

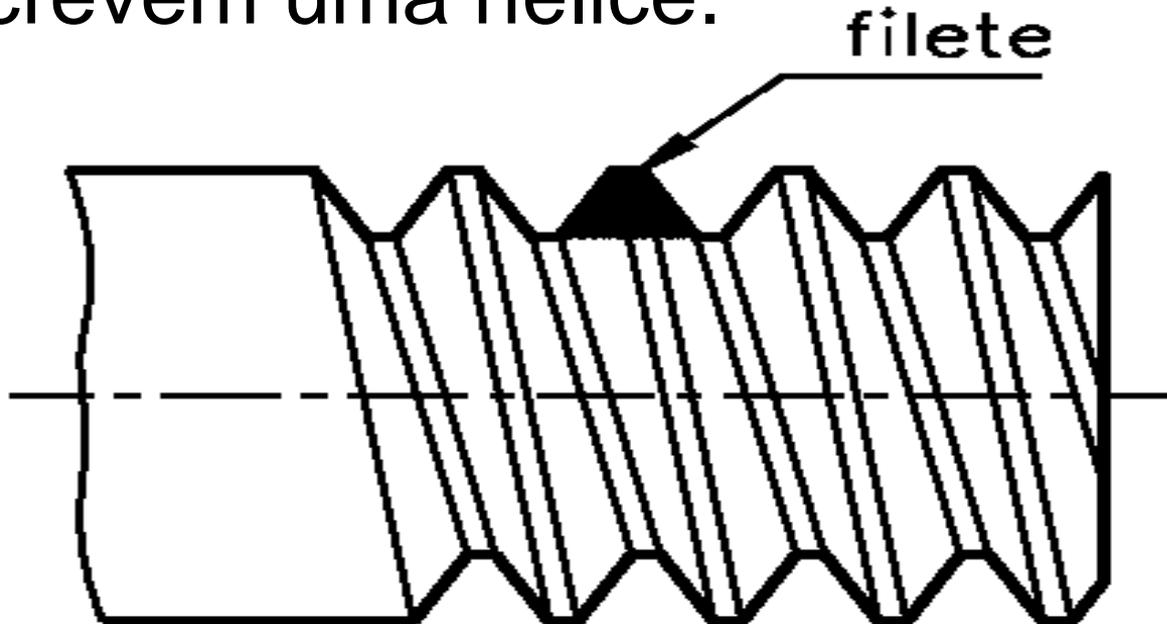
PMR 3103

**ELEMENTOS E MÉTODOS
DE UNIÃO / FIXAÇÃO**

**(ELEMENTOS ROSQUEADOS)
PARAFUSOS**

1. Definições

As roscas, dos elementos rosqueados, podem ser definidas como um conjunto de filetes em torno de uma superfície cilíndrica, quando todos os seus pontos descrevem uma hélice.



2. Tipos de Roscas

TIPOS DE ROSCAS (PERFIS) PERFIL DE FILETE

APLICAÇÃO



triangular

Parafusos e porcas de fixação na união de peças.

Ex.: Fixação da roda do carro.



trapezoidal

Parafusos que transmitem movimento suave e uniforme.

Ex.: Fusos de máquinas.



redondo

Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços.

Ex.: Equipamentos ferroviários.



quadrado

Parafusos que sofrem grandes esforços e choques.

Ex.: Prensas e morsas.



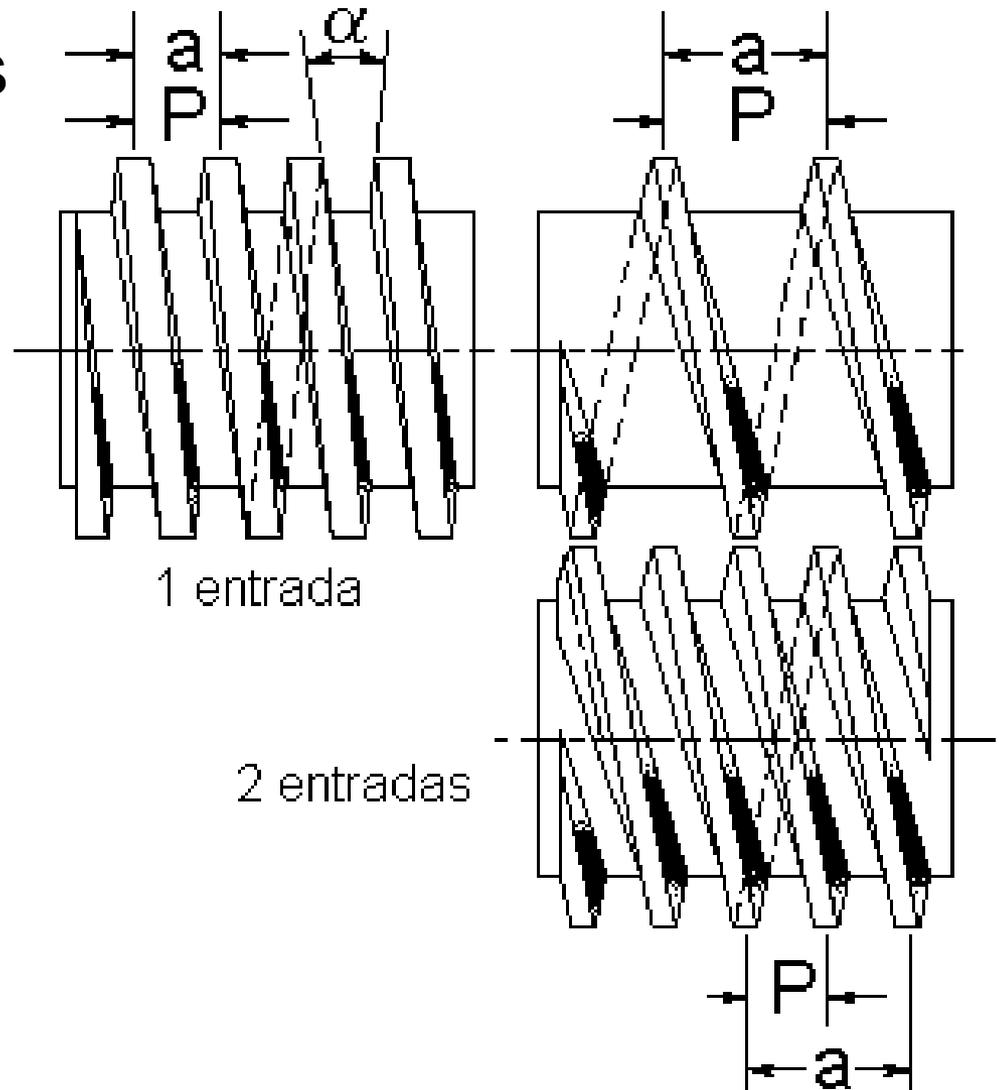
rosca dente-de-serra

Parafusos que exercem grande esforço num só sentido

Ex.: Macacos de catraca

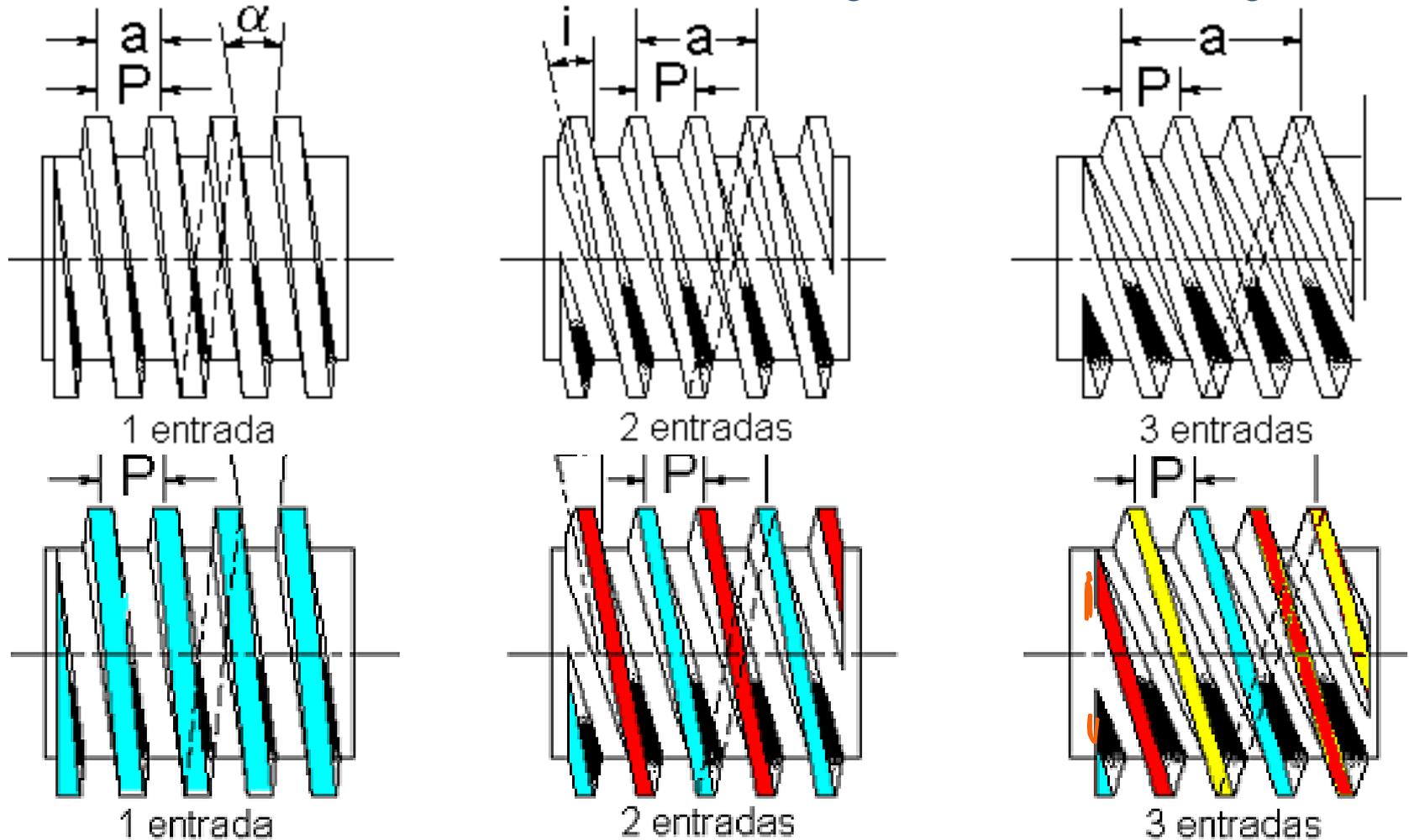
3. Nomenclatura

- **Passo:** distância entre dois pontos localizados em filetes consecutivos, no mesmo plano axial, medida paralelamente ao eixo longitudinal da rosca,
- **Avanço:** distância percorrida axialmente por um elemento rosqueado, em uma rotação completa, relativamente ao elemento acoplado.



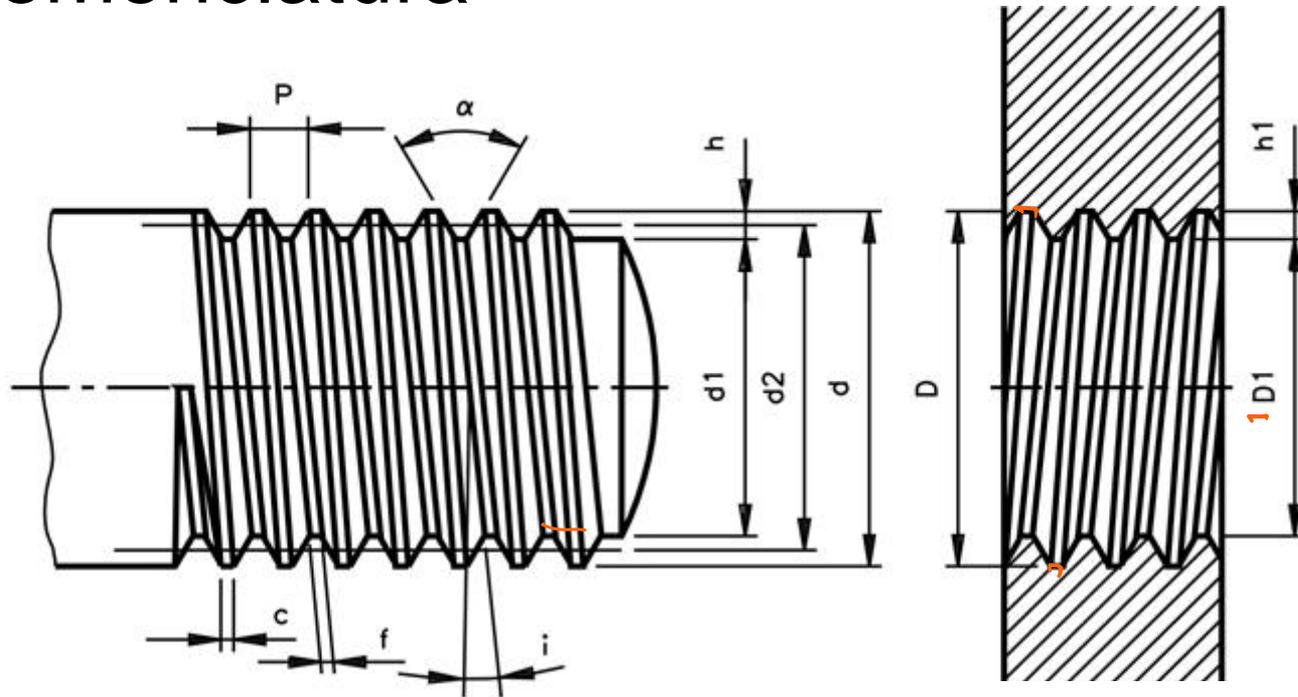
3. Nomenclatura

i = ângulo da hélice α = ângulo do filete



Avanço (a) = Passo (P) x número de entradas

3. Nomenclatura



Rosca Externa

Rosca Interna

P = passo (em mm)

d = diâmetro externo

d_1 = diâmetro interno

d_2 = diâmetro do flanco

α = ângulo do filete

f = fundo do filete

i = ângulo da hélice

c = crista

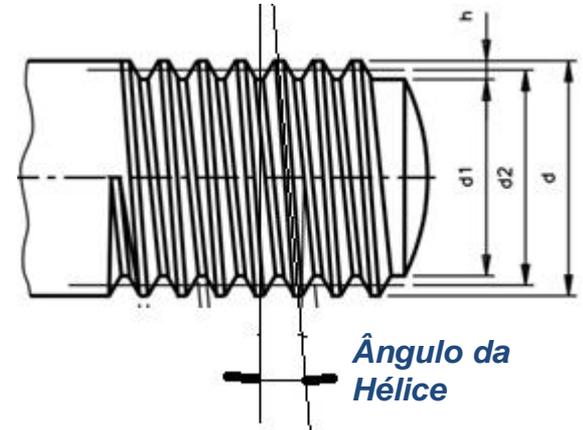
D = diâmetro do fundo da porca

D_1 = diâmetro do furo da porca

h_1 = altura do filete da porca

h = altura do filete do parafuso

- **Ângulo da Hélice (Ângulo de Avanço):** no caso da rosca cilíndrica, é o ângulo formado pela hélice da rosca com o plano perpendicular ao eixo.
- **Direita ou Esquerda:** As roscas podem ser **Direita** ou **Esquerda**, sendo esta caracterização definida pelo sentido de rotação da rosca que causa um deslocamento da mesma em relação a um observador fixo



Rosca Direita

Filete abraça cilindro no sentido horário



Rosca Esquerda

Filete abraça cilindro no sentido anti-horário

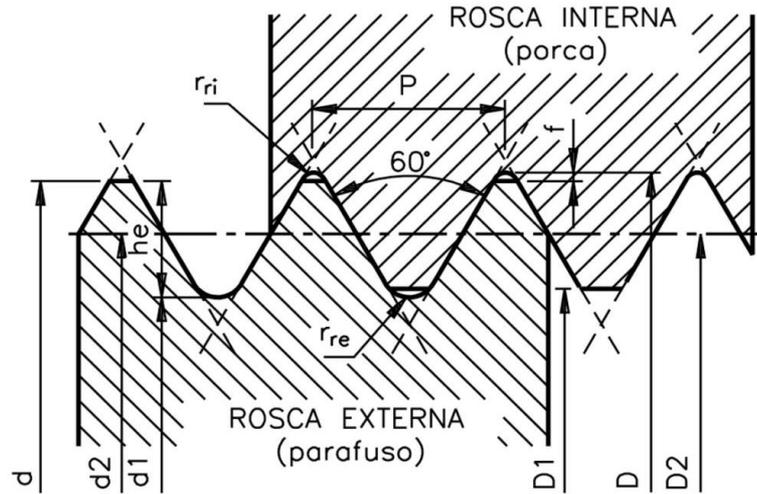


https://drive.google.com/file/d/1OsFVnjqrZfUHR_1wtD7HycYcdmF0vuHC/view?usp=sharing

<https://www.youtube.com/watch?v=v96LTfmtDPU>

4. Perfis de Roscas Triangulares

Rosca Métrica (SI) e UN (americana)



Ângulo do perfil da rosca:
 $a = 60^\circ$.

Diâmetro menor do parafuso
 (\varnothing do núcleo):

$$d_1 = d - 1,2268P.$$

Diâmetro efetivo do parafuso
 (\varnothing médio):

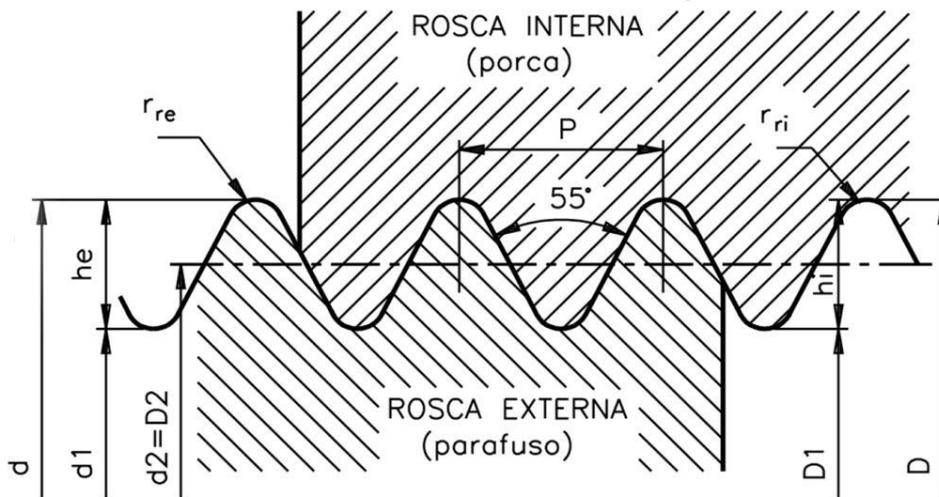
$$d_2 = D_2 = d - 0,6495P.$$

Folga entre a raiz do filete da
 porca e a crista do filete do
 parafuso:

$$f = 0,045P.$$

$h_e =$ altura do filete do parafuso

Rosca Whitworth (inglesa)



$$a = 55^\circ$$

$$P = \frac{1''}{n^\circ \text{ de fios}}$$

$$h_i = h_e = 0,6403P$$

$$r_{ri} = r_{re} = 0,1373P$$

$$d = D$$

$$d_1 = d - 2h_e$$

$$D_2 = d_2 = d - h_e$$

5. Dimensões Padrão

Série Normal

ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR SÉRIE NORMAL

EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ D ₂ (mm)
1	0,693	0,153	0,036	1,011	0,729	0,018	0,25	0,837
1,2	0,893	0,153	0,036	1,211	0,929	0,018	0,25	1,038
1,4	1,032	0,184	0,043	1,413	1,075	0,022	0,3	1,205
1,6	1,171	0,215	0,051	1,616	1,221	0,022	0,35	1,373
1,8	1,371	0,215	0,051	1,816	1,421	0,022	0,35	1,573
2	1,509	0,245	0,058	2,018	1,567	0,025	0,4	1,740
2,2	1,648	0,276	0,065	2,220	1,713	0,028	0,45	1,908
2,5	1,948	0,276	0,065	2,520	2,013	0,028	0,45	2,208
3	2,387	0,307	0,072	3,022	2,459	0,031	0,5	2,675
3,5	2,764	0,368	0,087	3,527	2,850	0,038	0,6	3,110
4	3,141	0,429	0,101	4,031	3,242	0,044	0,7	3,545
4,5	3,680	0,460	0,108	4,534	3,690	0,047	0,75	4,013
5	4,019	0,491	0,115	5,036	4,134	0,051	0,8	4,480
6	4,773	0,613	0,144	6,045	4,917	0,06	1	5,350
7	5,773	0,613	0,144	7,045	5,917	0,06	1	6,350
8	6,466	0,767	0,180	8,056	6,647	0,08	1,25	7,188
9	7,466	0,767	0,180	9,056	7,647	0,08	1,25	8,188
10	8,160	0,920	0,217	10,067	8,376	0,09	1,5	9,026

Série Fina

ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR

SÉRIE FINA

EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ D ₂ (mm)
1,6	1,354	0,123	0,029	1,609	1,384	0,013	0,2	1,470
1,8	1,554	0,123	0,029	1,809	1,584	0,013	0,2	1,670
2	1,693	0,153	0,036	2,012	1,730	0,157	0,25	1,837
2,2	1,893	0,153	0,036	2,212	1,930	0,157	0,25	2,038
2,5	2,070	0,215	0,050	2,516	2,121	0,022	0,35	2,273
3	2,570	0,215	0,050	3,016	2,621	0,022	0,35	2,773
3,5	3,070	0,215	0,050	3,516	3,121	0,022	0,35	3,273
4	3,386	0,307	0,072	4,027	3,459	0,031	0,5	3,673
4,5	3,886	0,307	0,072	5,527	3,959	0,031	0,5	4,175
5	4,386	0,307	0,072	5,027	4,459	0,031	0,5	4,675
5,5	4,886	0,307	0,072	5,527	4,959	0,031	0,5	5,175
6	5,180	0,460	0,108	6,034	5,188	0,047	0,75	5,513
7	6,180	0,460	0,108	7,034	6,188	0,047	0,75	6,513
8	7,180	0,460	0,108	8,034	7,188	0,047	0,75	7,513
8	6,773	0,613	0,144	8,045	6,917	0,06	1	7,350
9	8,180	0,460	0,108	9,034	8,188	0,047	0,75	8,513
9	7,773	0,613	0,144	9,045	7,917	0,06	1	8,350

6. Nomenclatura de Elementos Rosqueados

➤ ROSCA MÉTRICA

M6 - rosca métrica de diâmetro nominal 6 mm e passo normal

M6x0,75 - rosca métrica de diâmetro nominal 6 mm e passo fino de 0,75 mm

M8x25 - parafuso de rosca métrica, com diâmetro nominal de 8 mm, passo normal e comprimento de 25 mm

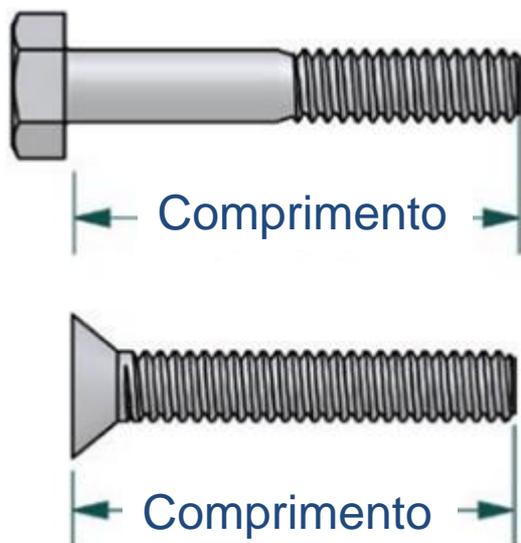
Indicação completa Rosca Métrica: **M6x0,75x70**

➤ ROSCA PADRÃO AMERICANO

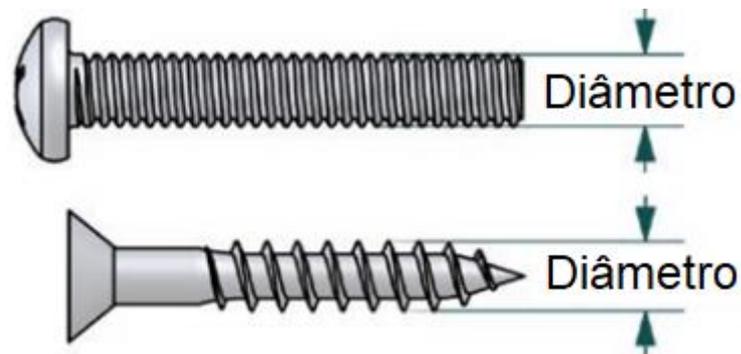
 **1/2\"-13 UNC** - rosca padrão americano com diâmetro nominal de 0,5 polegadas, padrão grosso, com 13 filetes/fios por polegada.

 **1/2\"- 20 UNF** - rosca padrão americano com diâmetro nominal de 0,5 polegadas, padrão fino, com 20 filetes/fios por polegada.

Medindo o Comprimento



Medindo o Diâmetro



DIÂMETROS PREFERENCIAIS Para Parafusos e Barras Rosqueadas

➤ Primeira Escolha

M 1 1,2 1,6 2 2,5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 24 30 36 42 48 56 64

➤ Segunda Escolha

M 1,4 1,8 3,5 14 18 22 27 33 39 45 52 60

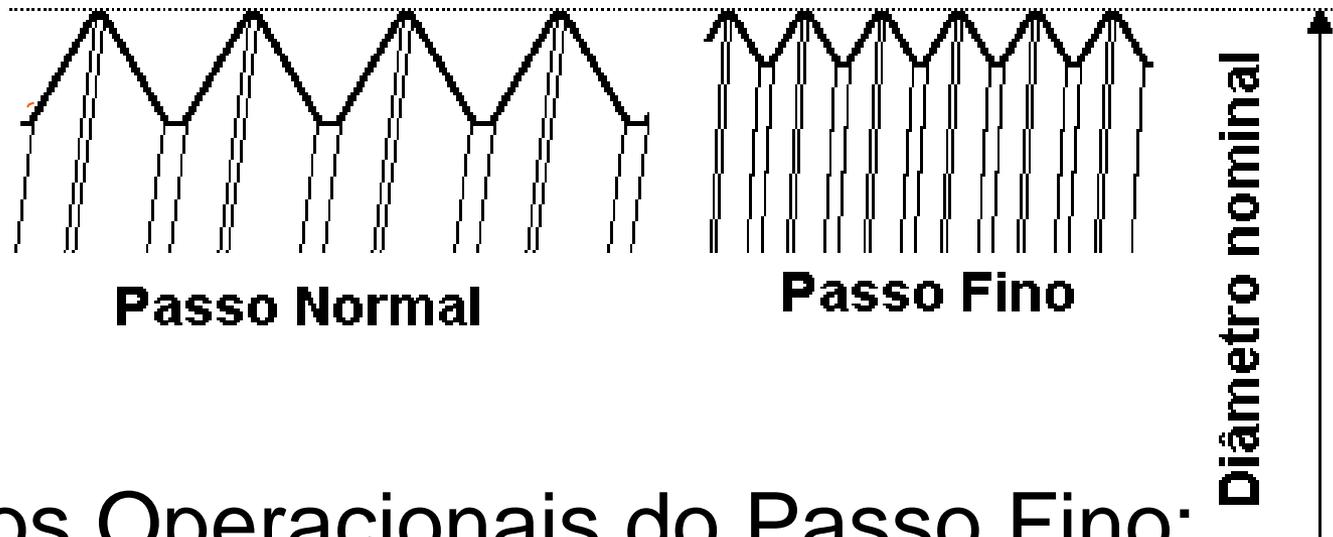
➤ Terceira Escolha

M 15 17 25 40

➤ Evitar

M 7 9 11 26 28 32 35 38

- Rosca de Passo Normal e Passo Fino

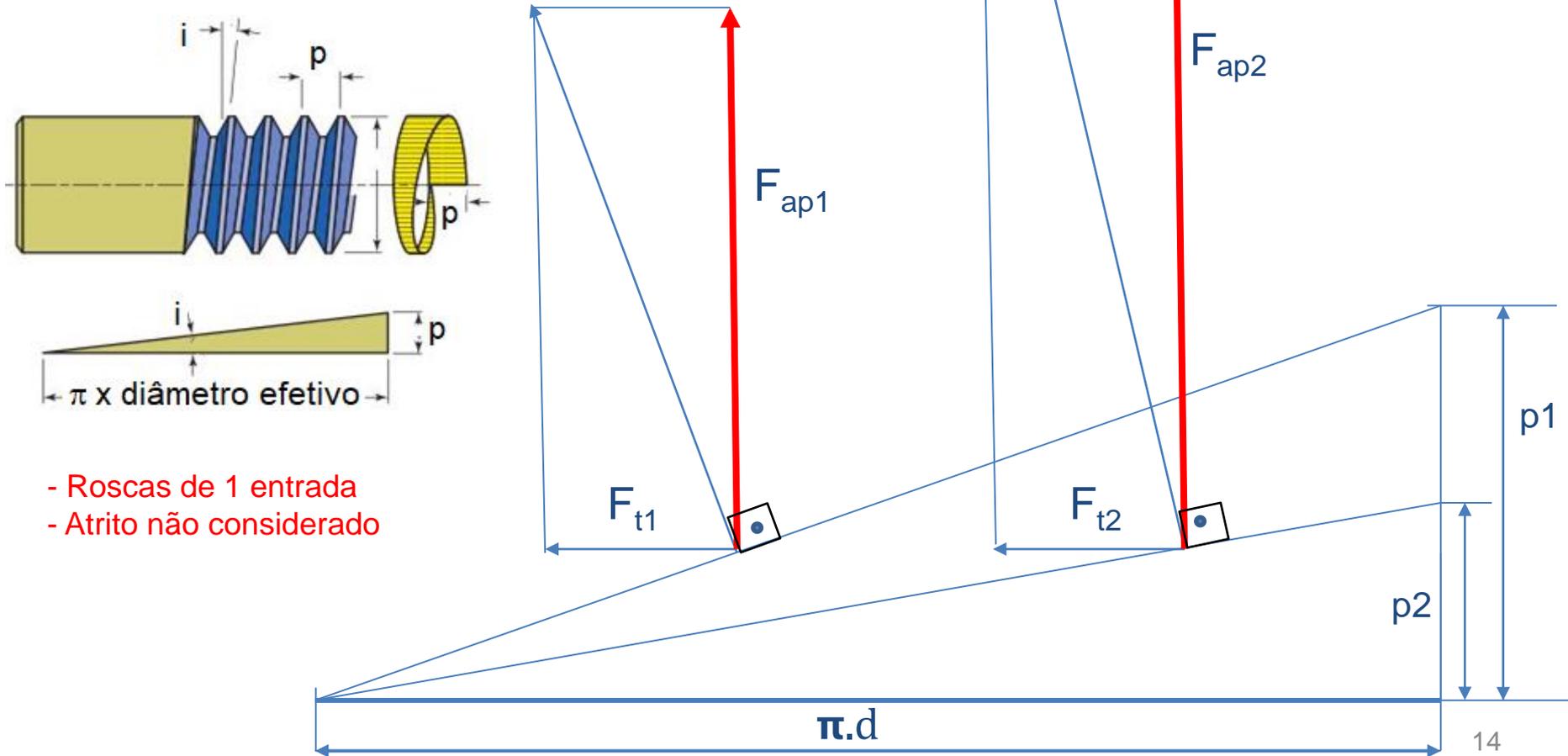


Aspectos Operacionais do Passo Fino:

- Maior aperto entre as peças para o mesmo conjugado(torque)
- Menor avanço (mais voltas até o aperto)
- Menor ângulo de hélice
- Maior “precisão” no ajuste (sensibilidade)

Força de Aperto em Função do Passo da Rosca

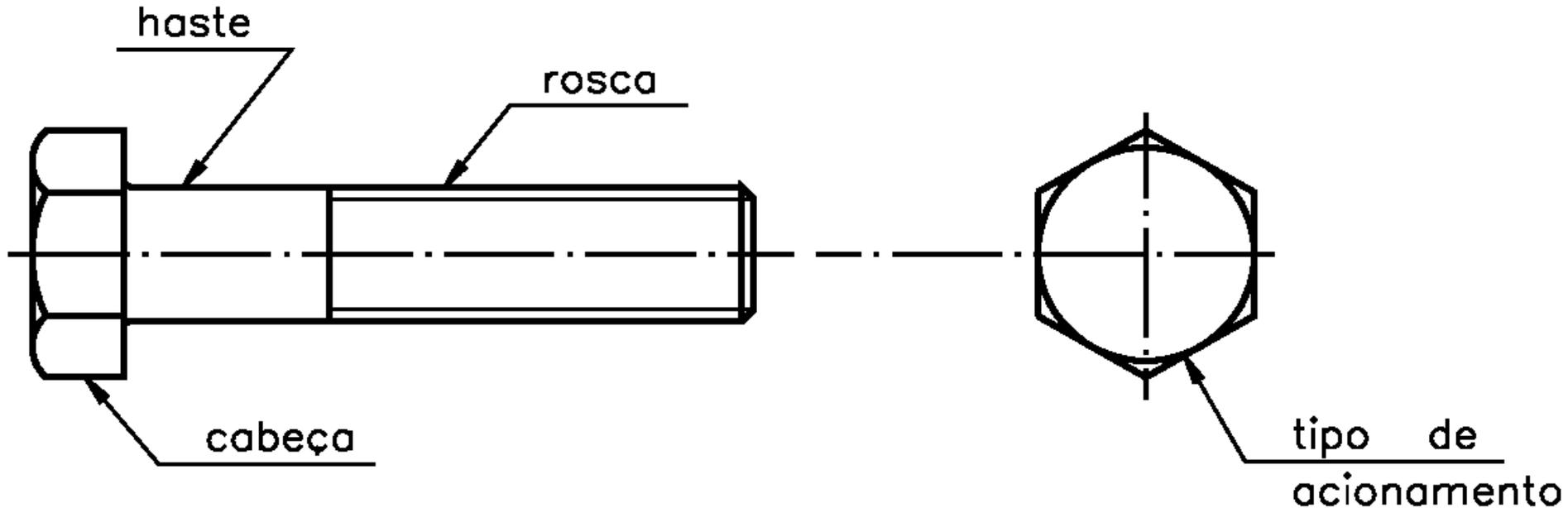
Força de Aperto (F_{ap}) em Rosca de uma entrada com Passo Normal (p_1) e Passo Fino (p_2) para mesmos diâmetros ($d_1=d_2$) e torques aplicados ($F_{t1}=F_{t2}$)



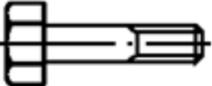
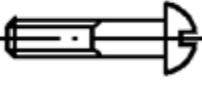
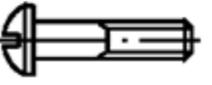
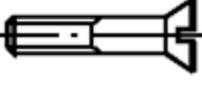
- Roscas de 1 entrada
- Atrito não considerado

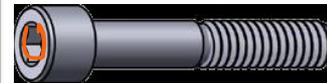
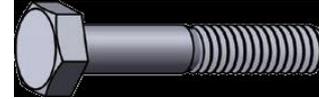
7. Tipos de Parafusos

- Os parafusos se diferenciam pelas formas da cabeça, da haste e da rosca.

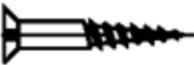
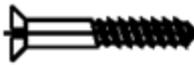
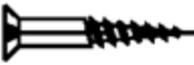


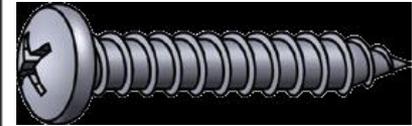
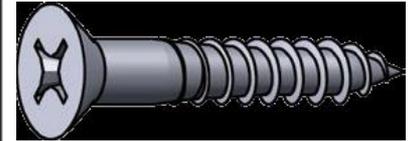
Cabeça

	parafuso sextavado			parafuso sextavado com rosca total
	parafuso sextavado com porca			parafuso auto-atarraxante de cabeça sextavada
	parafuso de cabeça cilíndrica com sextavado interno			
	parafuso de cabeça quadrada			
	parafuso de cabeça cilíndrica com fenda			parafuso de cabeça redonda com fenda
	parafuso de cabeça cilíndrica abaulada com fenda			parafuso de cabeça escareada com fenda
	parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda			parafuso sem cabeça com fenda



Cabeça

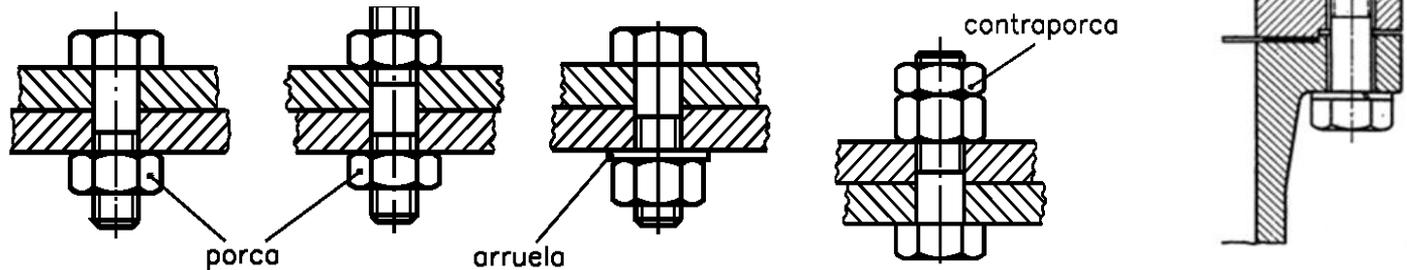
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda			parafuso sem cabeça com rosca total e fenda
	parafuso tipo prego de cabeça escareada			
	parafuso de cabeça panela com fenda cruzada			parafuso de cabeça escareada com fenda cruzada
	parafuso de cabeça redonda com fenda cruzada			parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda cruzada			parafuso para madeira de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada
	prisioneiro			
	parafuso de cabeça recartilhada			
	parafuso borboleta			



8. Tipos de Uniões Parafusadas

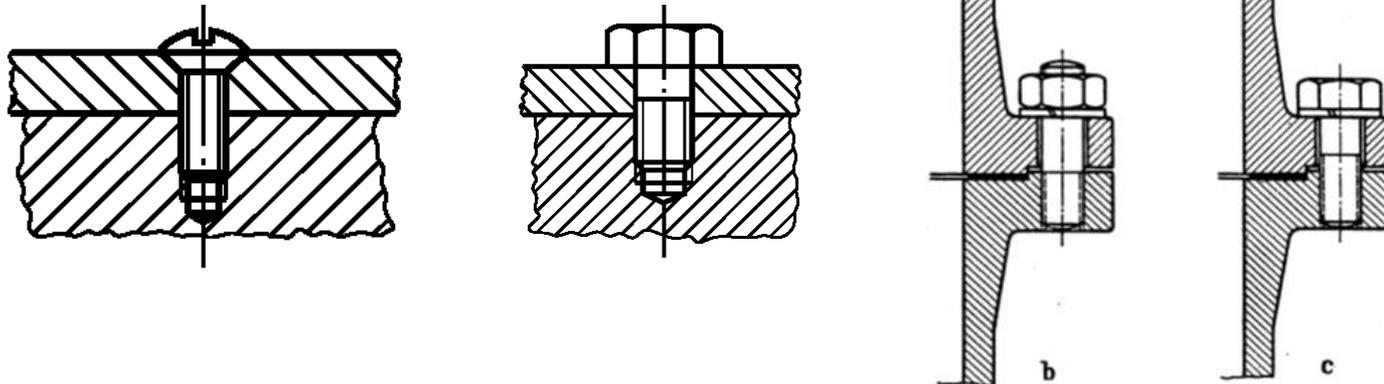
➤ Parafusos Passantes (“Bolt”)

Atravessam de lado a lado as peças a serem unidas, passando livremente nos furos. São utilizadas porcas e outros elementos na união.

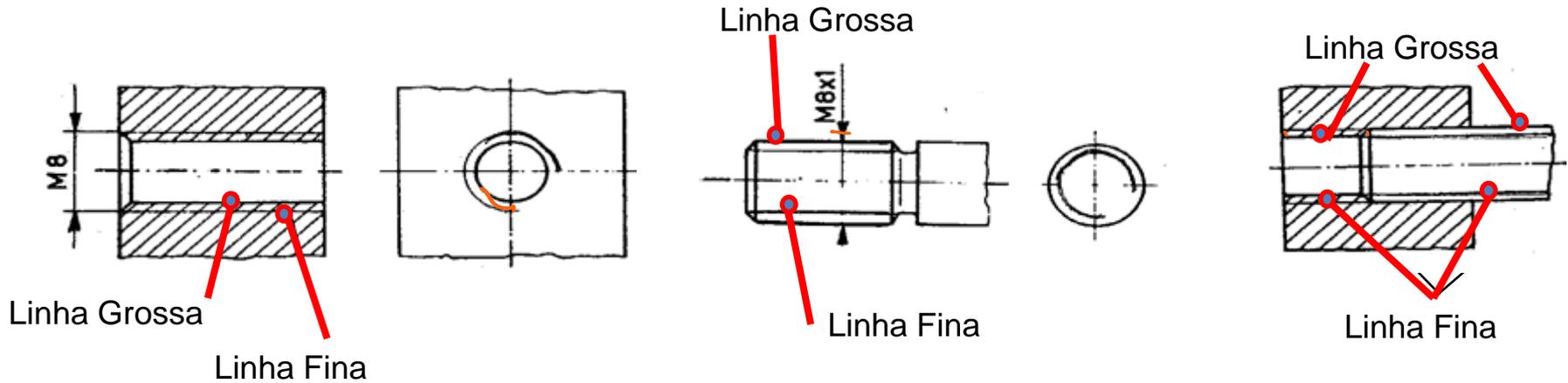


➤ Parafusos Não-Passantes (“Screw”)

O papel de porca é desempenhado pelo furo roscado executado em uma das peças a serem unidas.



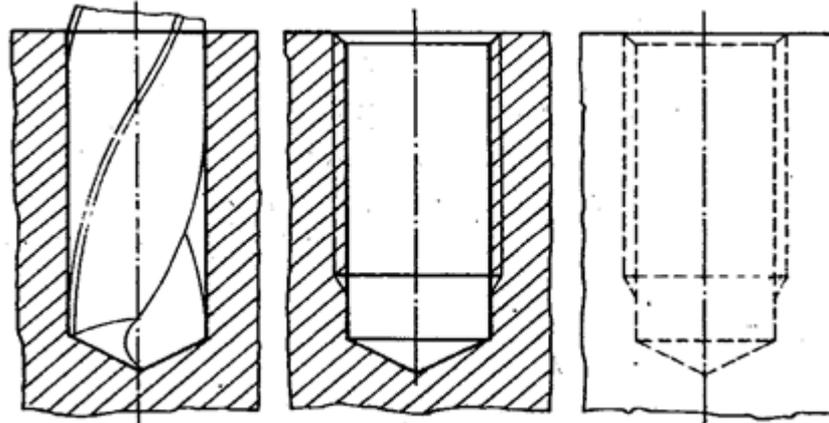
- Representação de Roscas Macho (externa) e Fêmea (interna)



Usinagem de Furo com Rosca

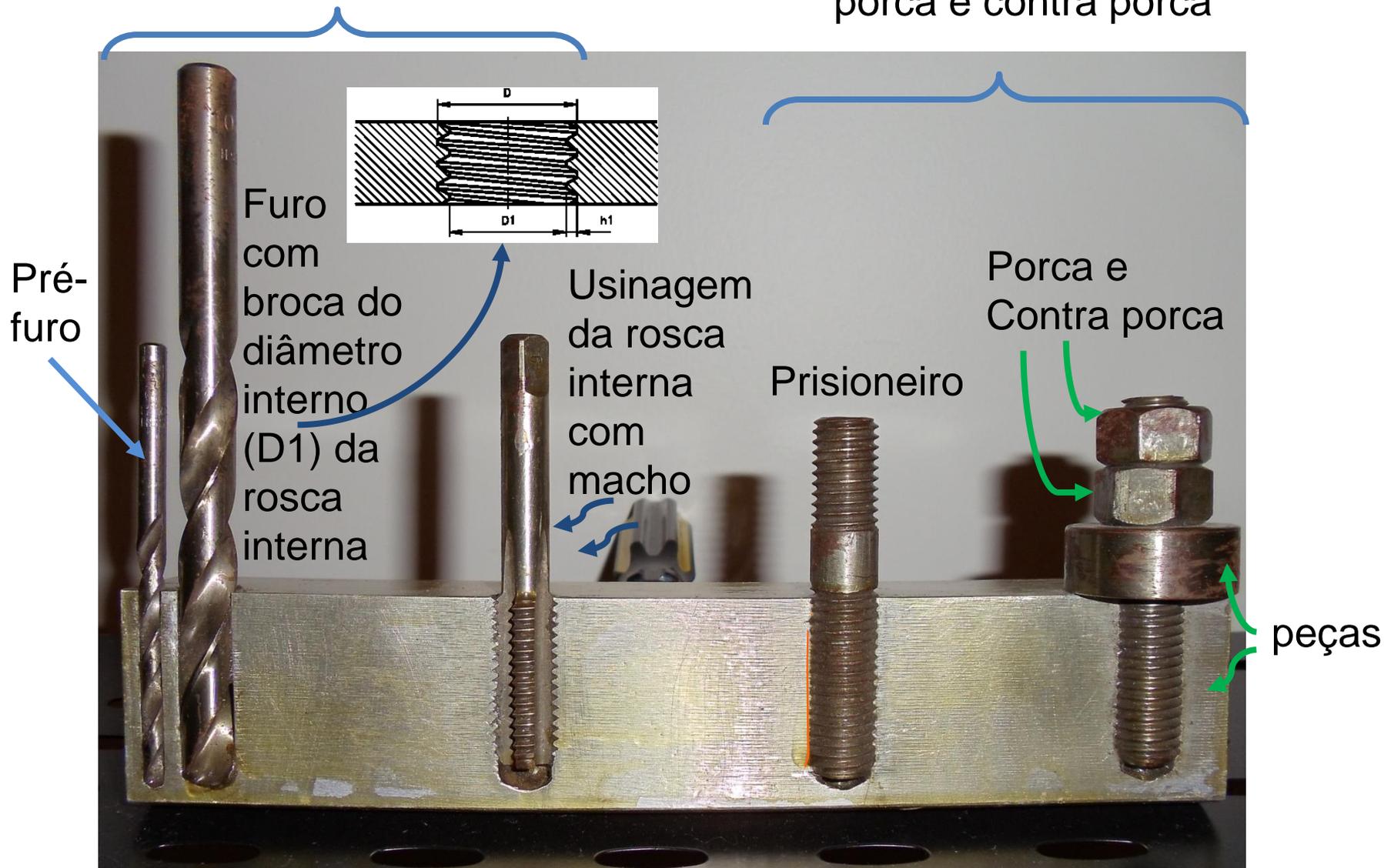
Furação com Broca

Usinagem da Rosca



Sequencia de usinagem de furo com rosca

Fixação de peça com prisioneiro e porca e contra porca



Fabricação da Rosca

Machos (rosca interna)

Manuais



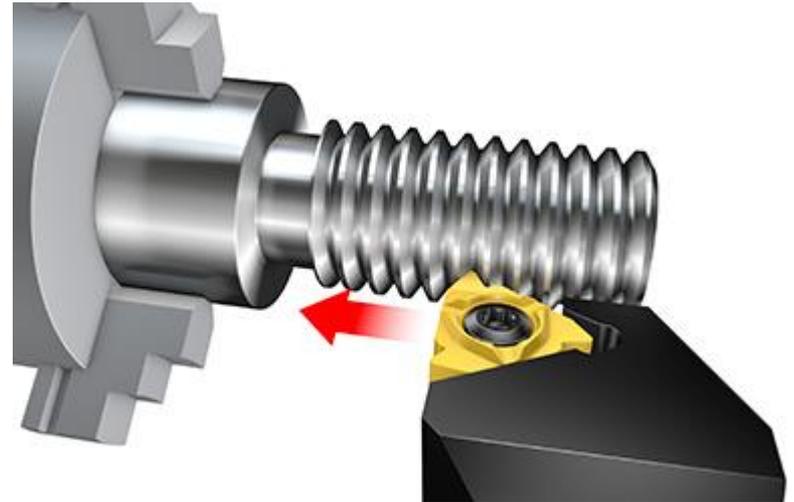
Máquina



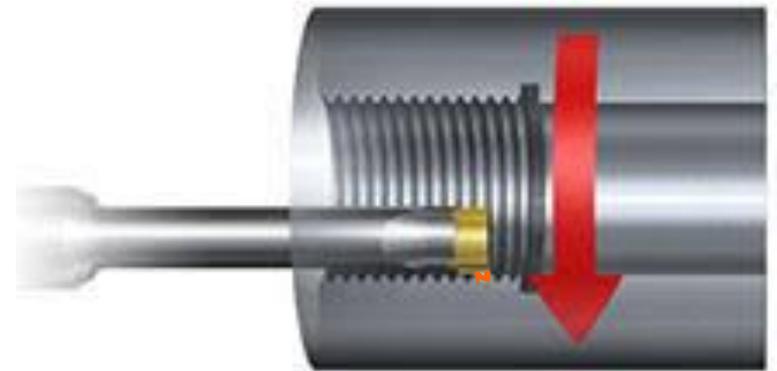
Cossinete
(rosca externa)



Torneamento Rosca Externa

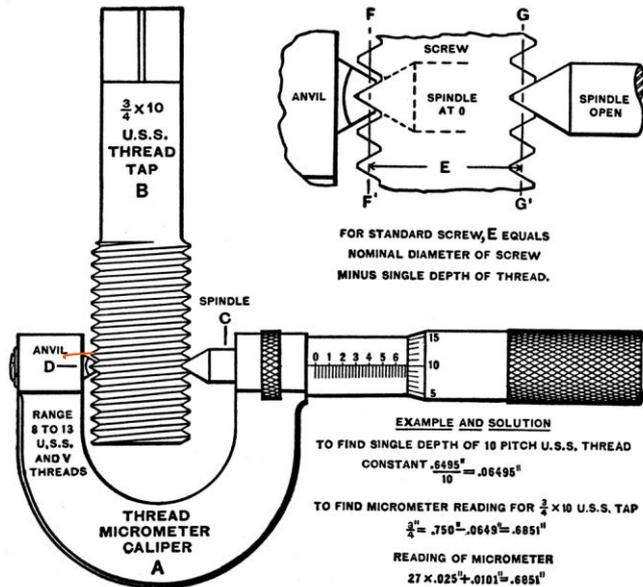


Torneamento Rosca Interna

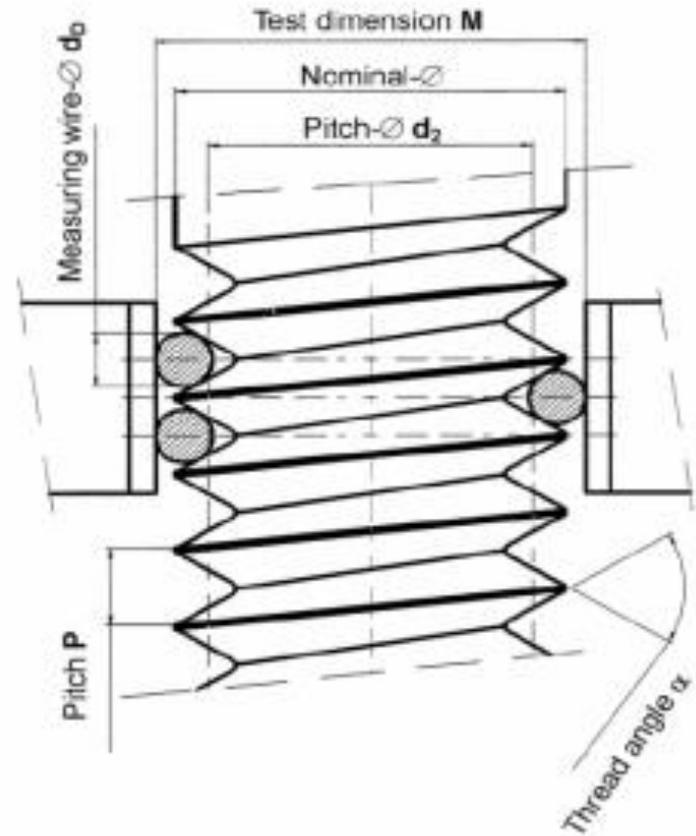


Medição da Rosca

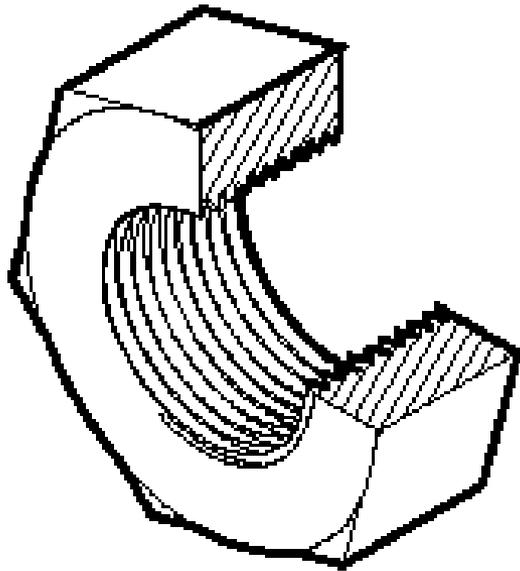
Micrômetro Especial



Medição com 3 Pinos

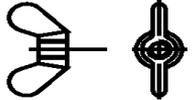


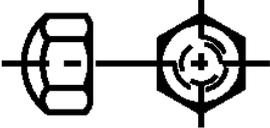
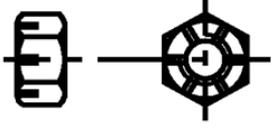
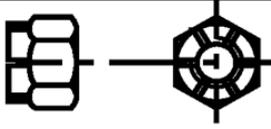
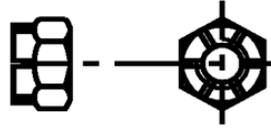
Porcas



Porcas - Classificação

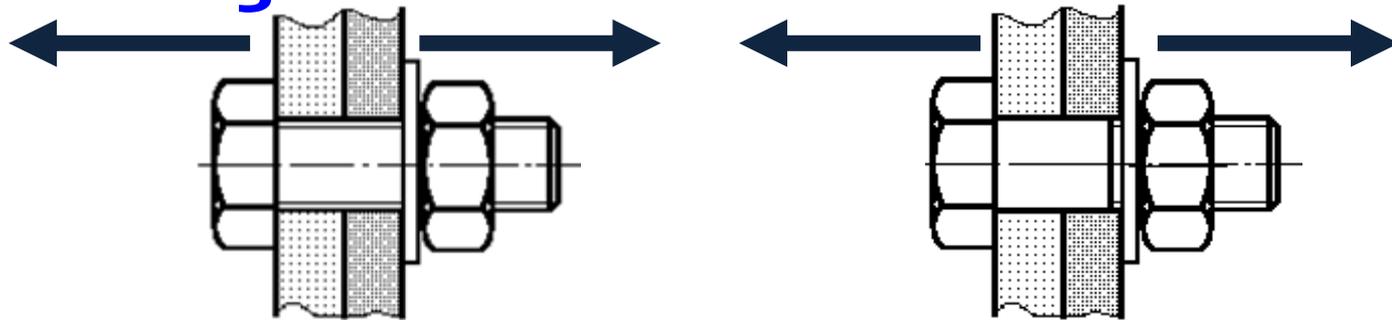
	 .porca sextavada
	 .porca sextavada chata
	 .porca quadrada
	 .porca quadrada chata

	porca borboleta
	porca recartilhada baixa
	porca recartilhada alta

	Porca Cega Baixa
	Porca Cega Alta
	Porca Sextavada com Fendas
	Porca Castelo
	Porca Castelo Chata

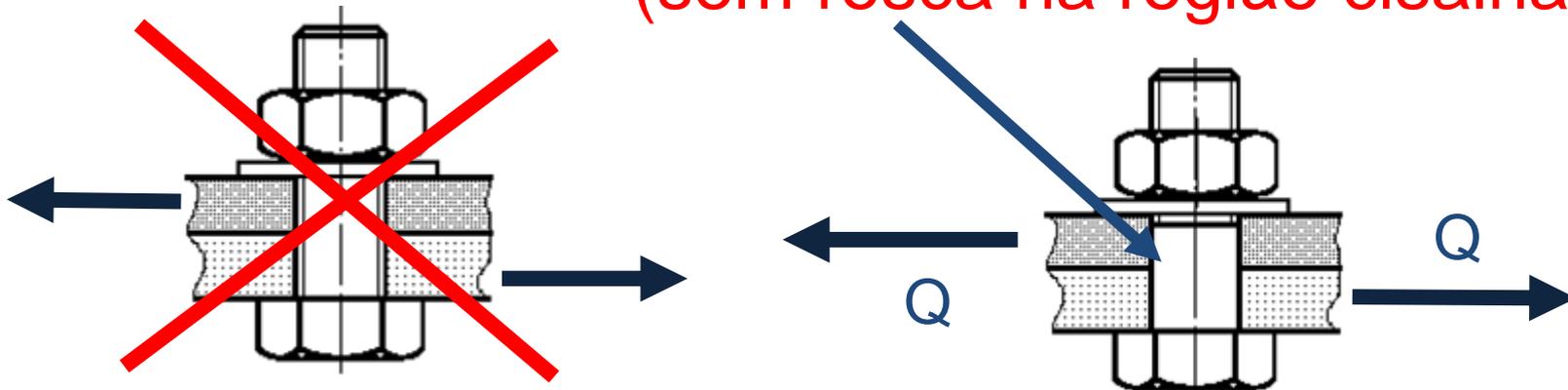
Cargas Preferenciais

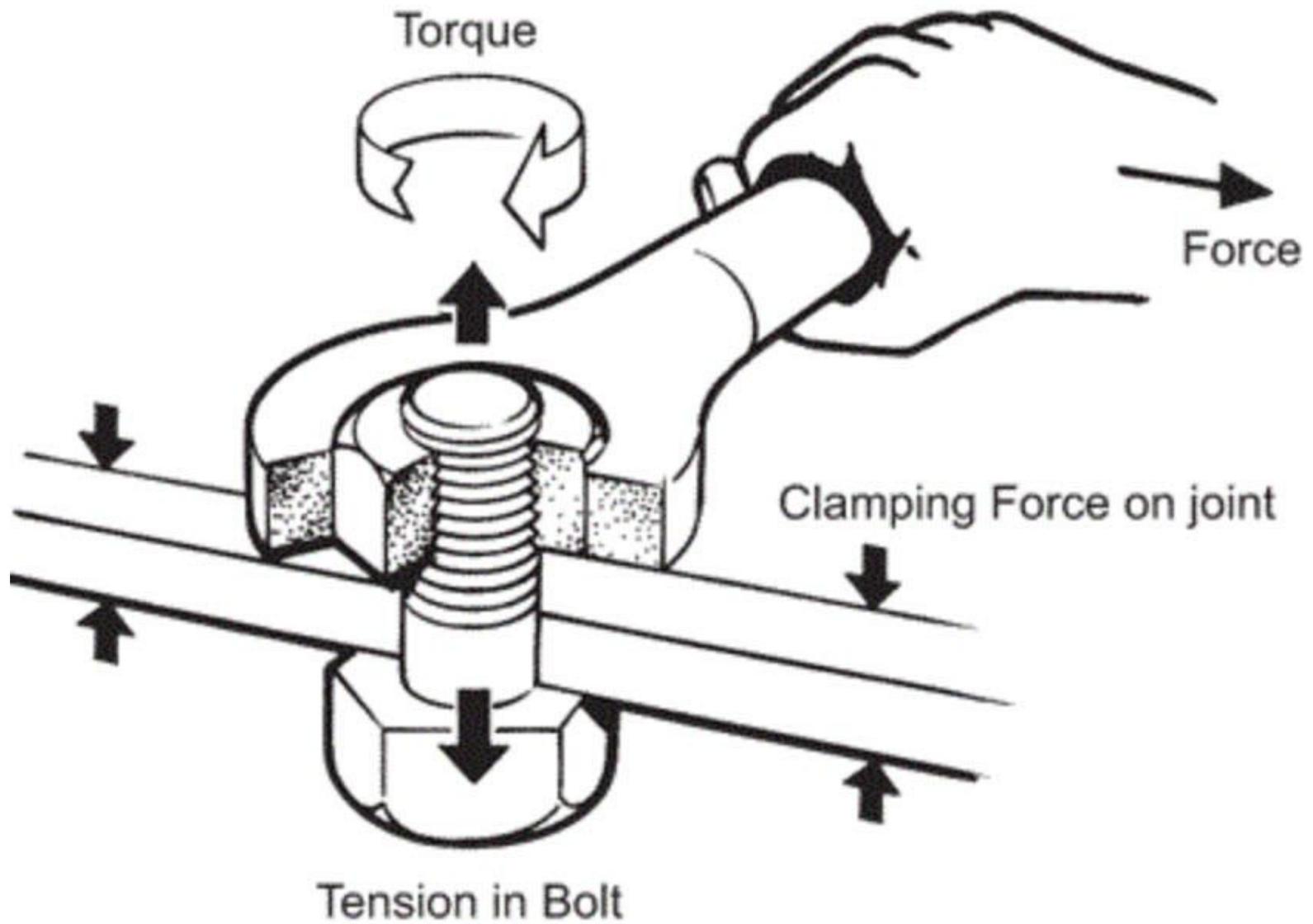
➤ **TRAÇÃO** LONGITUDINAL



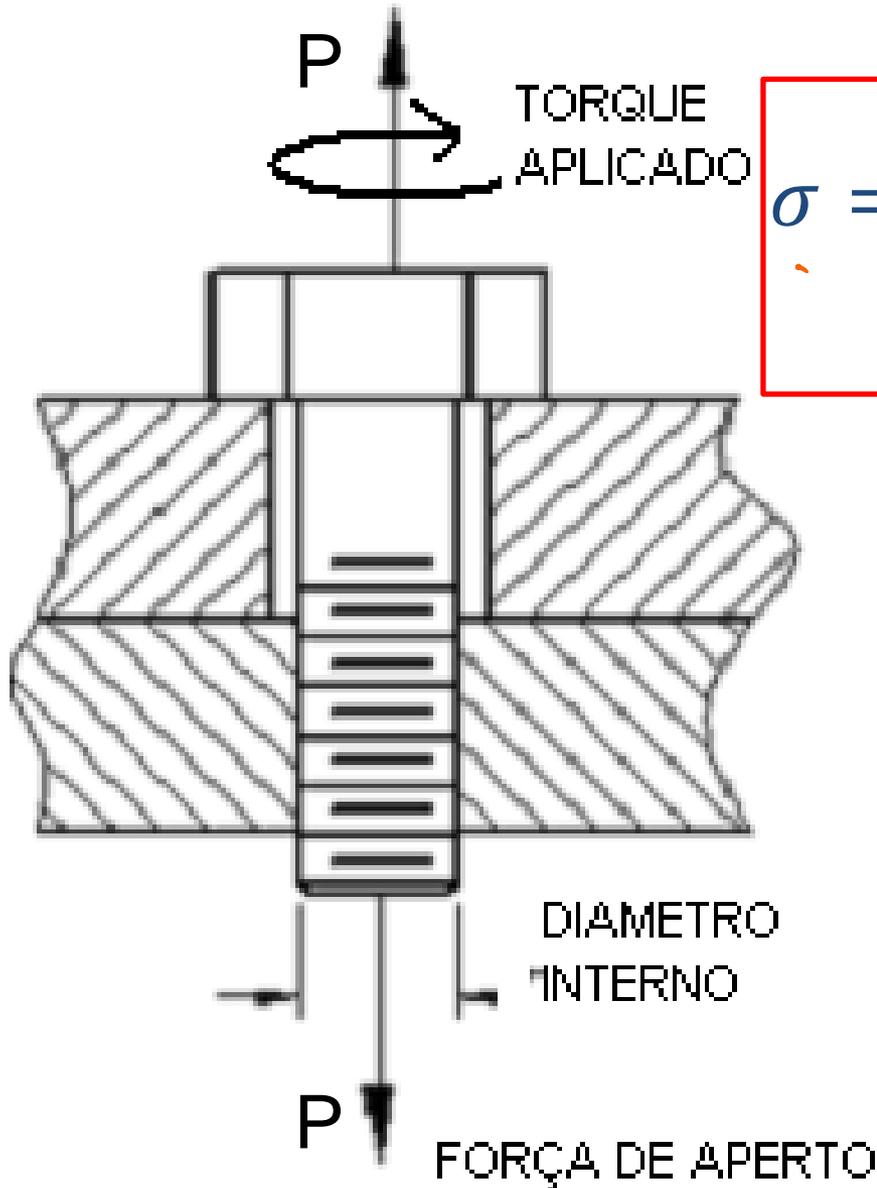
➤ **CISALHAMENTO**

Apenas em parafusos com haste lisa
(sem rosca na região cisalhada)





Parafuso com Carga de Tração



TRAÇÃO LONGITUDINAL

$$\sigma = \frac{P}{S_1 \cdot z} = \frac{P}{\pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot z} \leq \sigma_{1ad}$$

σ = tensão de tração no parafuso

P = carga axial no parafuso

S₁ = área de trabalho

d₁ = diâmetro interno do parafuso

z = número de parafusos para a carga P

σ_{1ad} = tensão de tração admissível no parafuso

Classes de Resistência de Parafusos

Fastener **Grade** (US) or **Class** (metric) refers to the mechanical properties of the fastener material. Generally, a higher number indicates a stronger, more hardened (but also more brittle) fastener.

For a chart of fastener grades, head markings and mechanical properties, see Bolt Depot's Grade markings and Strength Chart at <http://boltdepot.com/info>

US bolt head markings



Low Carbon

Grade 5

Grade 8

Metric bolt head markings



Class 8.8

Class 10.9

Class 12.9

Note: In addition to these markings, the head will often have a manufacturer stamp.

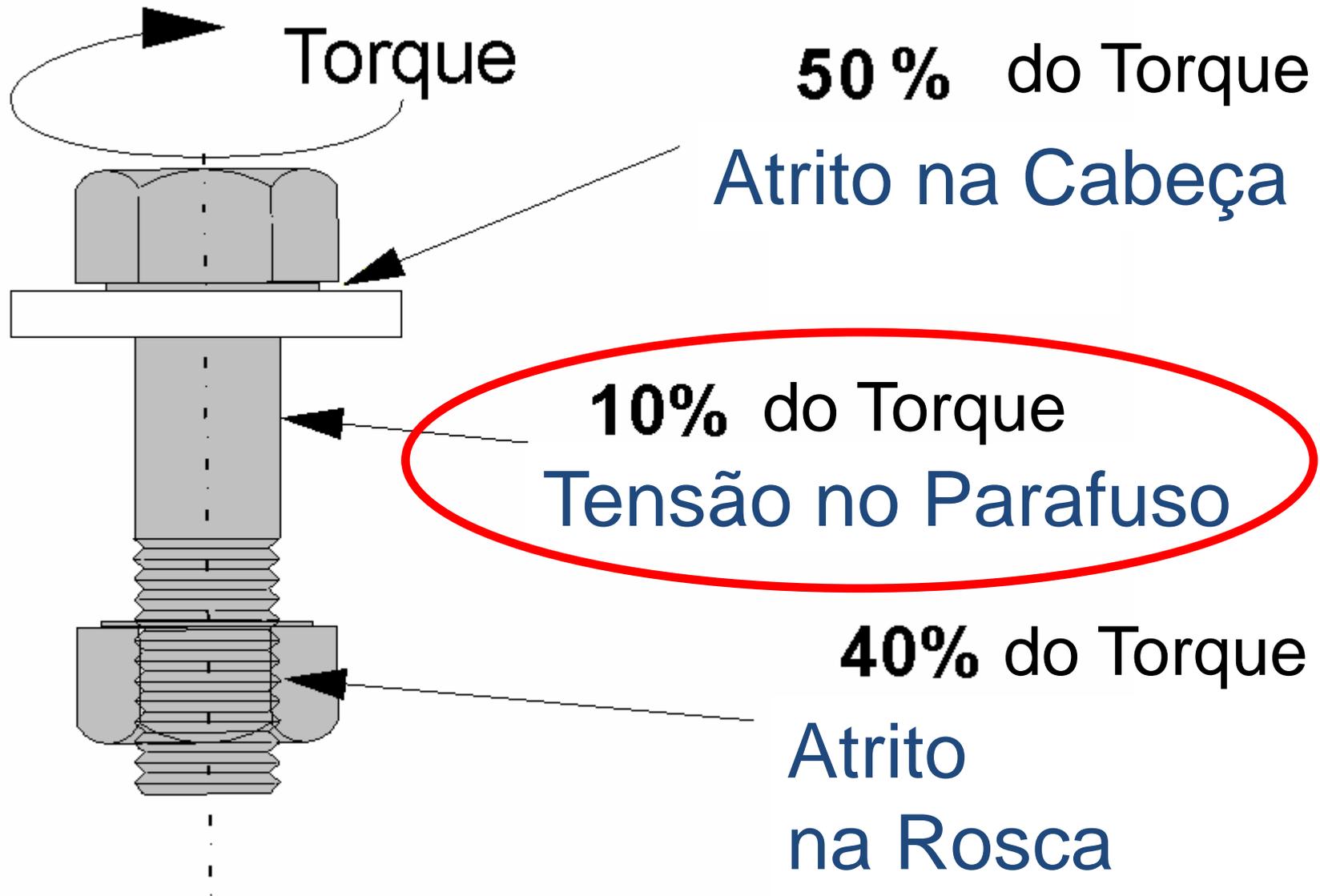
Consultar: ISO 898-1

[Site Informativo: www.boltdepot.com](http://www.boltdepot.com)

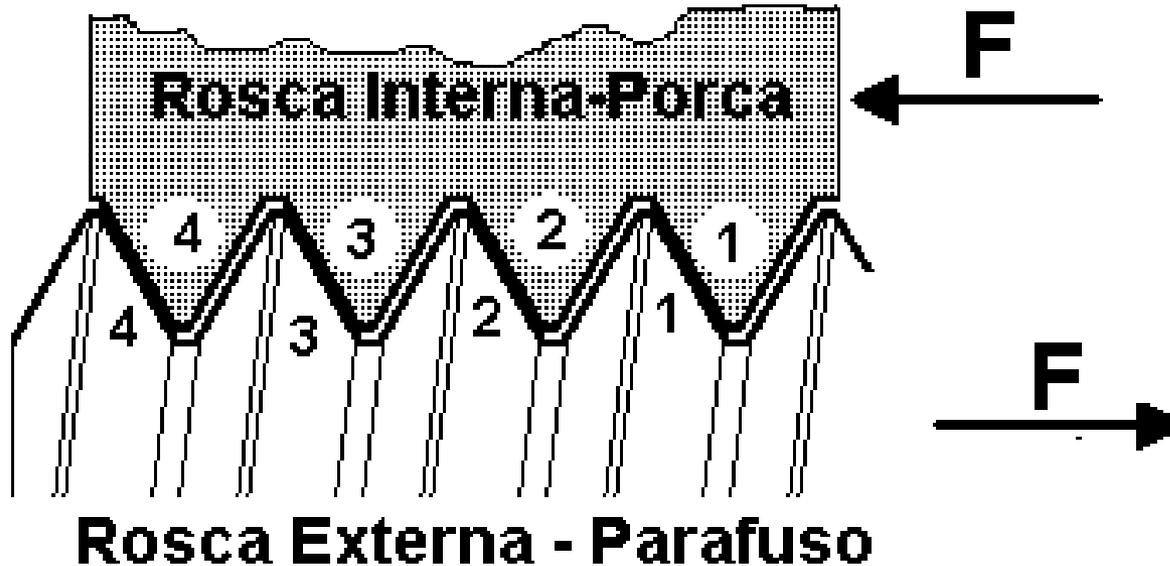
PROPRIEDADES DE PARAFUSOS CLASSIFICADOS

MARCAÇÃO NA CABEÇA	CLASSE E MATERIAL	MEDIDA NOMINAL (mm)	PROPRIEDADES MECÂNICAS		
			Proof Load (MPa)	Min. Yield Strength (MPa)	Min. Tensile Strength (MPa)
	Classe 8.8 Medium carbon steel, quenched and tempered	All Sizes below 16mm	580	640	800
		16mm - 72mm	600	660	830
	Classe 10.9 Alloy steel quenched and tempered	5mm - 100mm	830	940	1040
	Classe 12.9 Alloy steel, quenched and tempered	1.6mm - 100mm	970	1100	1220
Stainless markings vary. Most stainless is non-magnetic. Usually stamped A-2.	A-2 Stainless Steel alloy with 17- 19% chromium and 8-13% nickel	All Sizes thru 20mm		210 Min. 450 Typical	500 Min. 700 Typical

Distribuição do Torque Aplicado (Típica)

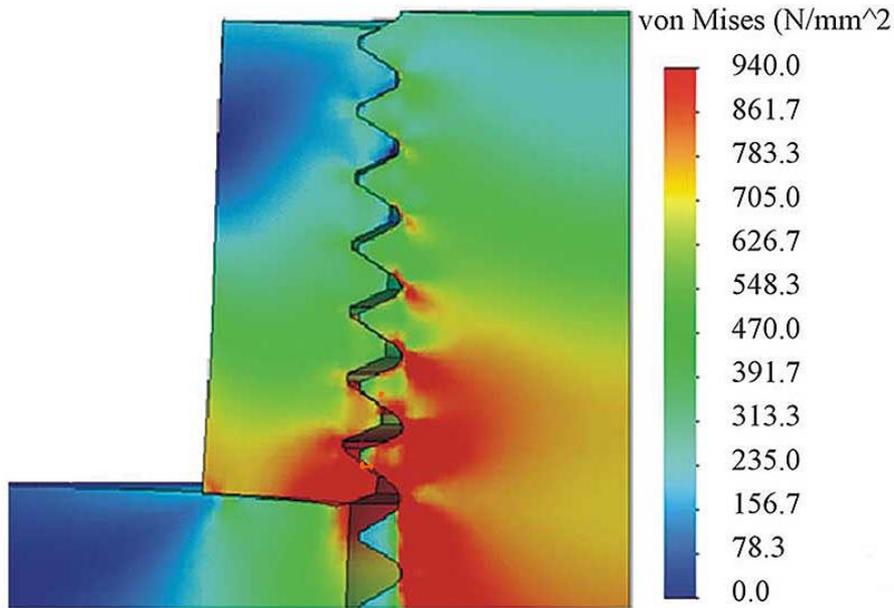


Interação Porca-Parafuso sob Carga

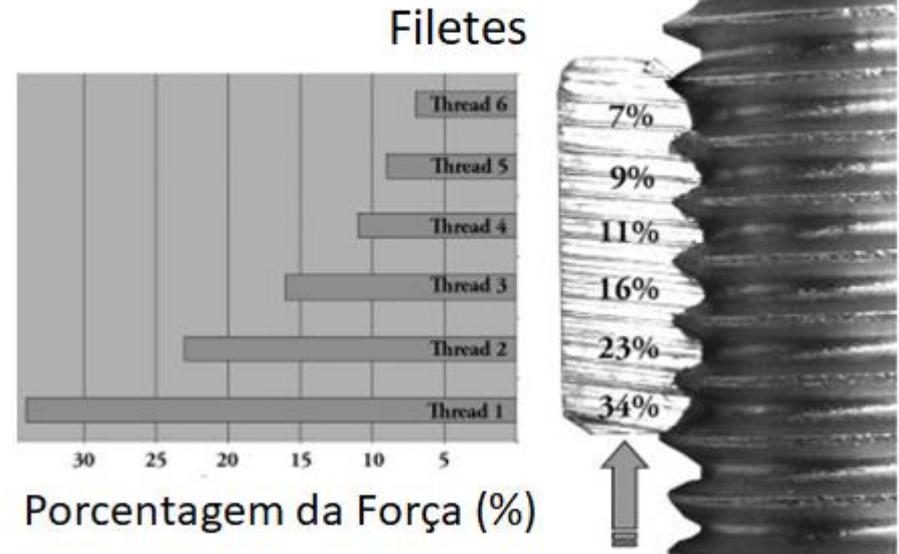


- A carga axial se distribui preponderantemente nos 3 primeiros filetes
- A ruptura dos filetes ocorre, basicamente, por cisalhamento
- Sempre há folga entre os filetes

Distribuição da Força da União pelos Filetes da Rosca



Rosca de diâmetro 22 mm



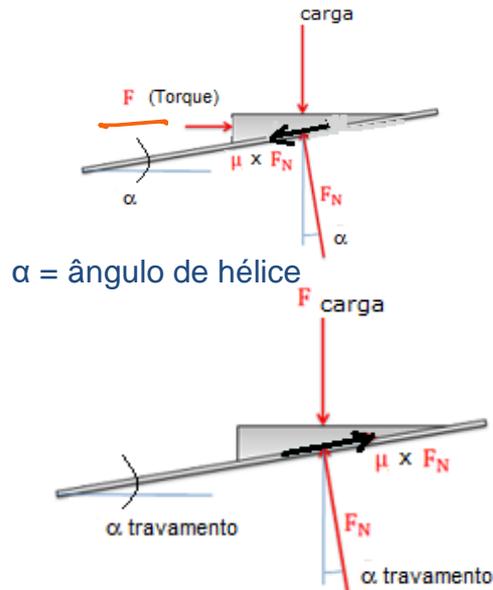
Rendimento do Parafuso e Autotravamento

$$\eta = F \cdot p / (T \cdot 2 \cdot \pi)$$

F=força axial resultante

T=torque aplicado

p= passo da rosca



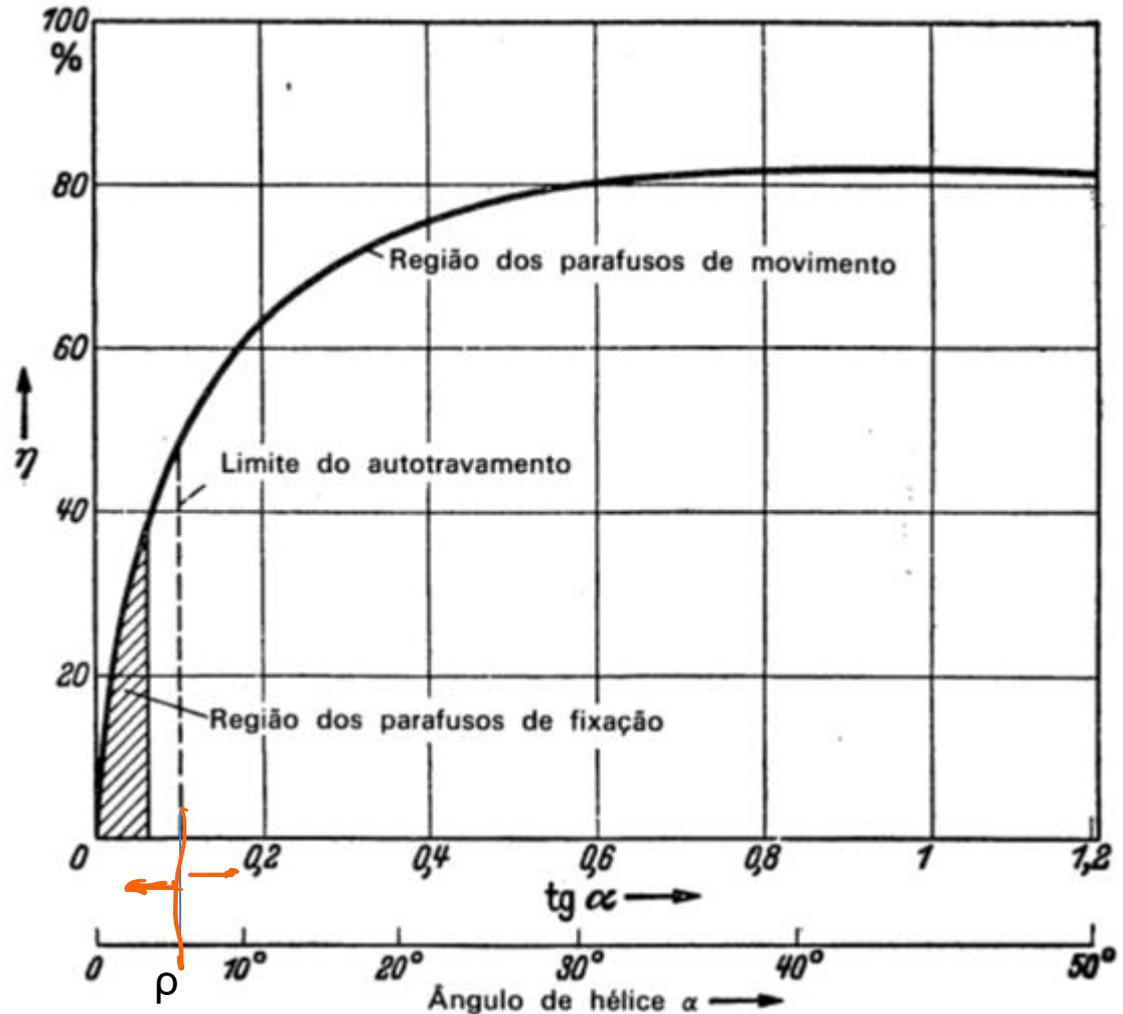
$$\mu \cdot F_n \cdot \cos \alpha - F_n \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\tan \alpha_{travamento} = \mu$$

$$\tan \alpha_{travamento} = \tan \rho$$

ρ = ângulo de atrito

Se $\alpha \leq \rho$ parafuso é auto-travante

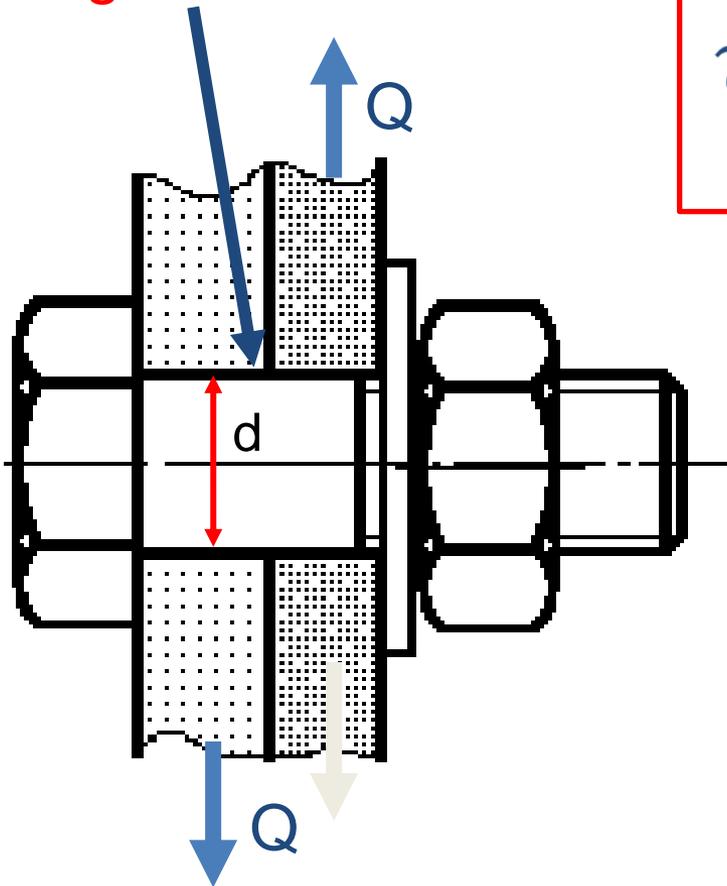


Rendimento do parafuso em função do ângulo de hélice α , para um coeficiente de atrito $\mu = \text{tg } \rho = 0,1$ o que significa $\rho = 5^{\circ}40'$

Parafuso com Carga de Cisalhamento

Atenção:

Parafuso deve ter Haste Lisa na região cisalhada na região cisalhada



$$\tau = \frac{Q}{S \cdot z} = \frac{Q \cdot 4}{z \cdot \pi \cdot d^2} \leq \tau_{ad}$$

τ = tensão de cisalhamento no parafuso

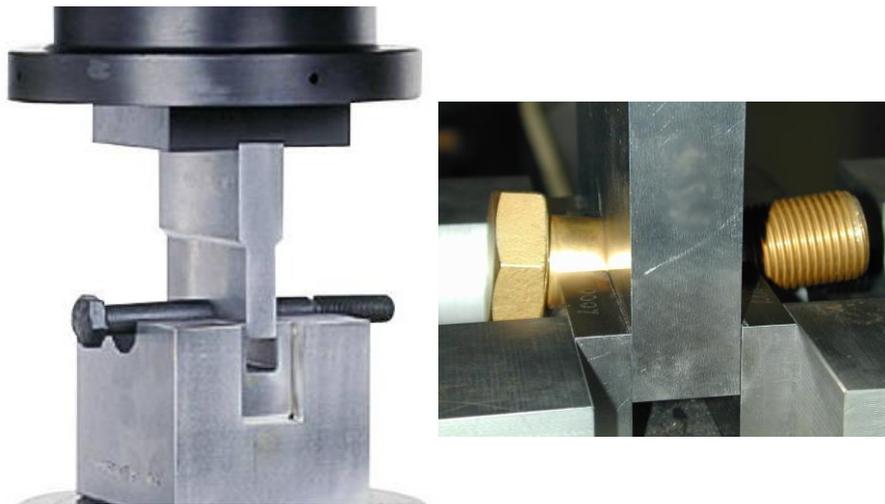
Q = carga de cisalhamento aplicada

S = área de cisalhamento do parafuso

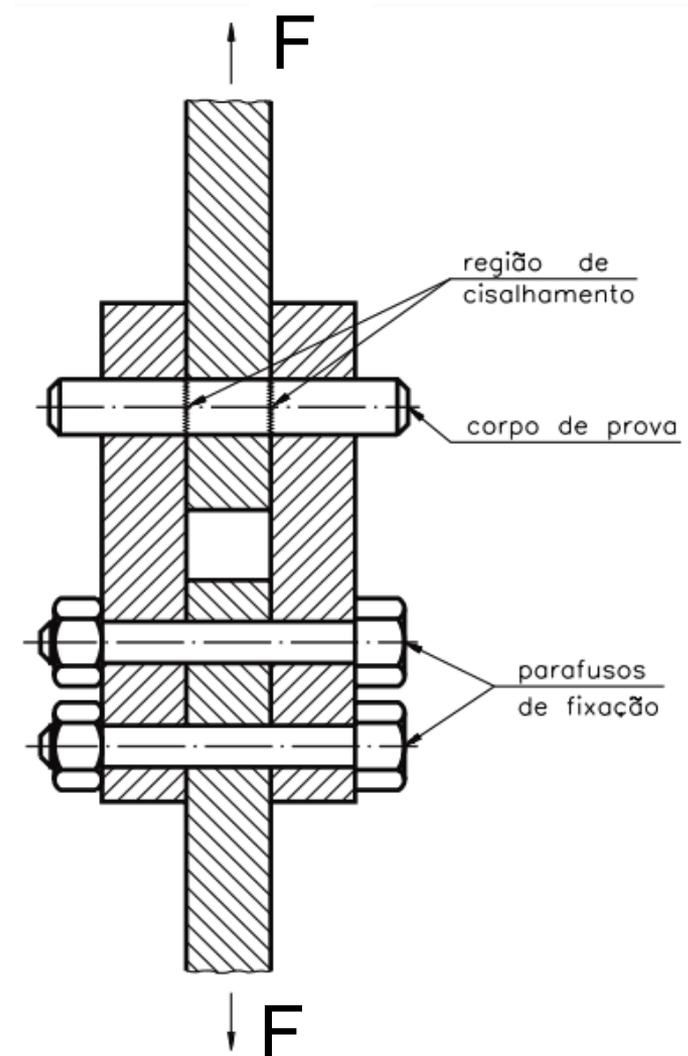
z = número de parafusos para a carga Q

τ_{ad} = tensão de cisalhamento admissível do parafuso

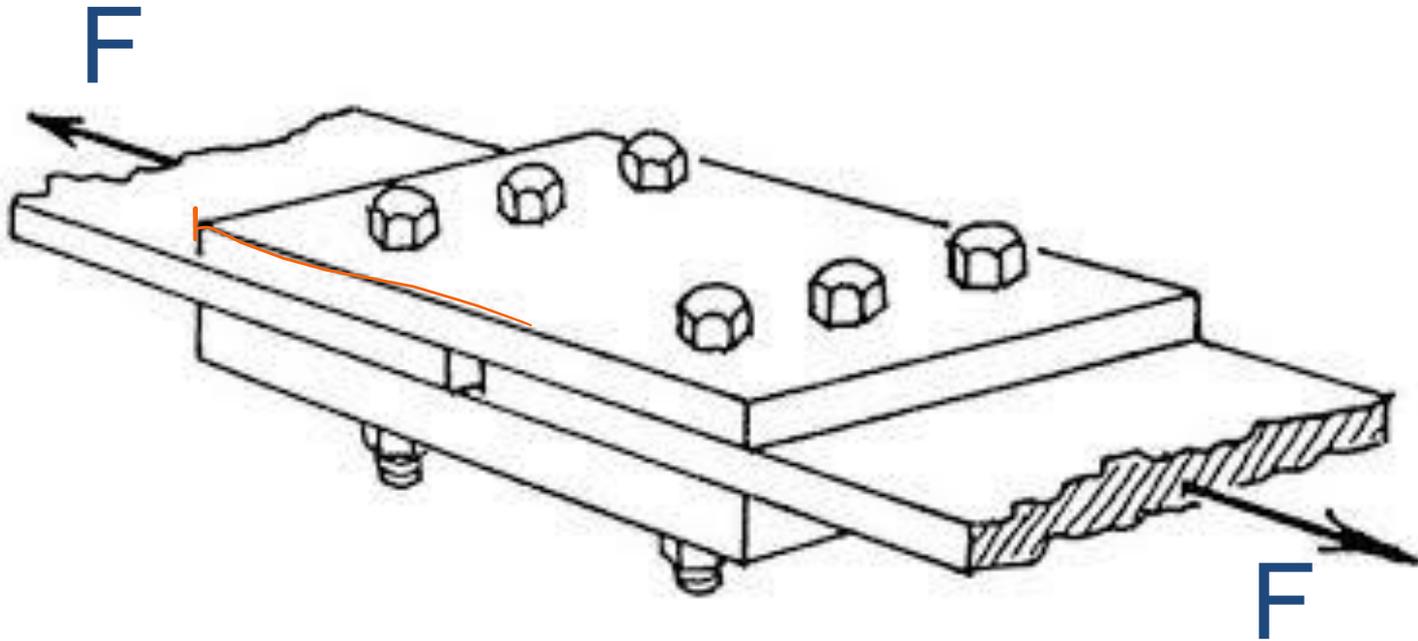
Teste de Cisalhamento em Parafuso de Corpo Liso



Teste de Cisalhamento em Pino Liso



Qual a carga de cisalhamento por parafuso?



Qual a tensão de cisalhamento por secção de ruptura do parafuso (haste lisa)?

Perda de Pré-Carga dos Parafusos por Vibração

A fixação por parafusos está sujeita a perda da pré-carga quando sujeita à vibrações

<https://www.youtube.com/watch?v=4-A9MMnAwA8>

<https://youtu.be/IKwWu2w1gGk>

Para evitar a perda de pré-carga utilizamos os Sistemas de Travamento

Princípios dos Sistemas de Travamento

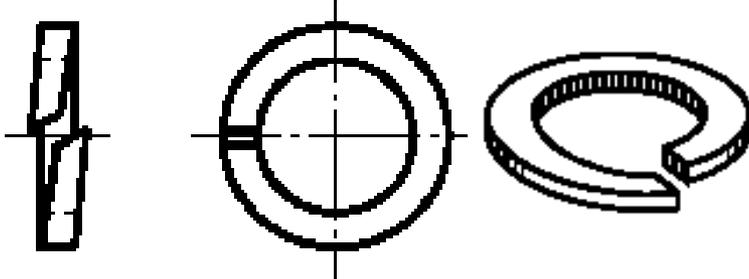
- Aumento do atrito entre os filetes
- Travamento mecânico
- Travamento químico - adesivos

➤ Aumento do atrito entre os filetes

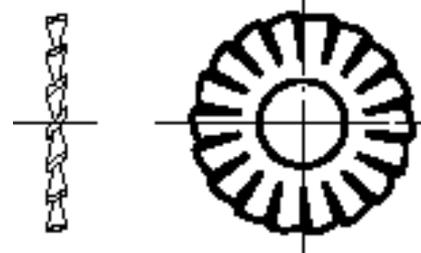
- ✓ ARRUELAS
- ✓ INSERTOS PLÁSTICOS
- ✓ PORCA/CONTRA-PORCA

✓ ARRUELAS

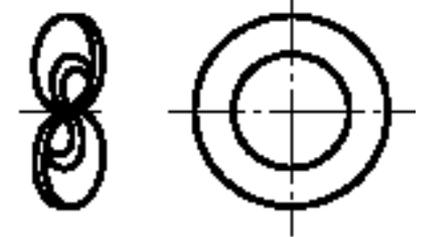
Arruela de Pressão



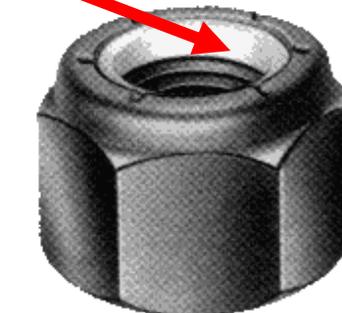
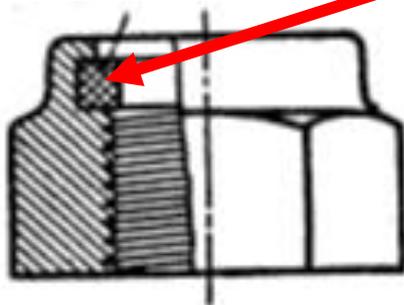
Arruela Serrilhada



Arruela tipo Mola Prato

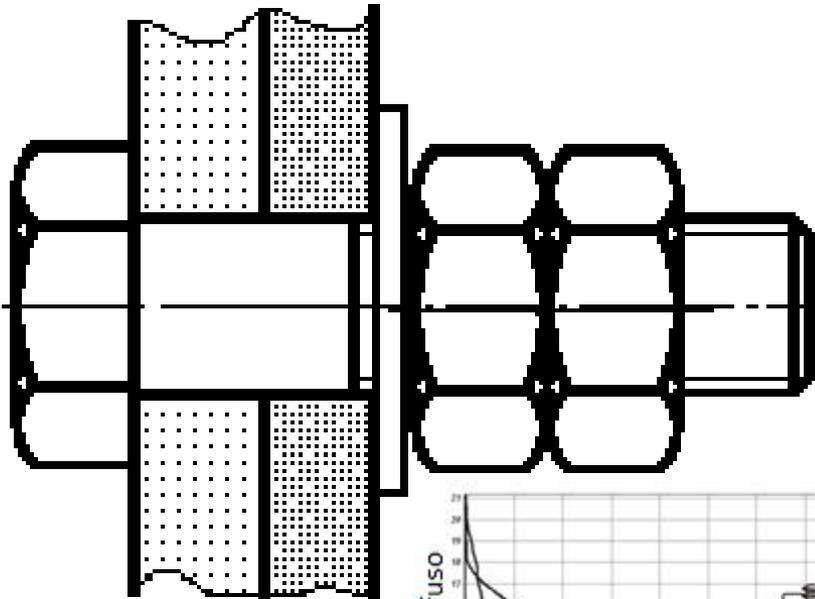


✓ INSERTOS PLÁSTICOS "Parlock"



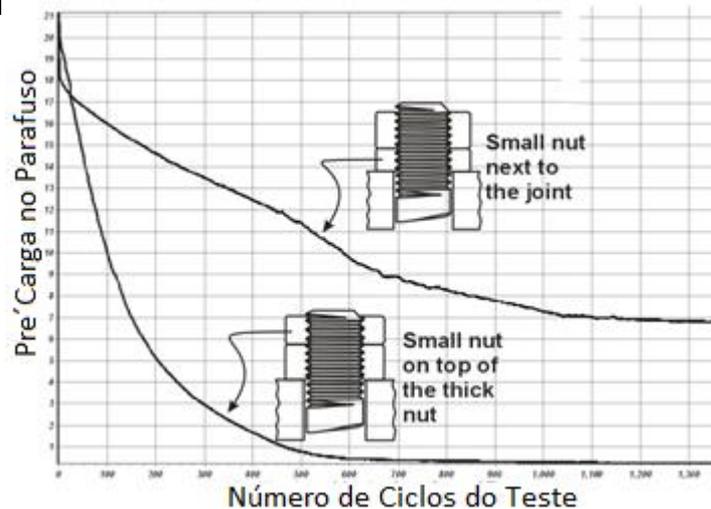
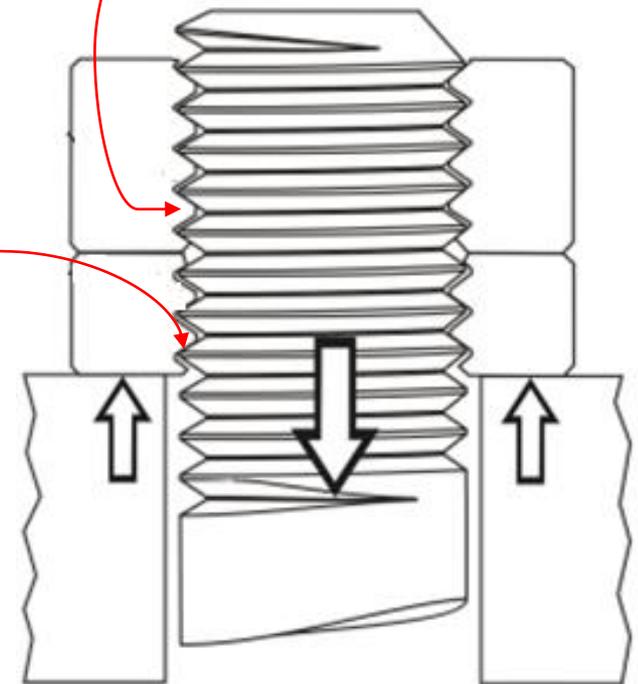
✓ PORCA / CONTRA-PORCA

<http://www.boltscience.com/pages/twonuts.htm>



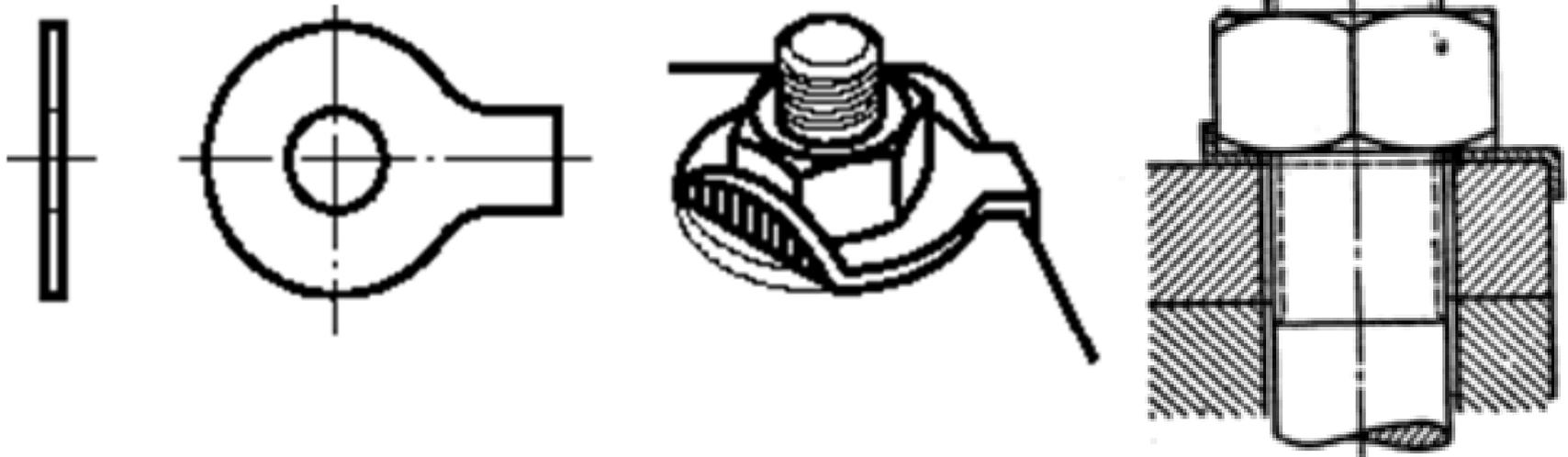
Parafuso em contato com flanco superior da porca inferior

Parafuso em contato com flanco inferior da porca superior



➤ Travamento mecânico

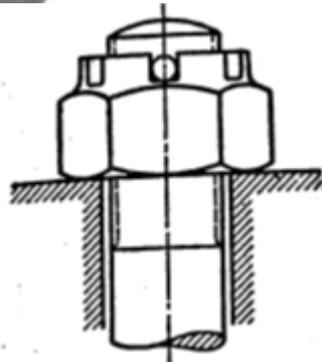
- ✓ ARRUELA DEFORMÁVEL
- ✓ PORCA - CASTELO + PINO/CUPIILHA
- ✓ PORCA PERFURADA + PINO/CUPIILHA
- ✓ ARRUELA DEFORMÁVEL



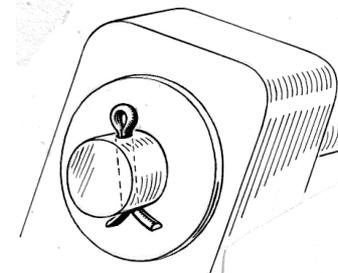
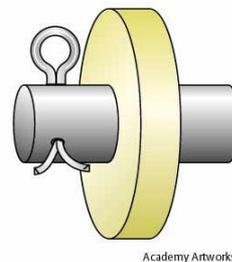
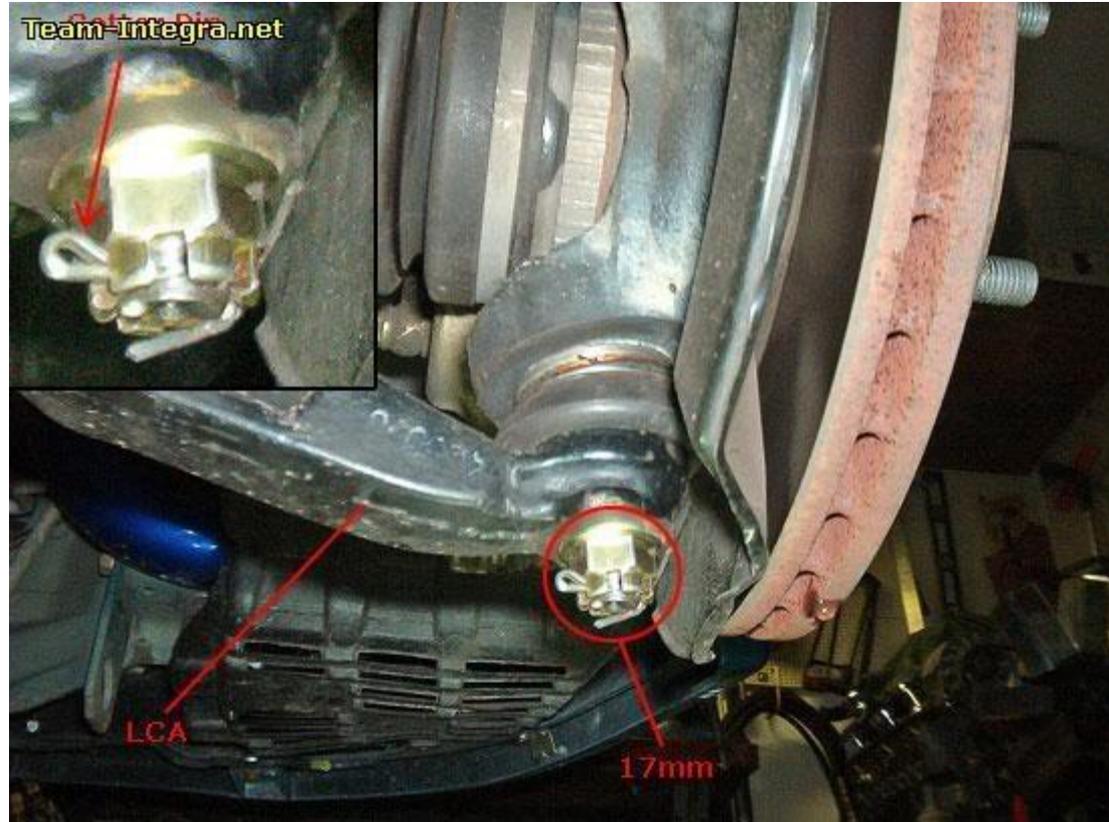
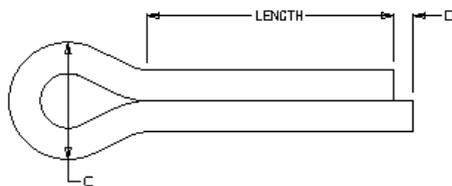
✓ PORCA-CASTELO + PINO/CUPIILHA



Porca Castelo



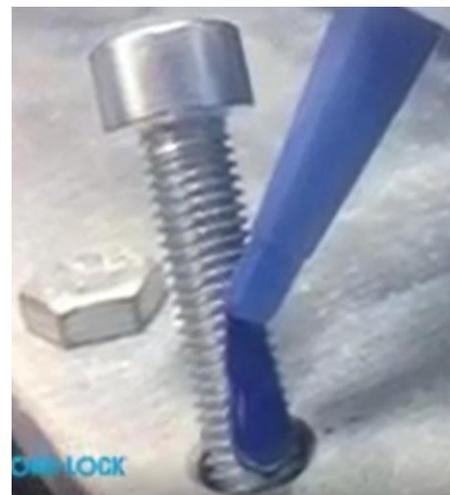
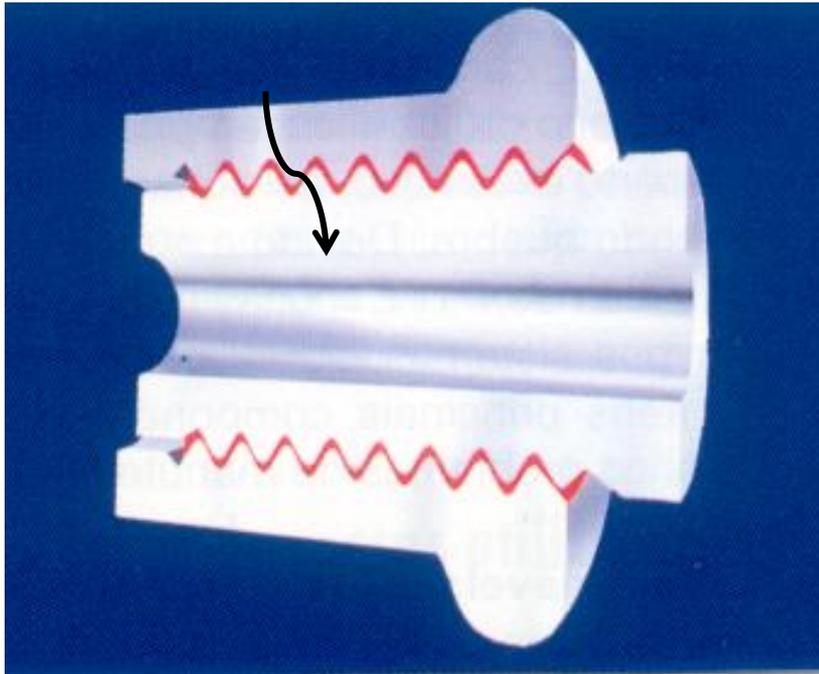
Cupilha



➤ Travamento químico - adesivos

✓ ADESIVOS ESPECÍFICOS

Adesivo



ANÁLISE COMPARATIVA

Fixação por Parafuso

VANTAGENS:

- totalmente desmontável
- ajuste de folgas
- ajuste das cargas (aperto) entre as peças
- aplicação imediata da carga
- ausência de tensões internas residuais
- ausência de deformações residuais

DESVANTAGENS:

- enfraquecimento das peças - furação
- custo dos elementos rosqueados
- custo do processo de furação/rosqueamento/aperto
- concentração de tensões no fundo dos filetes de rosca
- susceptível à vibrações