

ANÁLISE NO COMPORTAMENTO DO TORQUE VS FORÇA DE APERTO DE UMA JUNTA PARAFUSADA RÍGIDA NA VARIAÇÃO DO TRATAMENTO SUPERFICIAL DA PEÇA BASE

Rodrigo Sperandio Kaiser, rodrigokaiser@gmail.com¹
Giuliana Sardi Venter, giuliana.venter@ufpr.br¹

¹Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 - Curitiba - PR, 81130-001

Resumo. A equação que relaciona o torque com a força de aperto é linear e possui entre as variáveis o fator K , que determina a inclinação da reta quando plotado em um gráfico. Existem inúmeros fatores que determinam o fator K da junta, como dureza e rugosidade das peças, lubrificação do parafuso, tolerância dimensional da rosca, e o tratamento superficial das peças. O objetivo desse estudo é analisar a influência do tratamento superficial das peças base da junta parafusada de parafuso M8 na relação torque vs força de aperto. Para obter os resultados, foram coletados com máquina brinell a dureza de cada amostra com tratamento superficial, e também projetado uma bancada de experimentos para coleta da força de aperto a partir do torque aplicado para cada tratamento superficial. Como resultado do estudo um gráfico indicando a melhor reta de cada tratamento superficial foi construído e também obtido os valores do fator K do tratamento superficial cromado, $k = 0,190$, e da peça sem tratamento superficial, $k = 0,099$.

Palavras chave: Tratamento superficial, Junta parafusada, Torque, Força de aperto, Fator K .

Abstract. The equation that relates torque to the clamping force is linear and has the K factor among the variables, not which determines the slope of this line when plotted on a graph. There are more than one factors that determine the K factor of the joint, such as the hardness and roughness of the parts, lubrication of the constraint, dimensional tolerance of the thread, and the surface treatment of the parts. The aim of the study is to analyze the surface treatment of the M8 screw bolt joint parts in the torque vs. clamping force ratio. To obtain the results, the hardness of each sample with surface treatment was collected with a Brinell machine, and a bench of experiments was designed to collect the clamping force from the applied torque for each surface treatment. As a result of the study, a graph indicating the best line of each surface treatment was constructed and also obtained the values of the factor K of the chrome surface treatment, $k = 0.190$, and of the part without surface treatment, $k = 0.099$.

Keywords: Surface treatment, Screw joint, torque, clamping force ratio, K factor.

1. INTRODUÇÃO

O que determina que não haverá falha, em um conjunto parafusado, tanto no aperto quanto durante uma operação é a força de aperto da junta. Devido a versatilidade e ganho de tempo, na manufatura automobilística são utilizados o torquímetro e apertadeiras, para através do torque alcançar a força de aperto necessária; e para montagens genéricas são utilizados torques genéricos. O estudo da influência do tratamento superficial em juntas parafusadas rígidas na relação torque vs força de aperto tem como objetivo analisar se haverá diferença da força de aperto de juntas com tratamentos superficiais diferentes na aplicação de um torque genérico.

2. METODOLOGIA

Os tipos de fixações existentes estão divididos em 2 grandes grupos, as fixações permanentes e as fixações não permanentes. Dentro das fixações não permanentes - aquelas que não danificam as peças unidas no caso de retiradas dos fixadores - estão os parafusos e porcas (Quadros, 2018). Juntas parafusadas, nome dado ao peças fixadas por parafusos, possuem normalmente os elementos representados na Fig 1, e tem como objetivo obter uma fixação robusta e estável através da força tensora aplicada ao parafuso (Bickford, 2008).

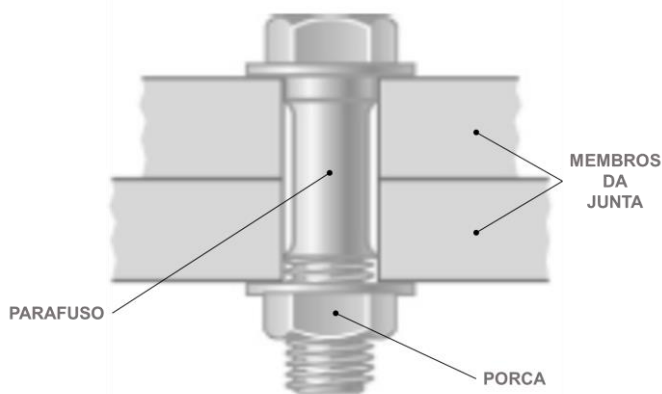


Figura 1 - Junta parafusada simplificada (Adaptado de Collins, Busby e Staab, 2019)

O objetivo do parafuso é através do torque aplicar uma força de pré carga a junta, e como consequência o conjunto parafusado fica carregada com a força de união da junta . Se não houver nenhuma carga externa, é possível afirmar que a pré carga do parafuso é igual a força de união da junta, conforme a Fig 2 ilustra (Bickford, 2008)

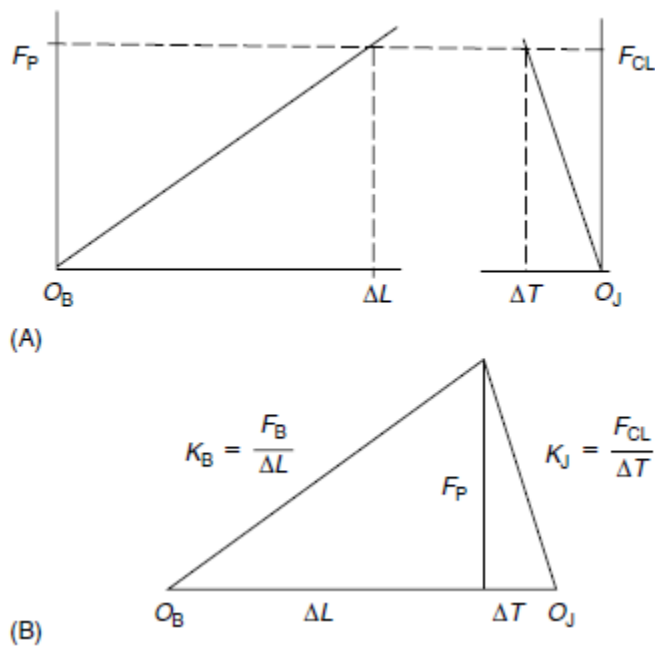


Figura 2 - Rigidez do parafuso e rigidez da junta (Bickford, 2008)

Diante de vários métodos de aplicação de uma força de aperto a uma junta parafusada, o torque, que é aplicado com um torquímetro ou uma apertadeira, é a forma mais utilizada devido ao baixo custo e facilidade de aplicação. A equação que relaciona o torque com a força de aperto está descrita na Eq (1). A variável K, conhecida como coeficiente de torque, é responsável por relacionar o torque com a força de pré carga no parafuso e resume diversas variáveis dentro de uma só constante como: atrito, torção, flexão, deformação plástica das roscas. Com isso, facilita a obtenção do valor para análise do comportamento da junta (Bickford, 2008).

$$\frac{T}{F_P} = K \cdot d \tag{1}$$

Sendo:

- T = torque aplicado no parafuso (Nm)
- F_P = pré-carga no parafuso (N)
- d = diâmetro nominal do parafuso (mm)
- K = coeficiente de torque (adimensional)

O objetivo do presente estudo refere-se a análise da influência do tratamento superficial das peças base da junta parafusada na relação do torque vs força de aperto do componente, ou seja, quantificar o fator K da junta. Será mantido o mesmo padrão de parafuso e porca, alterando-se apenas o tratamento superficial das peças de assentamento da junta em cada ensaio. Para obtenção dos dados necessários será projetado uma bancada de experimentos.

A norma ISO 16047 para se obter o valor K da junta são necessários equipamentos que quantificam o torque e a força de aperto da junta simultaneamente. Para a coleta da força de aperto foi utilizado uma célula de carga tipo anel da marca HBM com capacidade de carga de 40 kN (HBM, 2020), e para a coleta de torque foi selecionado o torquímetro digital com range de 0 a 60 N.m. O material base foi fabricado através de uma barra chata de 1.1/2" de largura e 3/16" de espessura, e como produto final peças seguiram as cotas ilustradas na Fig 3.

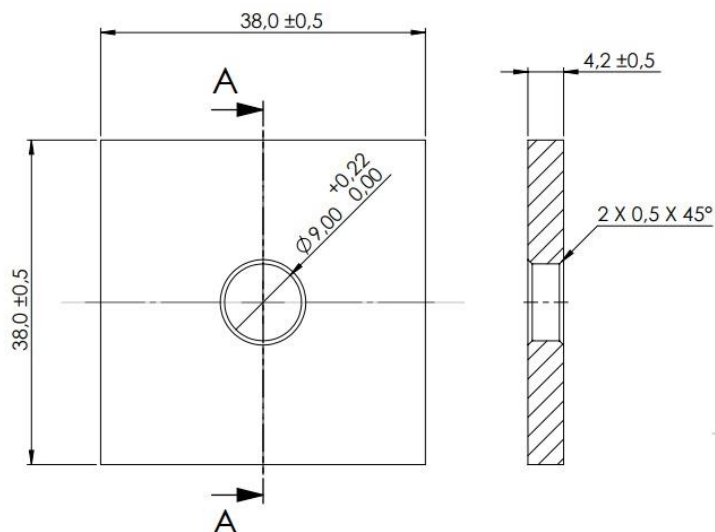


Figura 3 – Cotas da peça base (Autor, 2020)

Os tratamentos superficiais aplicados a peça base foram o cromo duro e para fechar o conjunto amostral e também para ter uma comparação, foi adicionado peças sem tratamento superficial ao estudo. A Fig 4 indica a gama de tratamento a ser testados.



Figura 4 - Aparência do tratamento superficial

O parafuso selecionado foi o Parafuso hexagonal com flange ISO 15071 – M8x35 – 8.8, e porca que faz complemento com o parafuso. O tratamento superficial do parafuso e da porca selecionada é o de eletrodeposição de zinco níquel preto com adição de acabamento organo-mineral conhecido como *FINIGARD 105*. O μG do parafuso é de 0,17 e o coeficiente K do parafuso encontrado no ensaio DDT realizado pelo fornecedor do parafuso é de 0,25.

Antes de realizar a coleta de dados da força de aperto, através do durômetro ALBERT GNEHM foi coletado a dureza de 5 peças de cada amostra que estão representados na TabTabela 1 em Brinell.

Tabela 1 – Dureza de cada tratamento superficial (Autor, 2020)

Brinell (hb)	1	2	3	4	5	Média	Desvio
Cromo Duro	187	187	187	180	187	185,6	3,1
Sem tratamento	170	177	170	170	170	171,4	3,1

A bancada de experimentos com todos os equipamentos necessários e listados no projeto está representada na Fig 5. Para o experimento foram utilizadas 10 peças de cada amostra no qual 2 peças de mesmo tratamento superficial formavam as peças base do conjunto parafusado conforme a Fig 6. Com isso foi possível fazer a coleta de 5 resultados para cada tratamento superficial.

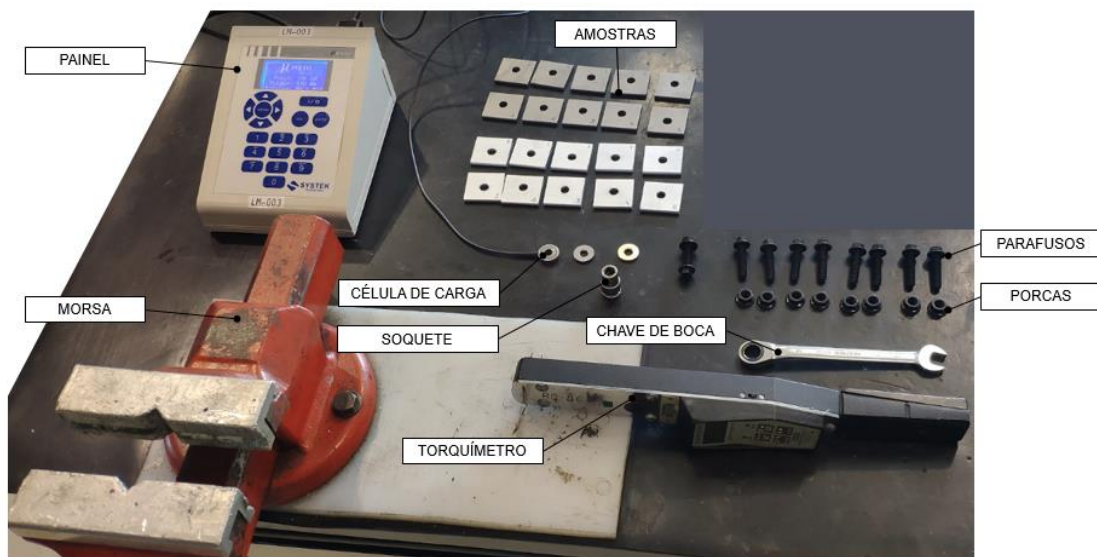


Figura 5 - Bancada de experimentos (Autor, 2020)



Figura 6 - Conjunto parafusado para a coleta de dados

3. RESULTADOS

O método utilizado para coletar os resultados foi aplicação de um torque conhecido simultânea a coleta da força de aperto da junta logo após. Os valores de torques aplicados para a coleta estão representados na Tab Tabela 2. Com os 5 valores de força de aperto coletados para cada torque especificado, foi possível elaborar o gráfico representado na Fig 7 com a média dos pontos encontrados e com isso formar a reta que melhor representa os dados coletados para cada tratamento superficial.

Tabela 2 - Torques selecionados para coletas da força de aperto (Autor, 2020)

Torque (N.m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
--------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

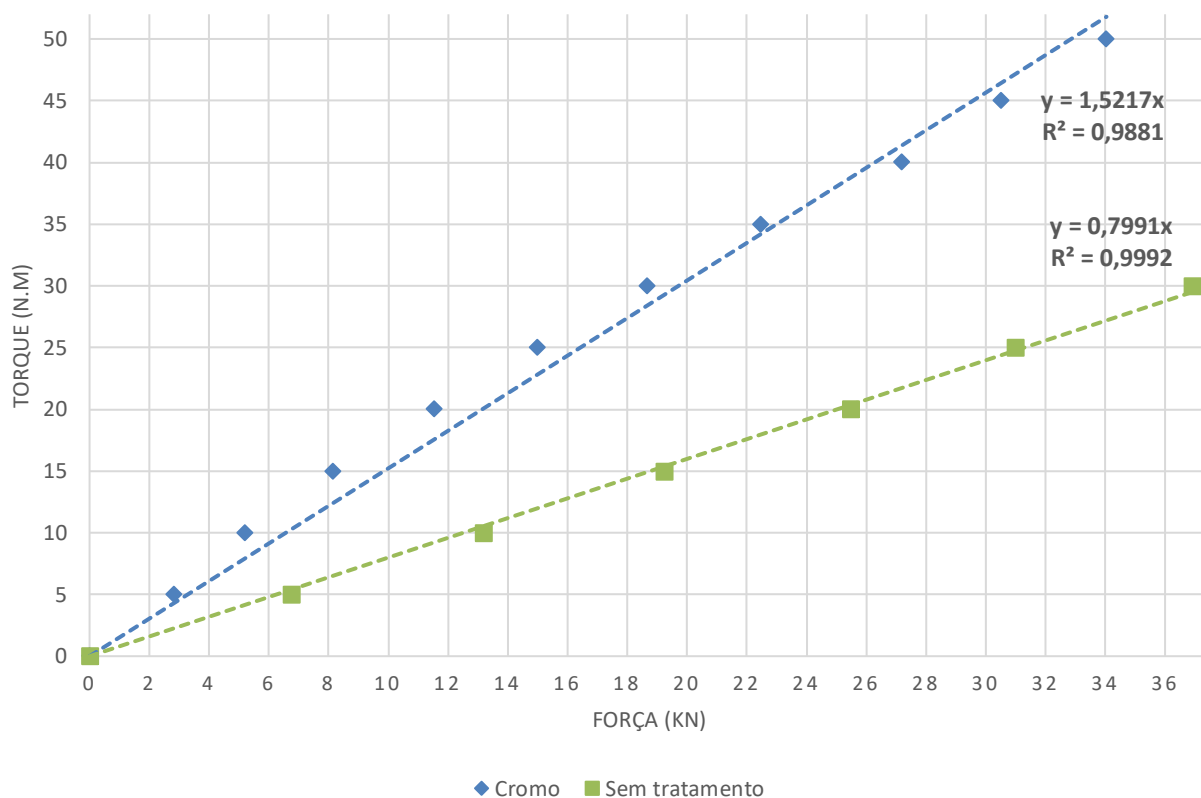


Figura 7 – Torque vs Força de aperto para cada tratamento superficial (Autor, 2020)

Utilizando a Eq (1) vemos que para cada tratamento superficial há um valor $K.d$ diferente. Como d é constante a todos os ensaios, pois foi utilizado o parafuso M8 a todas as amostras, conseguimos determinar o valor K da junta para cada tratamento superficial representado na Tab Tabela 3.

Tabela 3 – Valor do fator K para cada tratamento superficial (Autor, 2020)

Tratamento superficial	Fator K
Sem tratamento	0,099
Cromo Duro	0,190

4. CONCLUSÕES

Analisando a Fig 7 e a Tab 2 fica notório que o tratamento superficial tem grande influência na relação Torque vs Força de aperto. Comparando a superfície sem tratamento com a superfície cromada há valores de torque em que a força de aperto se aproxima ao dobro uma em relação a outra, como por exemplo em 25 N.m.

5. REFERÊNCIAS

- BICKFORD, John H, 2008. An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints. New York: Marcel Dekker.
- COLLINS, Jack A.; BUSBY, Henry R.; STAAB, George H, 2019. Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção da Falha. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- HBM. Mounting Instructions: Force washer KMR. 5 Out. 2020.
<<https://www.hbm.com/fileadmin/mediapool/hbmdoc/technical/A02114.pdf>>
- ISO 16047:2005. Fasteners -Torque/clamp force testing. International Organization for Standardization. Genebra: ISO; 2005.
- QUADROS, Marcelo Luiz de, 2018. Elementos de Máquinas. Porto Alegre: SAGAH.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.