS; LAHR, 2004; FIORESE *et al*, 2015).

3.5 CORPO DE PROVA

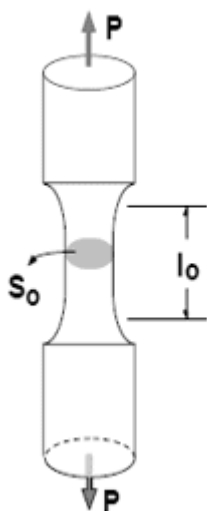
O corpo de prova é uma amostra do material e tem formato cilíndrico. São utilizadas normas da American Society for Testing and Materials - ASTM, Deutsches Institut für Normung - DIN e da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT para uniformização e comparação dos resultados. No ensaio realizado foi utilizada uma amostra de parafuso de cabeçote novo do veículo Pajero 2.8 à diesel.

Figura 9: representação esquemática de um corpo de prova antes de ser submetido ao ensaio de tração

P = força

S_0 = região de fratura

l_0 = comprimento útil



Fonte: Autor (2020)

RC: 51573

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>



Parâmetros do ensaio de tração

Médias do Corpo de Prova

d= diametro

lo=30mm

d= 4mm

Figura 10: Amostra confeccionada do material, parafuso novo cabeçote Pajero 2.8 diesel



Fonte: Autor (2020)

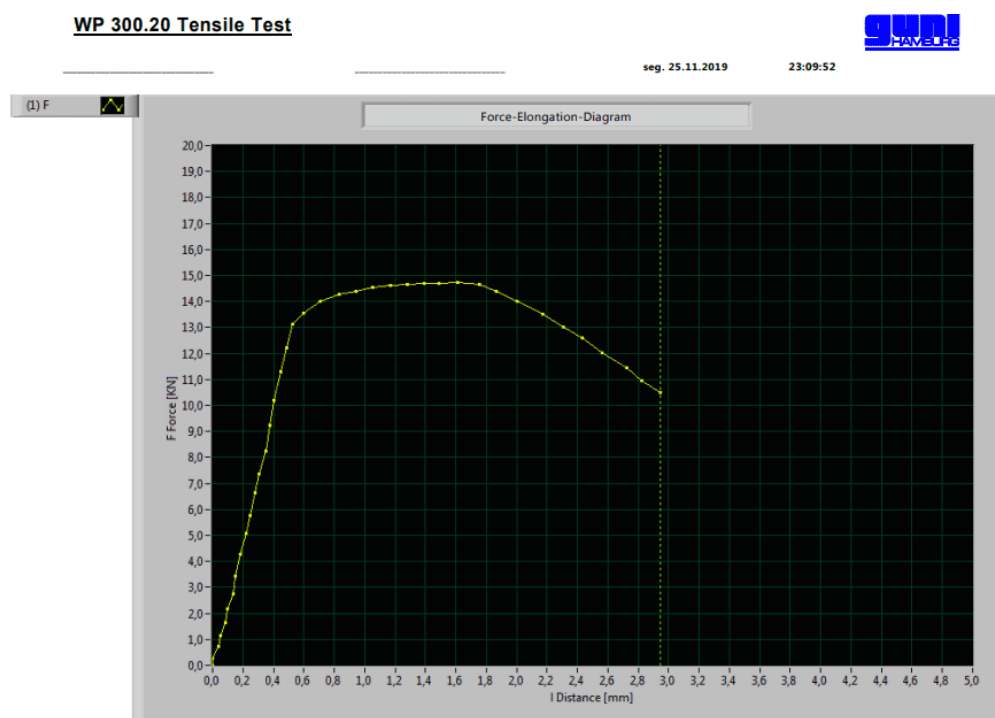


Figura 11: Ruptura do material



Fonte: Autor (2020)

Figura 12: Gráfico de tensão/deformação carro Pajero 2.8

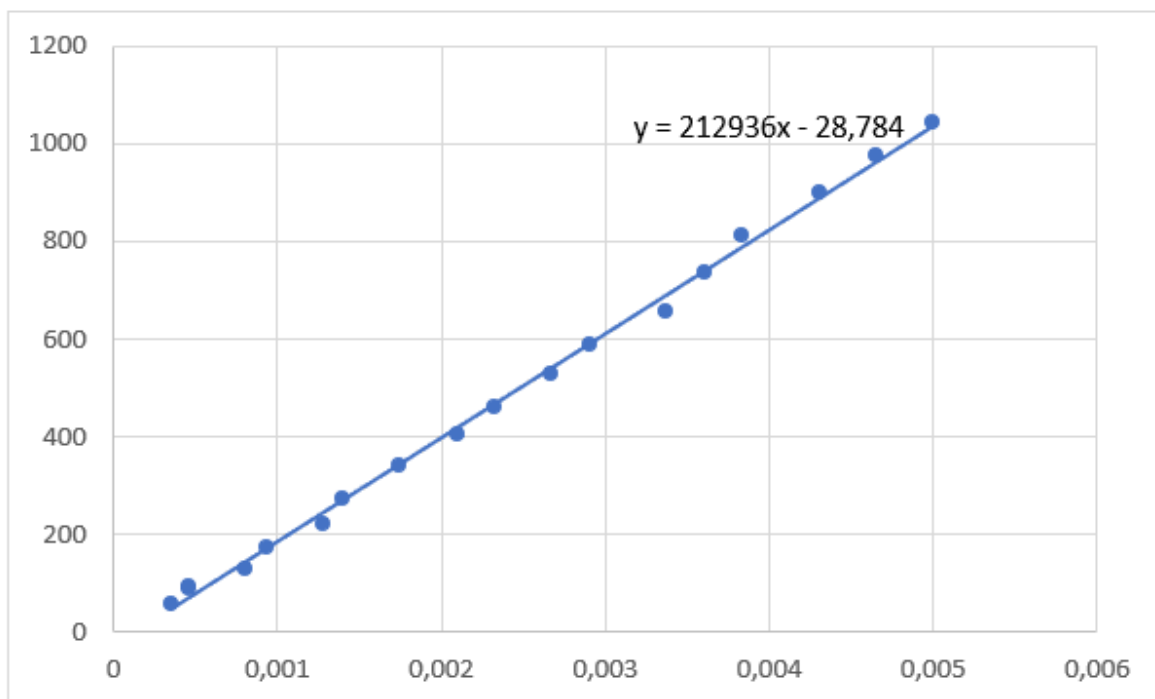


Fonte: Autor (2020)

RC: 51573

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/elasticidade-e-plasticidade>

Gráfico 7: Simulação manual



Fonte: Autor (2020)

Os resultados obtidos foram comparados com as tabelas ASTM e SAE para aços de utilização mecânica e apontam que o material tem propriedades relacionadas ao aço AISIN 4340, normatizado conforme a resistência elástica encontrada sendo de aproximadamente 212GPa. O aço AISI 4340 é um material ligado ao cromo e molibdênio, apresenta boa resistência mecânica, usinabilidade média, baixa soldabilidade e alta temperabilidade. Este material frequentemente é empregado em componentes mecânicos, em geral sob a ação de tensões dinâmicas e utilizado para a fabricação de peças na indústria automotiva e na indústria petrolífera e de construção naval (KUPKA, 2009). Este material é classificado como um aço de baixa liga com médio carbono, apresentando alta tenacidade e alta resistência (ARAÚJO MORALES, 2017).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou ressaltar que as fórmulas utilizadas baseiam-se na Lei de Hooke para o regime elástico por não conhecer dados exatos de cada parafuso, pois as propriedades estruturais dos metais ou materiais são específicas, suas propriedades variam entre os fabricantes e, ainda, devido ao segredo industrial de cada montadora, não conseguimos dados exatos de cada parafuso. Foram utilizadas as propriedades do aço 6150 para parafusos do carro Zafira e o aço 4340 normatizado para os parafusos dos demais carros devido as características apresentadas durante o estudo. Após análise dos dados, foi verificado cada parafuso que apresentou deslocamentos diferentes do real para o *software*.

Obtemos, a partir dos experimentos realizados, os resultados percentuais do Diferencial Real x SolidWorks do Marea tipo 1 que foi de 1,65%, do Marea tipo 2 que totalizou 0,79%, da Pajero que foi de 0,68%, do Zafira que somou 1,31% e do Palio que resultou em 0,16%. Foi realizada a análise dos dados obtidos por meio da simulação manual, software Solidworks2019, ensaio laboratorial, auxílio do Excel e realizou-se uma vasta pesquisa de literatura. Verificou-se que ambos os resultados convergem para uma aproximação matemática entre os métodos computacionais de análise de elementos finitos e o cálculo manual da elasticidade e plasticidade dos parafusos de cabeçote automotivo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T. V. G. P. **Sistema Embarcado para Monitoramento de Particulados de Carbono em Emissões de Motores do Ciclo Diesel**. 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

BLOG LUZ. **Materiais**. Disponível em: <http://materiais.gelsonluz.com>. Acesso em: 18 nov. 2019.



BLOG. **O Mecânico**. Disponível em: <http://omecanico.com.br>. Acesso em: 19 nov. 2019.

BLOG. **Roman, Aços**. Disponível em: <http://aco.com.br/>. Acesso em: 19 nov. 2019.

CAMPOS, C. I de.; LAHR, F. A. R. Estudo comparativo dos resultados de ensaio de tração perpendicular para MDF produzido em laboratório com fibras de pinus e de eucalipto utilizando uréia-formaldeído. **Matéria**, v. 9, n. 1, p. 32-42, 2004.

COURTES, R. A. et al. O comportamento mecânico dos parafusos de fixação de cabeçote dos motores VW AP quando reutilizados. *In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 2017.

FERNANDEZ, B. O. **Considerações sobre outros empregos do sensor de detonação para o controle eletrônico de motores ciclo Otto utilizando análise espacial**. 2006. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

FIORESE, D. A. et al. Desempenho de três tratores agrícolas em ensaios de tração. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 68-76, 2015.

GARCIA, R. **Conceitos gerais sobre torque e processos de torque** - Parte I. São Paulo: Revista do Parafuso, 2008.

LA CAVA, C. A. P. L. et al. Modelagem de um dispositivo de pré-carga com memória de forma para juntas flangeadas. *In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CD-ROM)*, 2000.

MONTEIRO, C. A. M. **Medição indireta de torque e velocidade angular de motor de corrente contínua sem escovas**. 2016. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

NORTON, R. **Projeto de máquinas**: uma abordagem integrada. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.



PORTO, I. G. **Interferências tribológicas na união do cabeçote associados à vedação e seus efeitos no processo de aperto da junta aparafusada**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SCHWONBACH, E. R. et al. Pré-carga de parafuso com tratamento de superfície Diamond-like carbon: prevenção do desaperto. **RGO**, v. 56, n. 1, p. 93-96, 2008.

SILVEIRA, F. L. da. Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel. *In*: **Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2008.

SOLIDWORKS 3D design de Software. **Versão 2016 x64 Edition SP0**.

Enviado: Janeiro, 2020.

Aprovado: Junho, 2020.