



UNICAMP

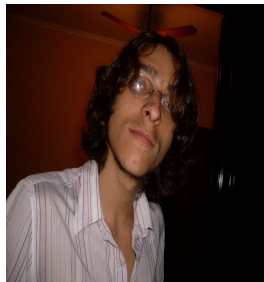
Universidade Estadual de Campinas

Instituto de Física Gleb Wataghin

1º semestre de 2010

Projeto: Torquímetro Didático

Disciplina: F-609 – Instrumentação para Ensino



Aluno: Diego Leonardo Silva Scoca
diegoscocaxhotmail.com



Orientador: Eng. Pedro Miguel Raggio Santos
Administrador dos Laboratórios de Ensino Básico e Informática LEB / LEI – IFGW
[\[praggioxifi.unicamp.br\]](mailto:praggioxifi.unicamp.br)

ÍNDICE:

1. RESUMO
2. INTRODUÇÃO
3. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO
4. TEORIA
 - 4,1. Nível básico
 - 4,2. Nível avançado
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS
6. CONCLUSÃO
7. BIBLIOGRAFIA
8. APÊNDICE
 - 8,1. Fotos do experimento
 - 8,2. Tabelas de referência
 - 8,3. Torquímetros comerciais

1. RESUMO:

Neste projeto estudaremos o torque necessário para apertar parafusos dos tipos sextavado e fenda de vários diâmetros. O torque é um conceito físico estudado no colegial, e também em nível superior, mas dificilmente vemos sua aplicação nos parafusos, uma pecinha de extrema importância no nosso dia-a-dia, utilizado aos montes na construção da maioria dos bens de consumo que conhecemos.

2. INTRODUÇÃO:

Parafusos são elementos de fixação, empregados na união não permanente de peças, isto é, as peças podem ser montadas e desmontadas facilmente, bastando apertar e desapertar os parafusos que as mantêm unidas. Os parafusos diferenciam-se pela forma da rosca, da cabeça, da haste e do tipo de acionamento.

O corpo do parafuso pode ser cilíndrico ou cônico, totalmente roscado ou parcialmente roscado. A cabeça pode apresentar vários formatos; porém, há parafusos sem cabeça.

Há uma enorme variedade de parafusos que podem ser diferenciados pelo formato da cabeça, do corpo e da ponta. Essas diferenças, determinadas pela função dos parafusos, permite classificá-los em três grandes grupos:

Parafusos não-passantes:

São parafusos que não utilizam porcas, com cabeças de tipos variados. São aparafusados unindo peças onde uma tem furo passante e a outra tem rosca fêmea.

Parafusos de pressão:

Estes parafusos fixam por exemplo eixos em furos. A pressão é exercida pelas pontas dos parafusos contra a peça ou eixo a ser fixada. Os parafusos de pressão podem ter cabeça ou não.

Parafusos estojo ou prisioneiros:

São parafusos sem cabeça com rosca em ambas as extremidades, sendo recomendados nas situações que exigem montagens e desmontagens frequentes. Em tais situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba danificando a rosca dos furos. As roscas nas extremidades dos prisioneiros

podem ter passos diferentes ou sentidos opostos, isto é, um horário e o outro anti-horário. Para fixarmos o prisioneiro no furo da máquina, utiliza-se uma ferramenta especial. Caso não haja esta ferramenta, improvisa-se um apoio com duas porcas travadas numa das extremidades do prisioneiro. Após a fixação do prisioneiro pela outra extremidade, retiram-se as porcas. A segunda peça é apertada mediante uma porca e arruela, aplicadas à extremidade livre do prisioneiro. O prisioneiro permanece no lugar fixo numa das peças quando as peças são desmontadas.

Os parafusos também se dividem conforme suas aplicações (auto-atarrachantes, parafusos de máquina, parafusos fazedores de rosca). Juntamente, temos os seguintes tipos de cabeças (Allen, boleada, panela, sextavada, cônica, sem cabeça). E, finalmente, os tipos de aplicação de torque (fenda, sextavada, Phillips, allen sextavado interno), não esquecendo os tipos de porcas existentes (sextavada, auto-travante, castelo) tipos de arruelas para parafusos (lisa, de pressão, de travamento).

Apresentamos aqui algumas figuras de parafusos que existem no mercado. Podemos notar a quantidade de variedade deles, onde cada um deles possuem aplicações específicas.





3. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO:

Esse experimento consiste de um dispositivo que serve para medir o torque de aperto de parafusos M8, M7 e M6 do tipo sextavado e M4 e M3 do tipo fenda. O torquímetro didático foi construído utilizando, como peça principal, um arame de aço ASTM A-228, mais conhecido como aço de corda de piano. As demais peças são um cabo, um adaptador para soquete de parafuso e uma placa metálica de 20cm de comprimento com um formato arredondado, onde fica a escala (ver as fotos em anexo). Todas as peças foram confeccionadas na oficina mecânica e o material utilizado foi o alumínio, aço e latão. Usamos também 6 parafusos pequenos para montar as peças maiores.

A outra parte necessária para a demonstração do experimento é uma base, também feita de metal, que possui uma placa com furos do diâmetro dos parafusos utilizados (M3, M4, M6, M7 e M8).

O objetivo do experimento é justamente medir o torque necessário para se apertar esses parafusos, ou seja, o torque que precisa ser aplicado no parafuso quando ele está no momento final do aperto.

Para isso foi necessário construir uma escala própria, pois esse torquímetro é único e não podemos utilizar as escalas dos torquímetros que são comercializados. Essa escala foi feita prendendo a parte da frente do torquímetro numa morsa e adicionando um peso no cabo do torquímetro. O peso utilizado foi uma garrafa PET de 2l, onde a massa variava de acordo com o nível de água dentro da mesma, e seu peso foi medido através de uma balança de culinária. A tabela de calibração pode ser vista no próximo item.

4. TEORIA:

4,1. Nível básico:

Sabe-se que a definição de torque é dada pela fórmula:

$$\tau = F \times d$$

onde τ é o torque, F é a força aplicada num certo ponto e d é a distância entre o ponto onde a força é aplicada e o lugar onde ela é sentida. Nosso objetivo é medir o torque necessário para apertar um parafuso. Sendo assim, como a haste do torquímetro possui um comprimento de 25cm (0,25m), temos que o torque necessário para apertar os parafusos desse experimento segue a escala da tabela abaixo:

Peso (Kg)	Deflexão (m)	Torque (Nm)
0,41	0,02	1,23
0,47	0,035	1,41
0,62	0,04	1,86
0,72	0,043	2,16
0,81	0,048	2,43
0,97	0,055	2,91
1,12	0,06	3,36
1,28	0,067	3,84
1,4	0,073	4,2
1,5	0,08	4,5

Na literatura encontramos o torque máximo dos parafusos para os diferentes diâmetros, segundo a sua classe de resistência a torção. Assim, notamos que nossa calibração foi feita dentro dos limites de ruptura a tensão dos parafusos.

Ø Rosca	Parafuso Rosca Métrica Normal DIN 13					
	3,6	5,6	6,9	8,8	10,9	12,9
	Nm	Nm	Nm	Nm	Nm	Nm
M5	1,961	2,648	5,099	6,031	8,483	10,200
M6	3,432	4,511	8,728	10,300	14,710	17,652
M7	5,590	7,453	14,220	17,162	24,517	28,439
M8	8,238	10,787	21,575	25,497	35,304	42,168

T

Como veremos adiante, a direção em que a força é aplicada faz diferença na hora de se calcular o torque. No nosso caso ele é aplicado na direção perpendicular do eixo de simetria do parafuso.

4,2. Nível avançado:

A análise feita até agora baseou-se num caso ideal. Sabemos que na prática não é bem assim, ou seja, temos que levar em conta alguns casos limites, como por exemplo, a tensão máxima que um parafuso suporta, a direção em que a força é aplicada e o número de vezes que o parafuso é tencionado antes dele romper por cisalhamento.

Essas análises são importantes quando o parafuso é utilizado na construção de componentes, peças, mecanismos e equipamentos ou máquinas que precisam ter alto índice de confiabilidade ou garantia assegurada por normas internacionais como ISO, OVE, etc...de bom funcionamento e segurança, como por exemplo, unir peças de avião. Com essas informações pode-se evitar que um acidentes aconteçam.

Os parafusos também se dividem em classes conforme sua resistência a torção, seguindo os padrões de qualidade internacional do ISO. Quanto maior for a numeração de sua classe, mais alta é sua resistência a torção e maior o aperto entre peças. Essas são as classes mostradas na Tabela 2, sendo elas: 3.6, 5.6, 6.9, 8.8, 10.9 e 12.9.

Lembremos também que os parafusos possuem diversos coeficientes de aperto (Q), que variam de acordo com seus tipos e classes. A fórmula usada nesse tipo de análise, para uma força aplicada numa direção perpendicular ao parafuso, é dado por:

$$\tau = 0,35.K(1 + 1/Q)\sigma.A.d$$

Assim, para um parafuso M6, da classe 12.9, temos que o torque máximo é $\tau=0,35 \times 0,17(1+1/1,4)112 \times 20 \times 0,6$ Kgf.cm que é equivalente a $\tau=1300$ Nm, onde K é o coeficiente de torque, σ é a tensão de estresse máxima, A é a área da seção reta transversal e d o diâmetro do parafuso.

Comercialmente existem dois tipos de torquímetros. Num é aplicado força perpendicular a direção do eixo de simetria do parafuso e no outro é aplicado torque. Podemos ver alguns deles nas fotos do APÊNDICE.

Os cálculos com mais detalhes podem ser encontrados na bibliografia, no segundo item.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

Analisando os dados coletados e expostos na Tabela 1, vemos que os valores dos torques medidos não superaram nenhum limite de ruptura dos parafusos, fazendo com que o dispositivo construído não quebrasse.

O parafusos utilizados nesse experimento são da classe de dureza 10.9 e seus diâmetros são M6, M7 e M8 para os sextavados e M3 e M4 para os do tipo fenda.

Podemos notar o sucesso do experimento observando as fotos do torquímetro no APÊNDICE, onde podemos ver também um exemplo de sua utilização (Foto 8).

Na Foto 7 podemos ver todas as peças que constituem este experimento, ou seja, o torquímetro em si, a base para apertar os parafusos e o jogo de adaptador de parafusos.

6. CONCLUSÃO:

Considerando que a fase de construção do torquímetro foi realizada com sucesso no começo do mês de maio, o material utilizado era de fácil acesso e que os dados utilizados para a calibração do mesmo estavam dentro dos limites de ruptura dos parafusos, foi possível construir a escala

do torquímetro, sendo ela feita baseada nos parafusos M3, M4, M6, M7 e M8, de acordo com a força necessária para dar o aperto final de cada desses parafusos.

Esse é um torquímetro didático, portanto pode ser utilizado para a demonstração desse conceito dinâmico (torque) aos estudantes, principalmente, do nível médio.

Dentre os vários tipos e classes de parafusos utilizamos os de menor diâmetro, pois são os mais vistos por nós no dia-a-dia. Uma análise mais completa envolvendo parafusos de maior diâmetro, assim como suas características em situações extremas pode ser encontrado nas referências bibliográficas. Esses parafusos são os utilizados na construção de motores, turbinas e grandes peças no geral e um estudo mais detalhado de seu funcionamento é necessário nesses casos.

Sendo assim, o objetivo do projeto foi atingido de maneira satisfatória.

7) BIBLIOGRAFIA:

Pesquisa na net:

- 1) <http://www.importecnica.com.br/tabelas.html>, acessado em 25/05/10
- 2) <http://www.skf.com/files/880426.pdf>, acessado em 25/05/10
- 3) <http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/phamducdung/thamkhao/tietmay-ghep/moighep/METRIC2575.pdf>, acessado em 28/05/10.
- 4) <http://www.gryffinaero.com/models/ffpages/tools/torque/tmeter.htm> acessado em 28/05/10.

Livros pesquisados:

- 5) Resistência dos Materiais I (EM 406); Notas de Aulas 2006, Prof. Euclides Mesquita.

Essas referências são basicamente de empresas que comercializam e/ou fabricam aços ou parafusos, onde retiramos tabelas de torques, fotos de parafusos e até teoria sobre como o torque é medido para vários casos.

Também foi utilizado um livro adotado no curso de Resistência dos Materiais de engenharia, onde observamos um pouco mais detalhado a teoria à cerca do torque.

8) APÊNDICE:

8,1. Fotos do experimento:



Foto 1: Base onde os parafusos são apertados

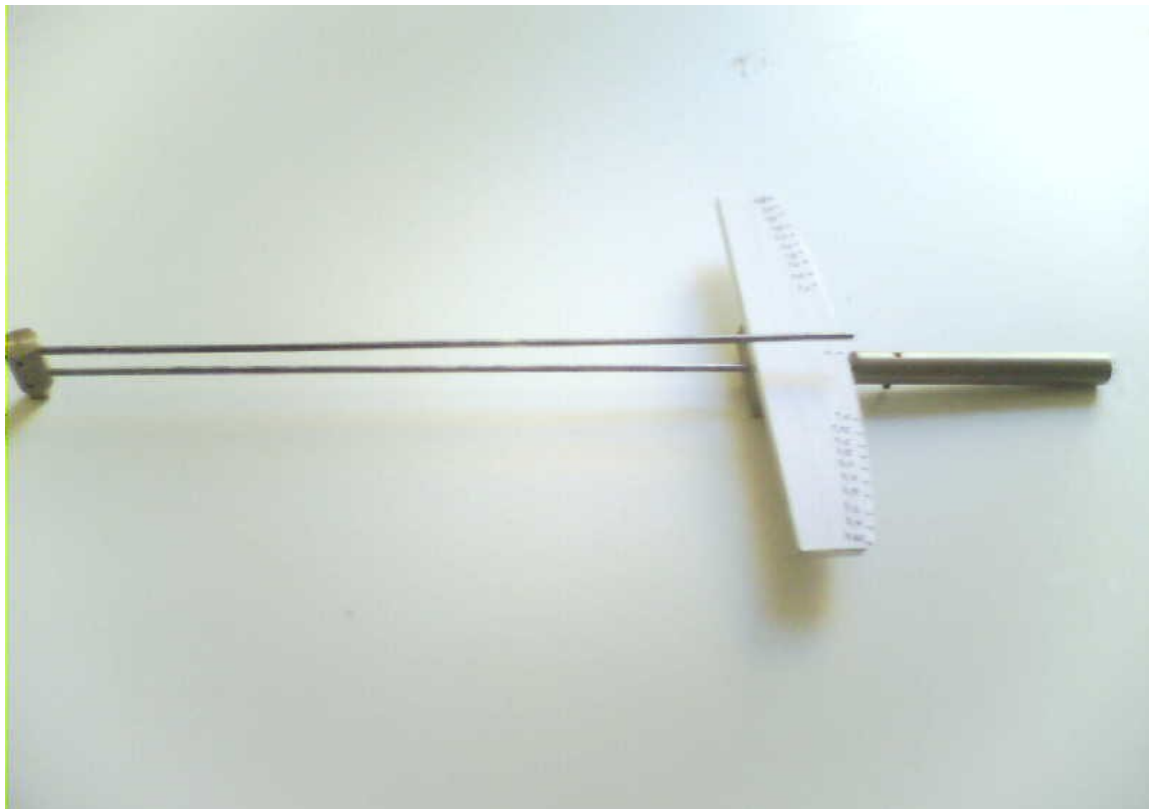


Foto 2: Torquímetro Didático

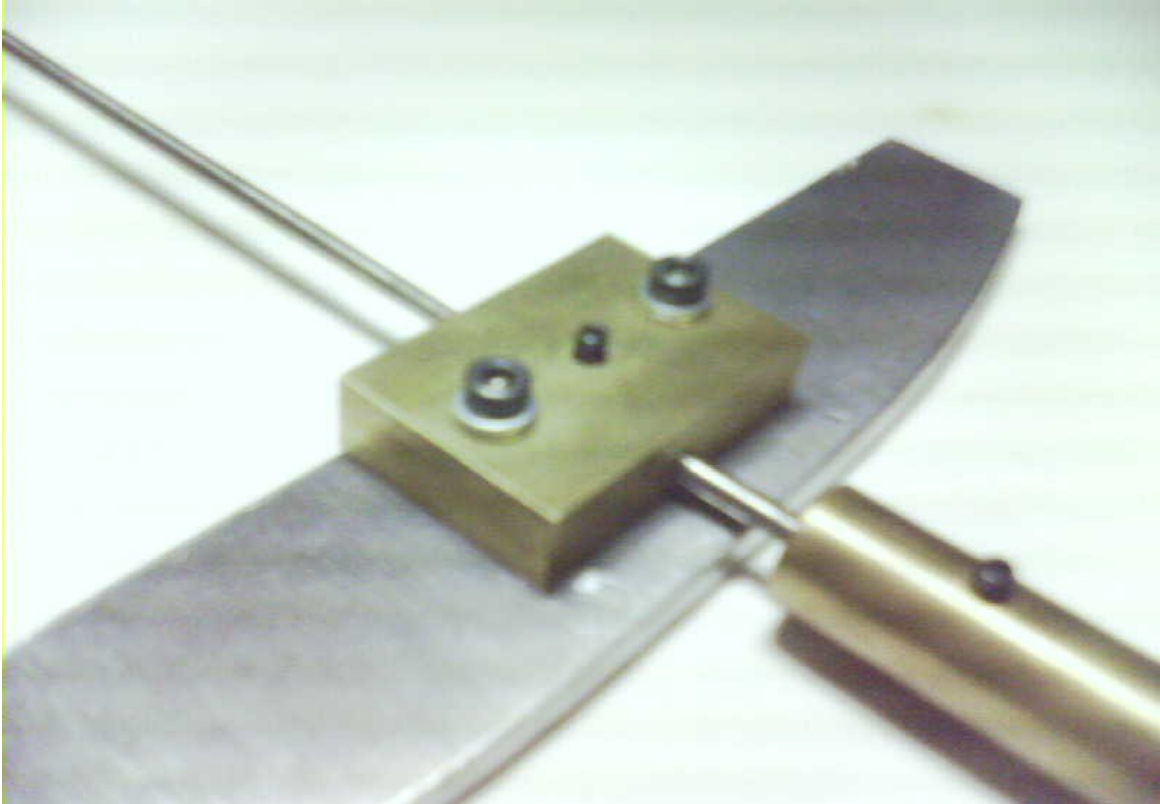


Foto 3: Visão da parte inferior do troquímetro

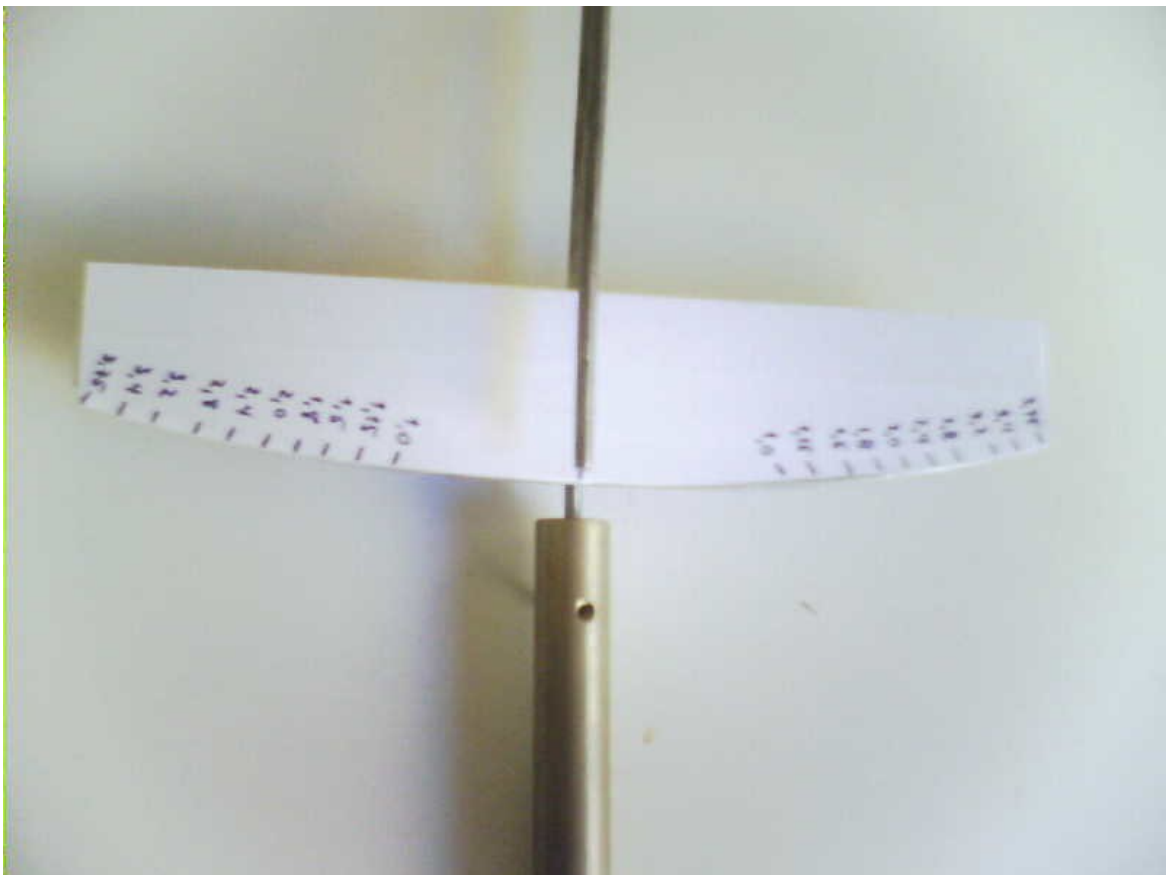


Foto 4: Escala do torquímetro (valores em Nm)



Ilustração 1: Foto 5: Detalhe do encaixe do torquímetro

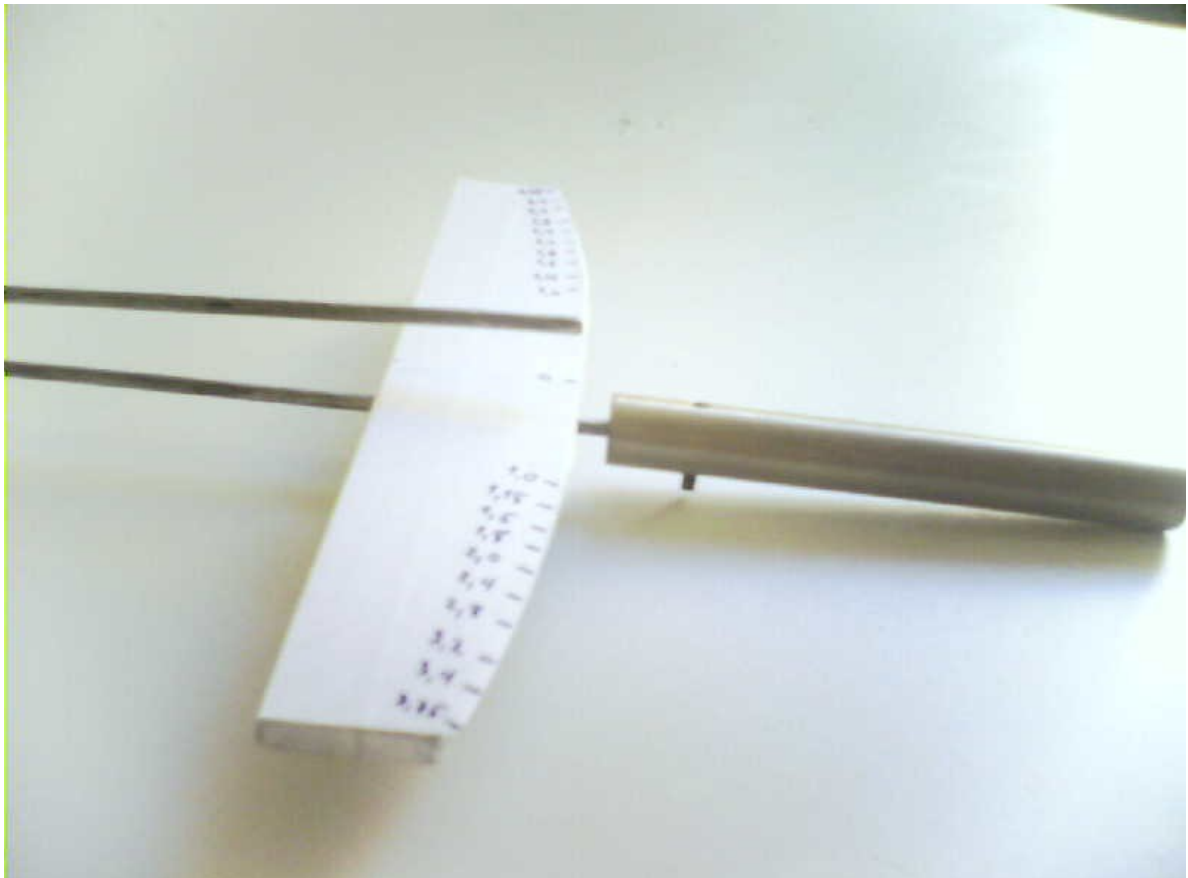


Foto 6: Visão lateral da escala do torquímetro

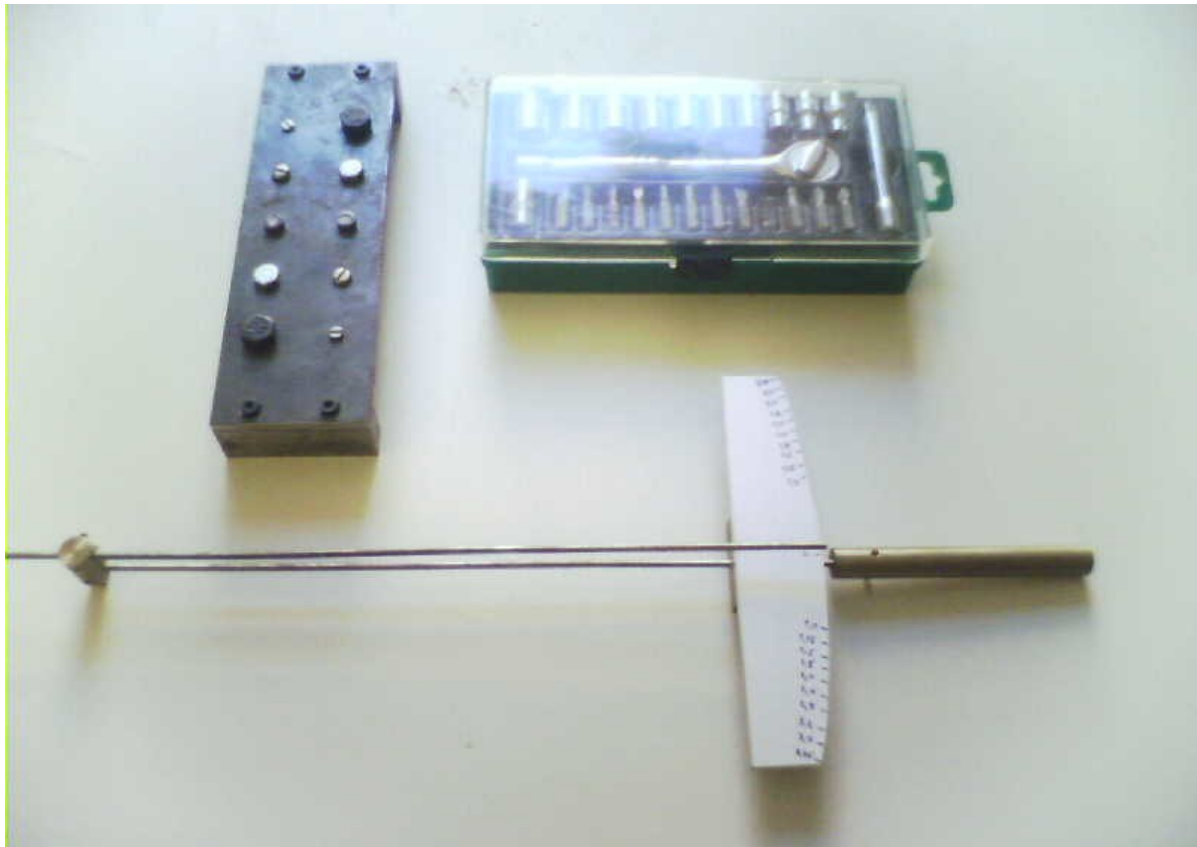


Foto 7: Experimento completo

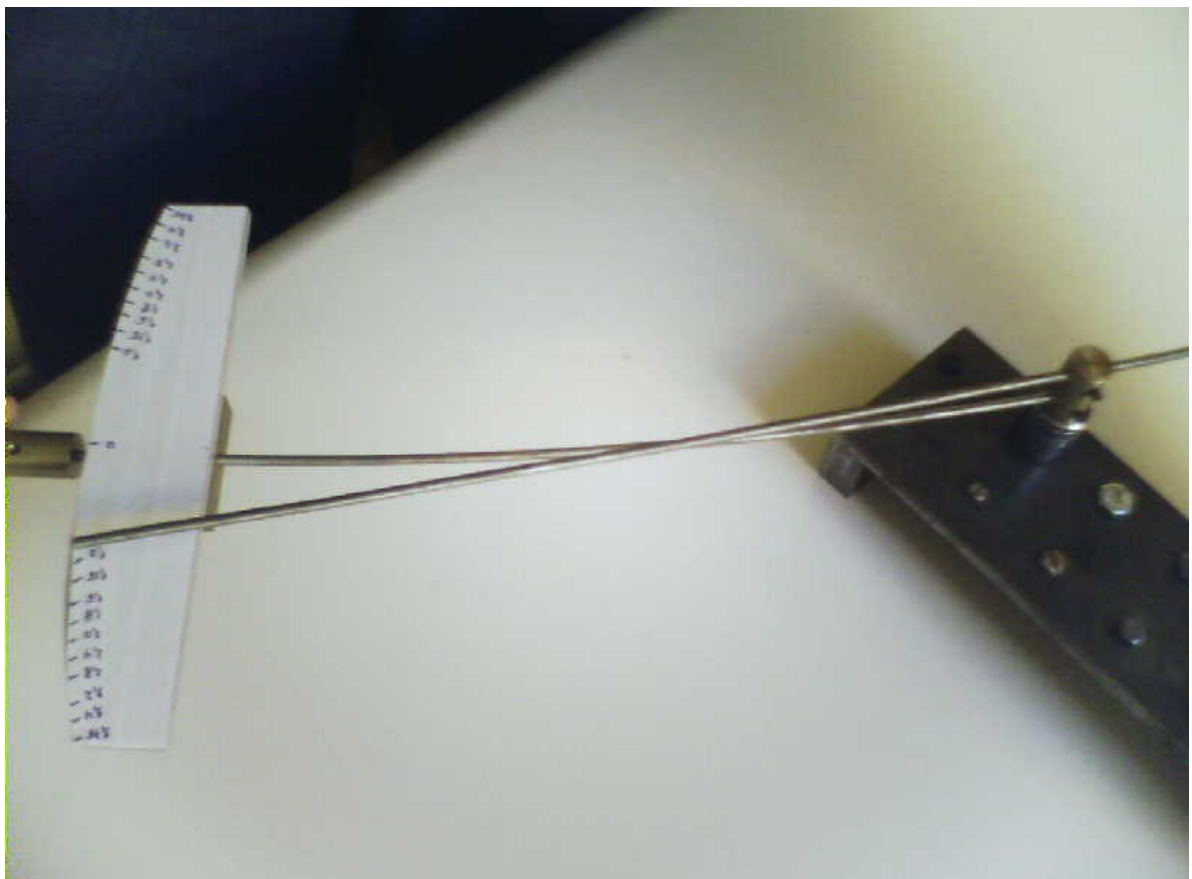


Foto 8: Exemplo de utilização do torquímetro

8,2. tabelas de referência:

■ Initial Tightening Force and Tightening Torque

Nominal of Thread	Effective Sectional Area As mm ²	Strength Class								
		12.9			10.9			8.8		
		Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque	Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque	Yield Load	Initial Tightening Force	Tightening Torque
	kgf	kgf	kgf · cm	kgf	kgf	kgf · cm	kgf	kgf	kgf · cm	
M 3×0.5	5.03	563	394	17	482	338	15	328	230	10
M 4×0.7	8.78	983	688	40	842	589	34	573	401	23
M 5×0.8	14.2	1590	1113	81	1362	953	69	927	649	47
M 6×1	20.1	2251	1576	138	1928	1349	118	1313	919	80
M 8×1.25	36.6	4099	2869	334	3510	2457	286	2390	1673	195
M10×1.5	58	6496	4547	663	5562	3894	567	3787	2651	386
M12×1.75	84.3	9442	6609	1160	8084	5659	990	5505	3853	674
M14×2	115	12880	9016	1840	11029	7720	1580	7510	5257	1070
M16×2	157	17584	12039	2870	15056	10539	2460	10252	7176	1670
M18×2.5	192	21504	15053	3950	18413	12889	3380	12922	9045	2370
M20×2.5	245	27440	19208	5600	23496	16447	4790	16489	11542	3360
M22×2.5	303	33936	23755	7620	29058	20340	6520	20392	14274	4580
M24×3	353	39536	27675	9680	33853	23697	8290	23757	16630	5820

(Note) • Tightening Conditions : Use of a torque wrench (Lubricated with Oil, Torque Coefficient $k=0.17$, Tightening Coefficient $Q=1.4$)
 • The torque coefficient varies with the conditions of use. Values in this table should be used as rough referential values.
 • The table is an excerpt from a catalog of Kyokuto Seisakusho Co., Ltd.

Tabela 3: Torque máximo de aperto de parafusos levando em conta a direção em que a força é aplicada

■ Standard Value of Tightening Coefficient Q

Tightening Coefficient Q	Tightening Method	Surface Condition		Lubrication
		Bolts	Nuts	
1.25	Torque Wrench	Manganese Phosphate		Lubricated with oil or MoS2 paste
1.4	Torque Wrench	Not treated or Treated with Phosphate.	Not treated or Treated with Phosphate.	
	Limited-Torque Wrench			
1.6	Impact Wrench			
1.8	Torque Wrench	Not treated or Treated with Phosphate.	No Treatment	Unlubricated
	Limited-Torque Wrench			

Tabela 4: Valor do coeficiente de aperto

8,3. Torquímetros comerciais



Torquímetro tipo vareta



Vários tipos de torquímetro