

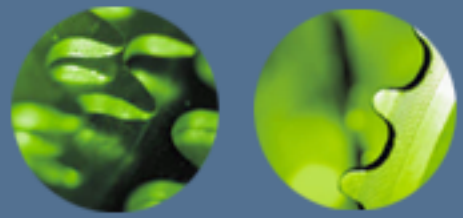
Introdução ao Desenho de Construção Mecânica



CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

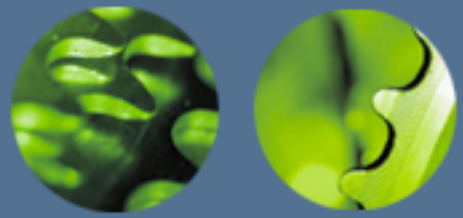
João Manuel R. S. Tavares

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Bibliografia

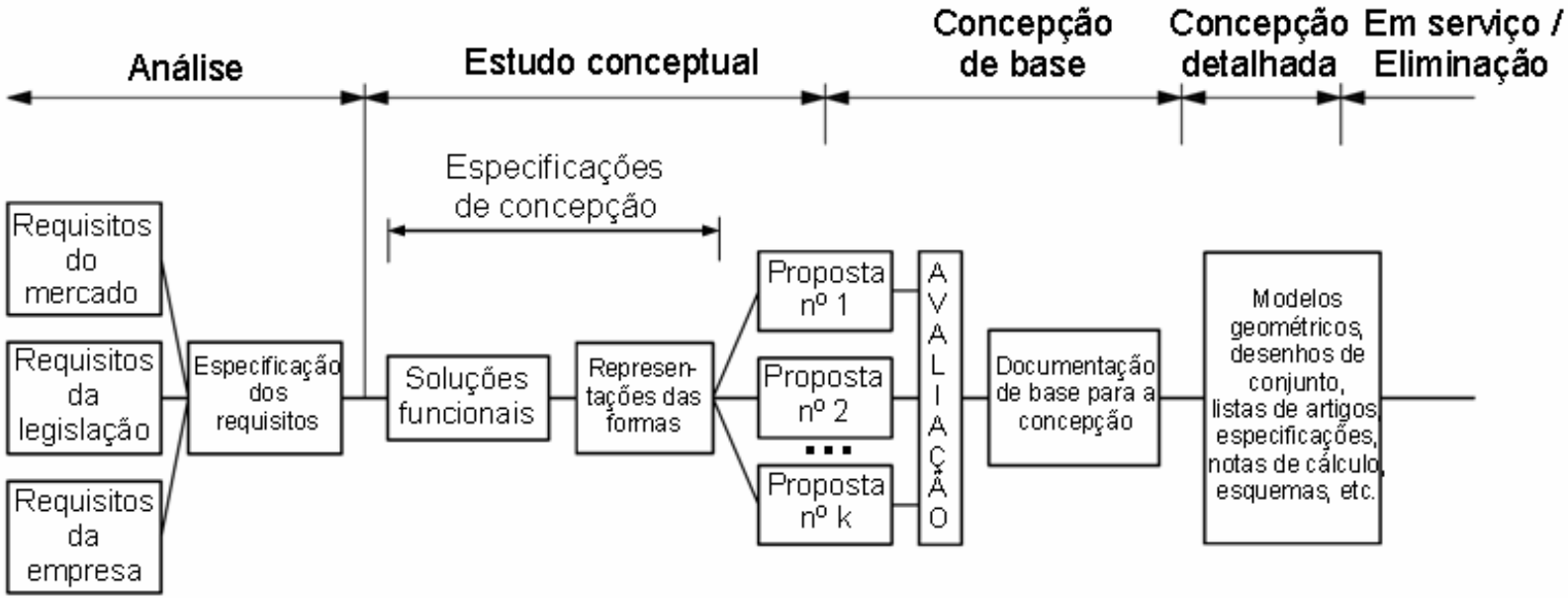
- Simões Morais, José Almacinha, “Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)”, AEFEUP, 2007
- Simões Morais, “Desenho técnico básico 3”, ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006



Sumário

- Processo de Desenvolvimento do Produto
- Desenho de Construção Mecânica
- Desenho Esquemático Mecânico
- Vista Explodida de Conjunto
- Desenho de Conjunto
- Desenho de Definição
- Desenho de Estruturas Metálicas

Processo de Desenvolvimento do Produto

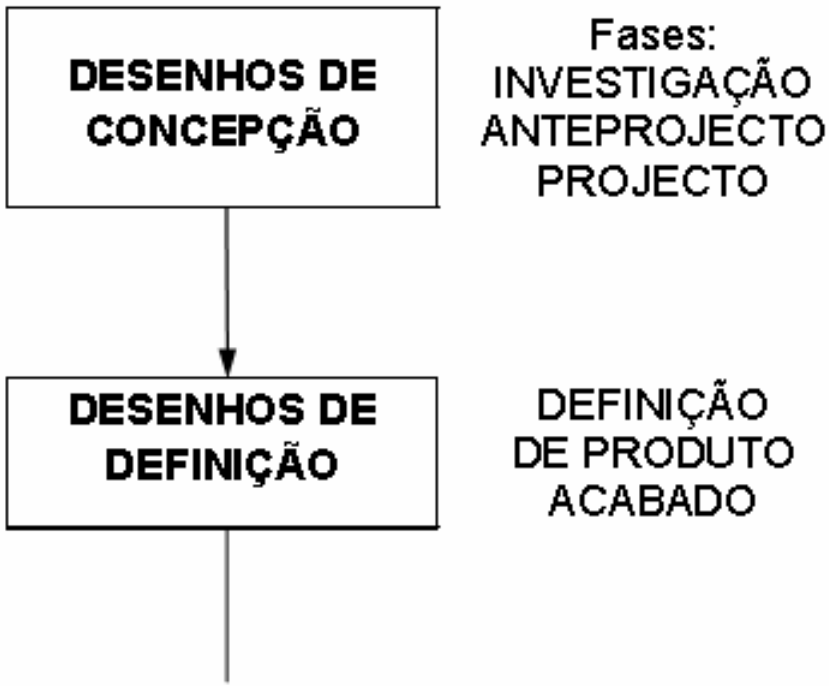


Processo de desenvolvimento do produto (EN ISO 11442)

Desenvolvimento do produto – Conjunto completo de actividades, dentro do ciclo de vida do produto, que começa com uma necessidade e uma ideia de produto e termina com o início da sua produção em série para o mercado.

Desenho de Construção Mecânica

Nos GABINETES DE ESTUDOS E PROJECTOS, os engenheiros, os projectistas e os desenhadores elaboram, basicamente, a seguinte documentação técnica:



(continua)

Desenho de Construção Mecânica

(continuação)

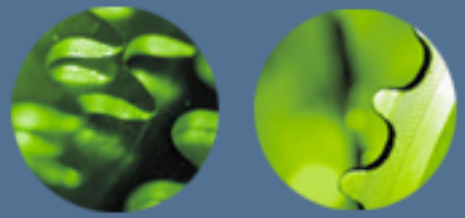
DESENHOS DE DEFINIÇÃO

DEFINIÇÃO DE PRODUTO ACABADO

No GABINETE DE MÉTODOS (preparação do trabalho) ou na OFICINA, os preparadores de trabalho interpretam os desenhos de definição e elaboram os respectivos desenhos de execução:

DESENHOS DE EXECUÇÃO	**DESENHO DE VERIFICAÇÃO**
Desenhos de: FABRICAÇÃO OPERAÇÃO MONTAGEM INSTALAÇÃO	Contém indicações necessárias à verificação da conformidade da peça com o seu des. de definição

(continua)

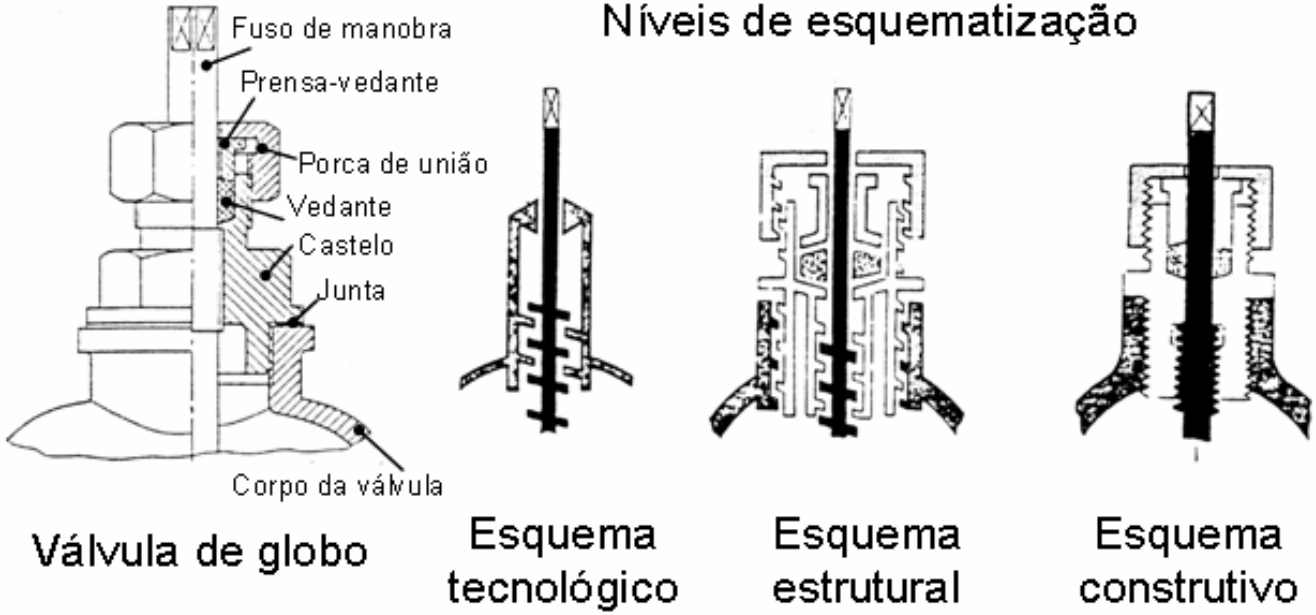


Desenho de Construção Mecânica

(continuação)

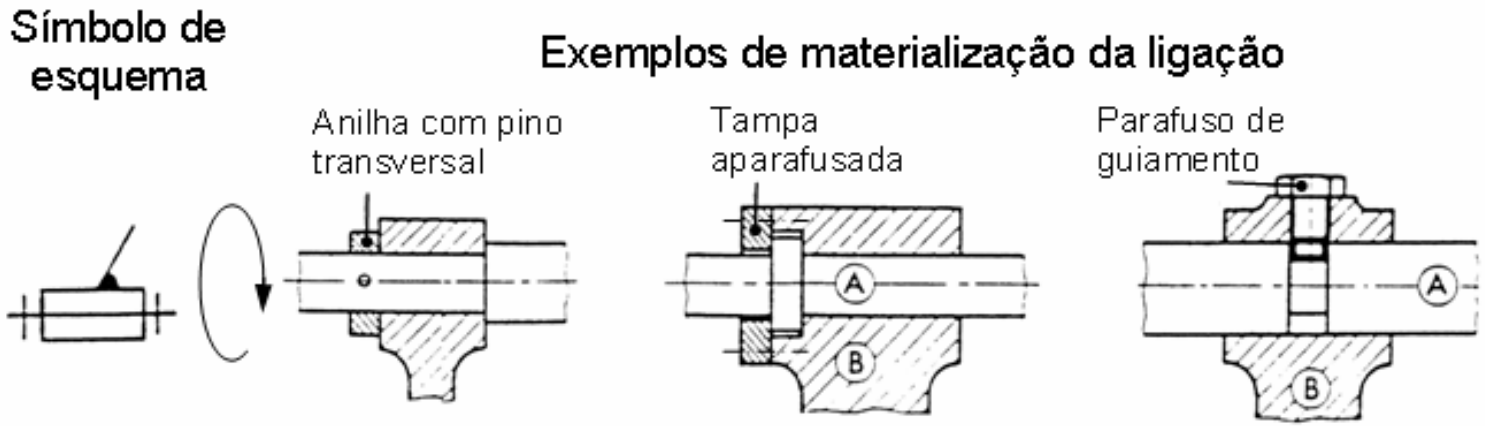
DESENHOS DE EXPEDIÇÃO	Expedição e transporte sobretudo de grandes objectos
DESENHOS DE UTILIZAÇÃO	Para o utilizador (funcionamento, manutenção, etc.)
DESENHOS DE ILUSTRAÇÃO	Para acompanhar um texto técnico

Desenho Esquemático Mecânico



Utilizado quando se pretende dar prioridade ao **estudo do mecanismo** (funcionamento, relações entre os componentes, etc.) em detrimento das descrições e dos procedimentos relativos ao maquinismo (formas das peças e dimensões).

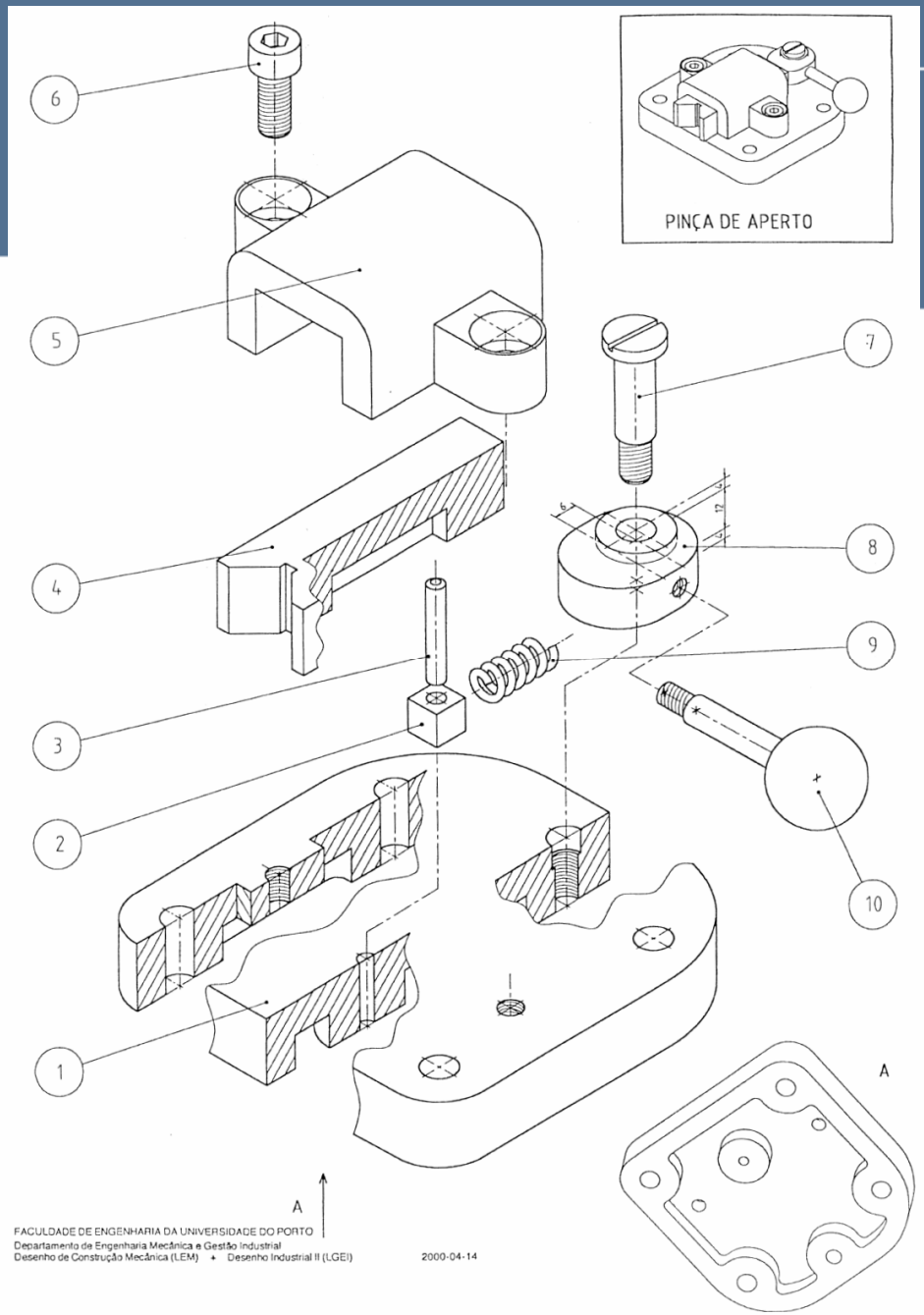
Desenho Esquemático Mecânico



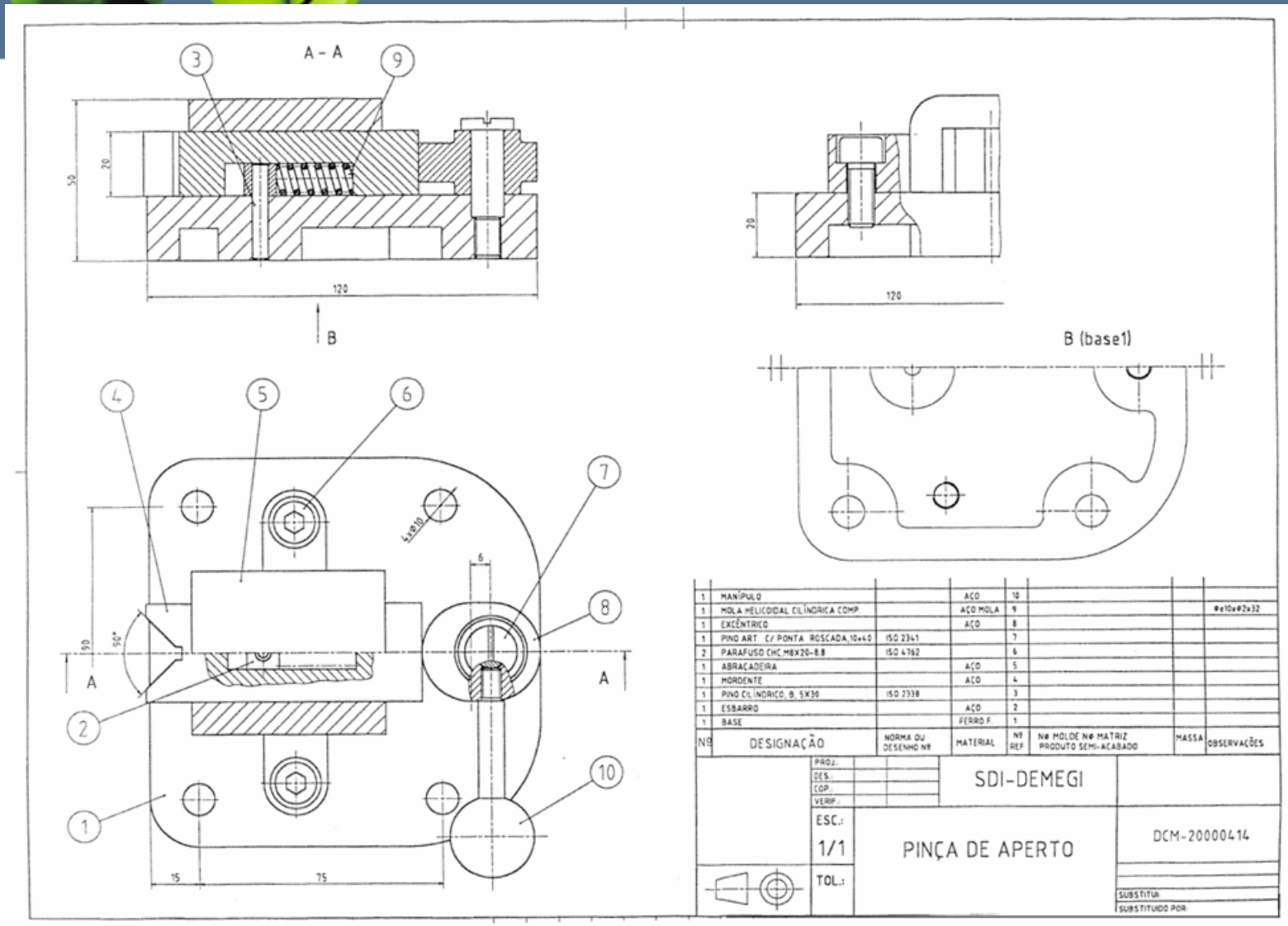
Ligação de rotação simples para mecanismos espaciais (R1 eT0)

Esquemas cinemáticos - Esquemas tecnológicos mínimos (ou funcionais) destinados, essencialmente, a **mostrar os movimentos** relativos dos componentes dos maquinismos.

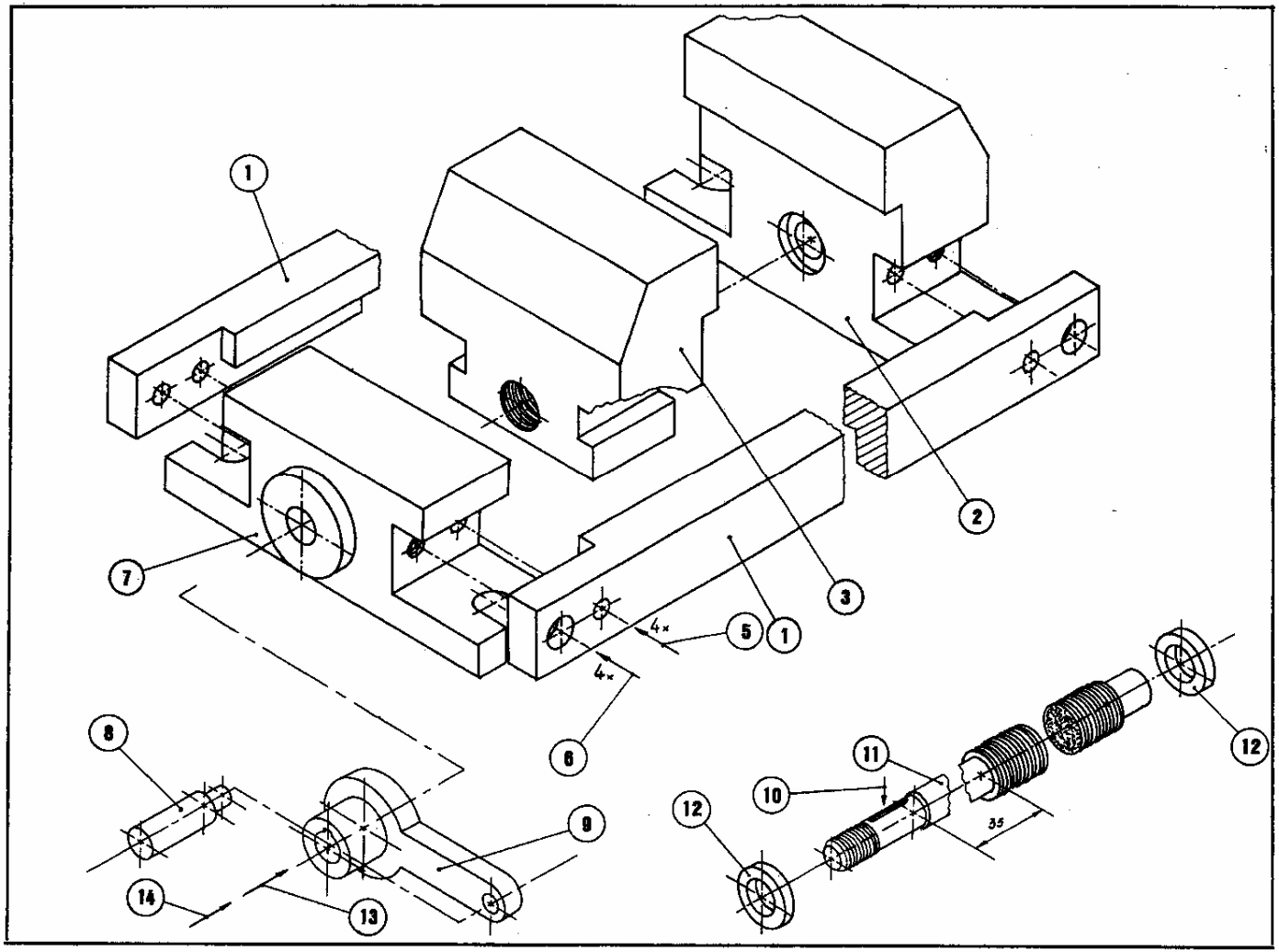
Vista Explodida de Conjunto



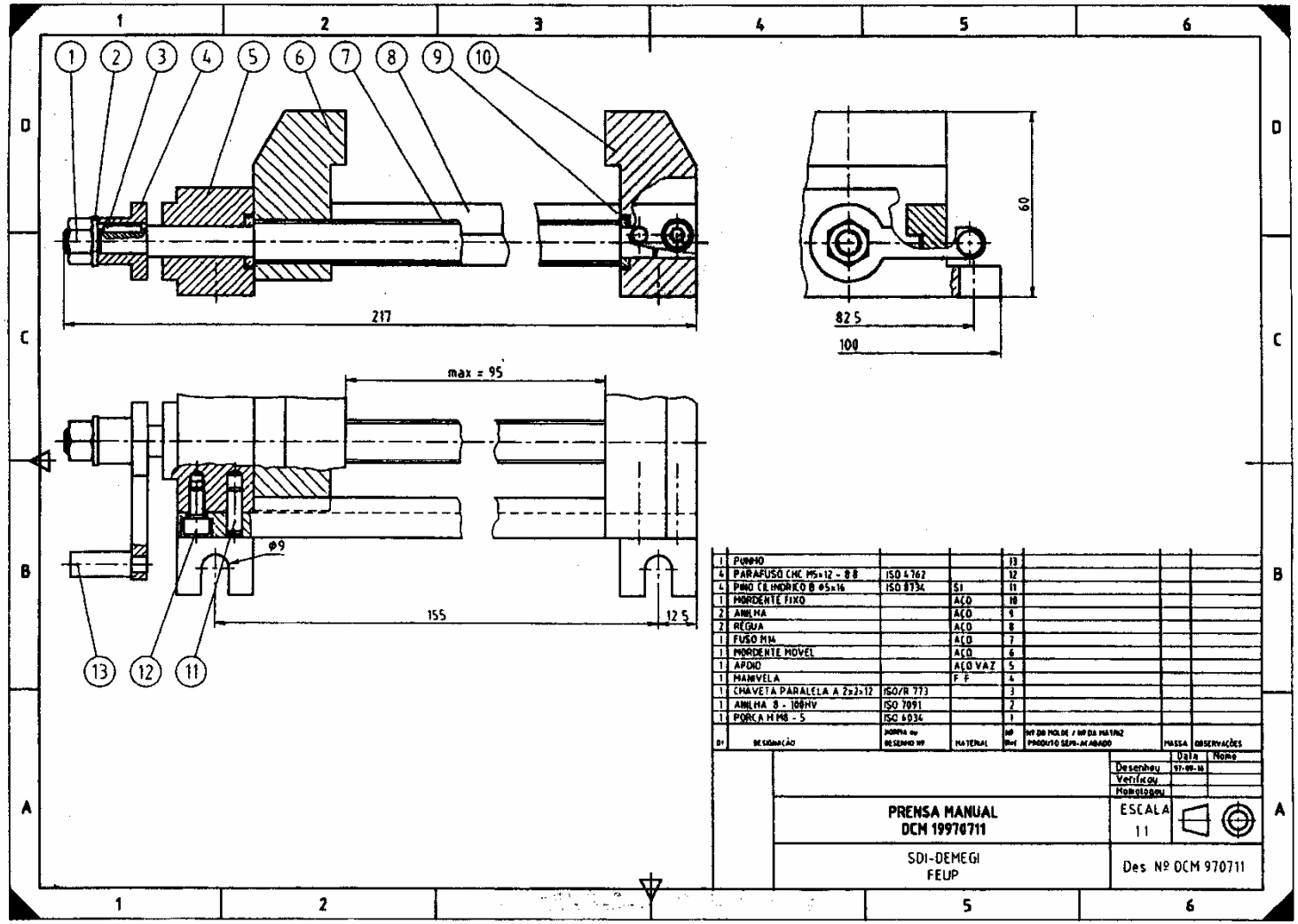
Desenho de Conjunto



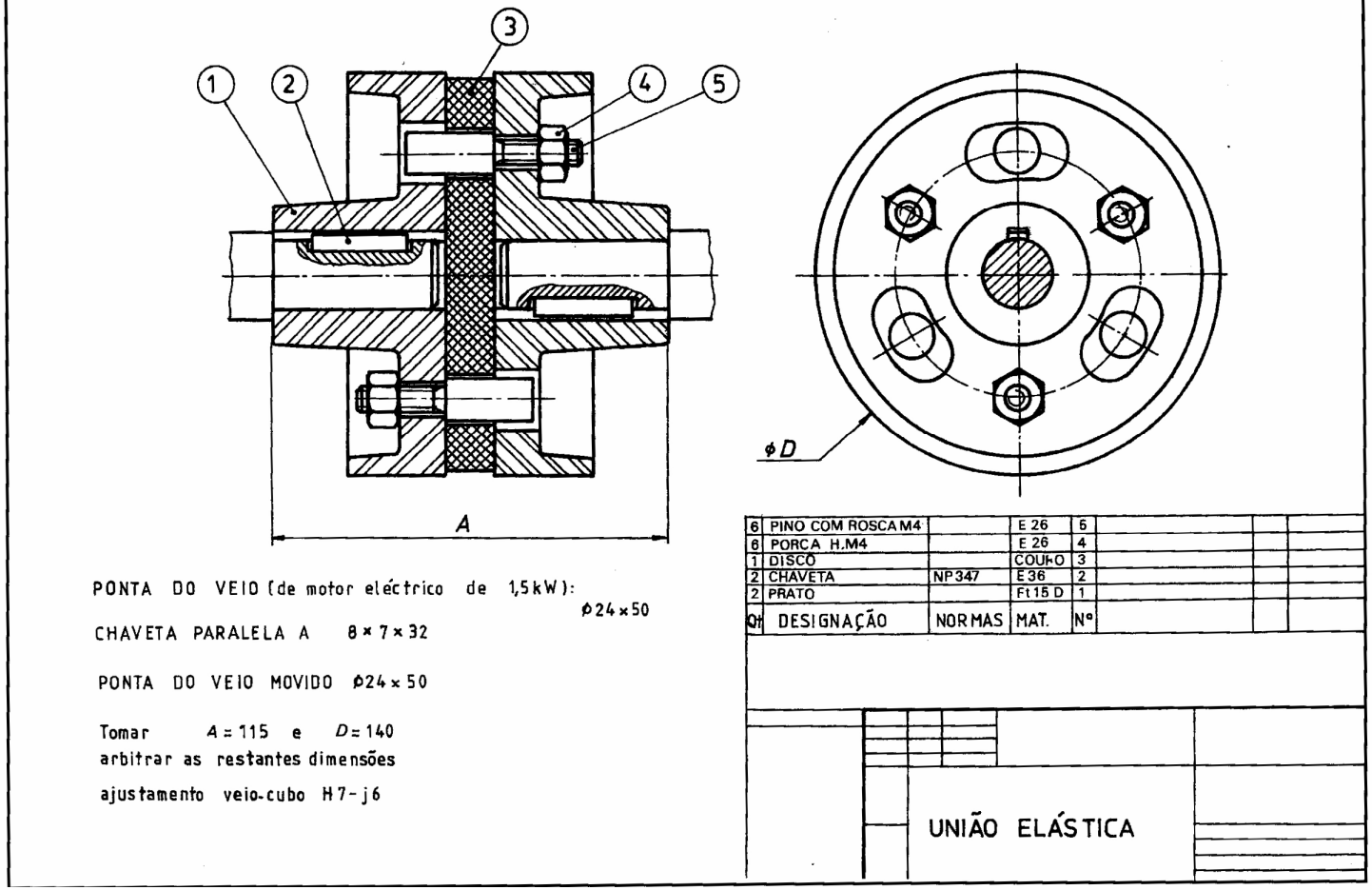
Vista Explodida de Conjunto



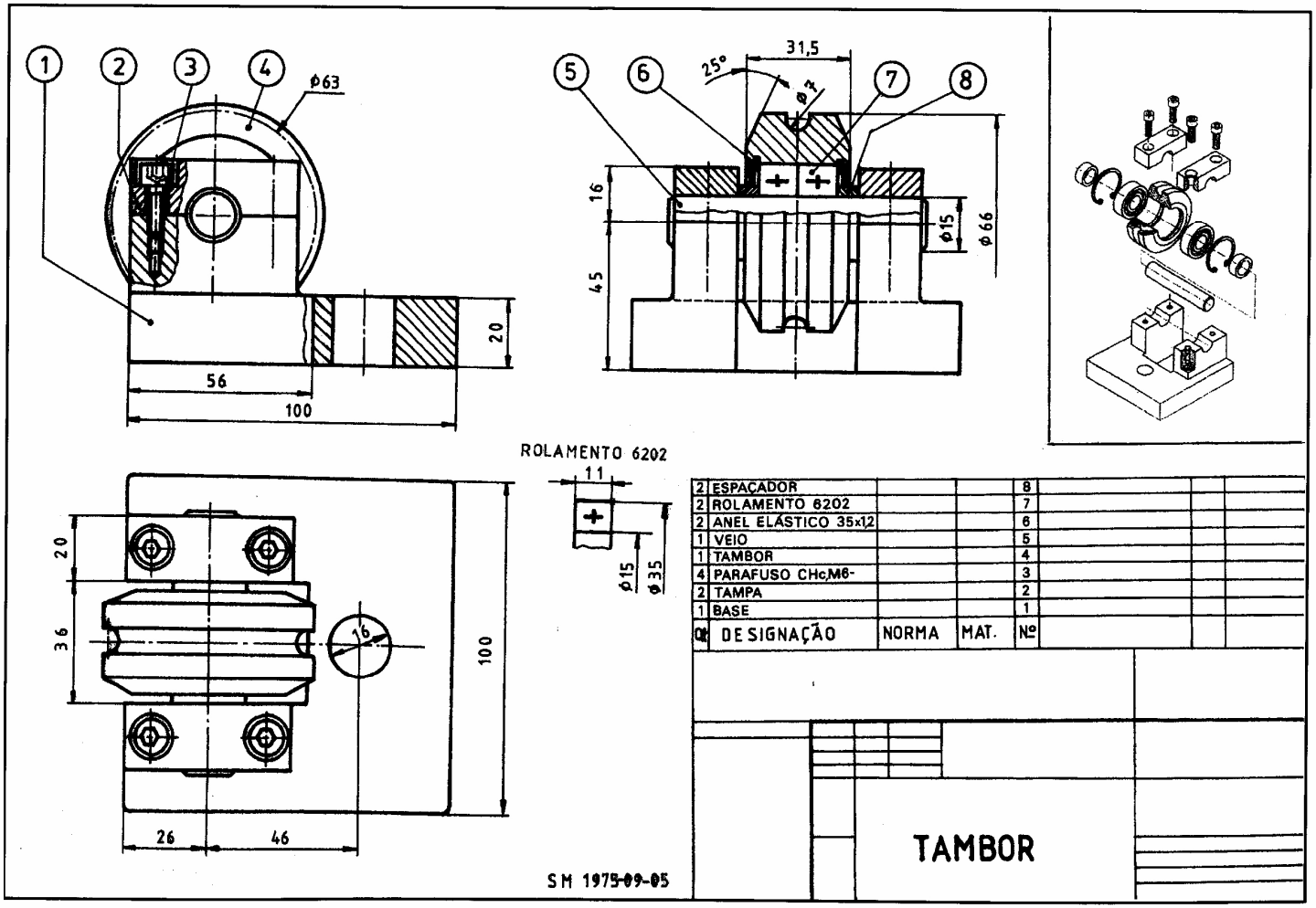
Desenho de Conjunto



Desenho de Conjunto

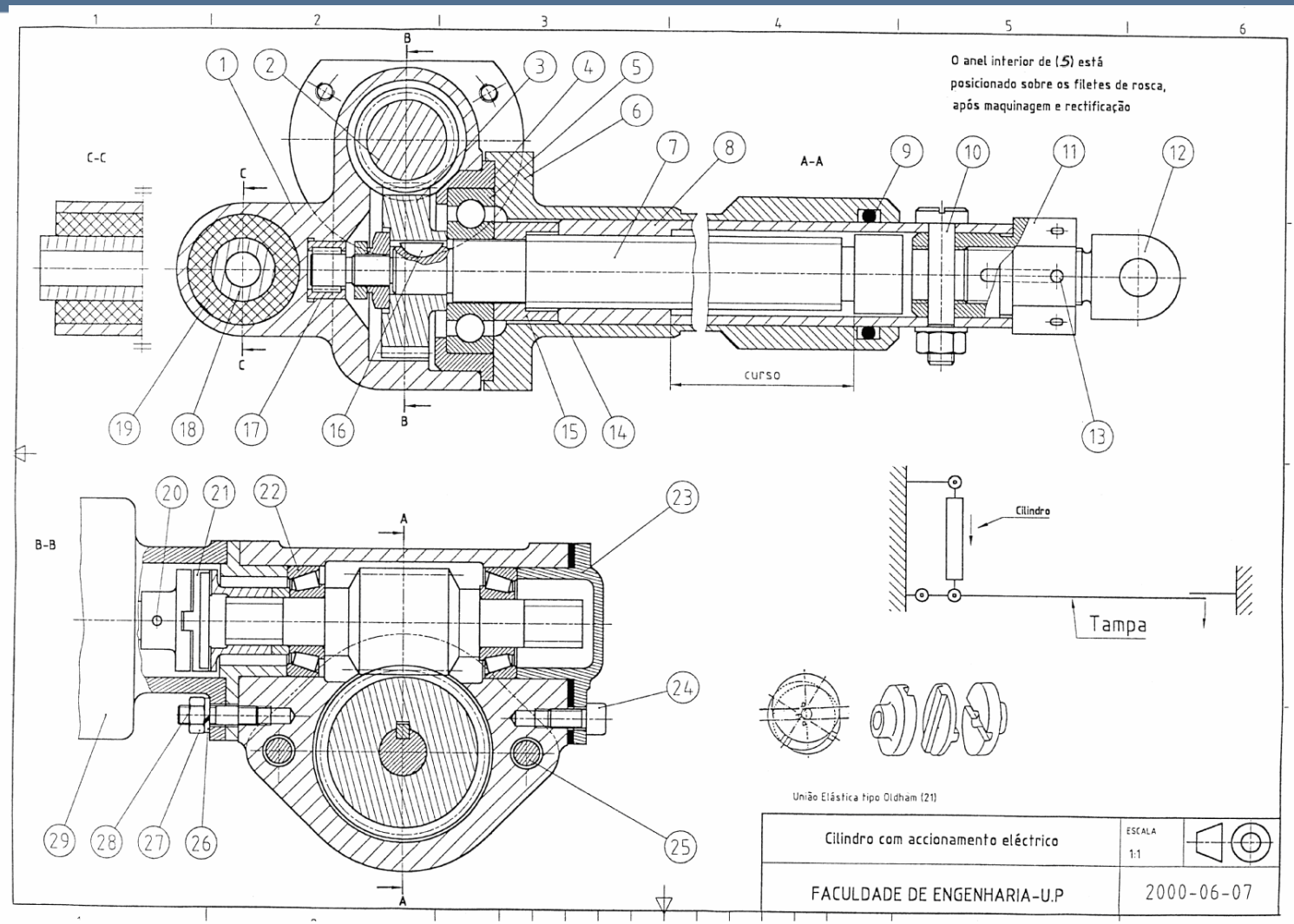


Desenho de Conjunto

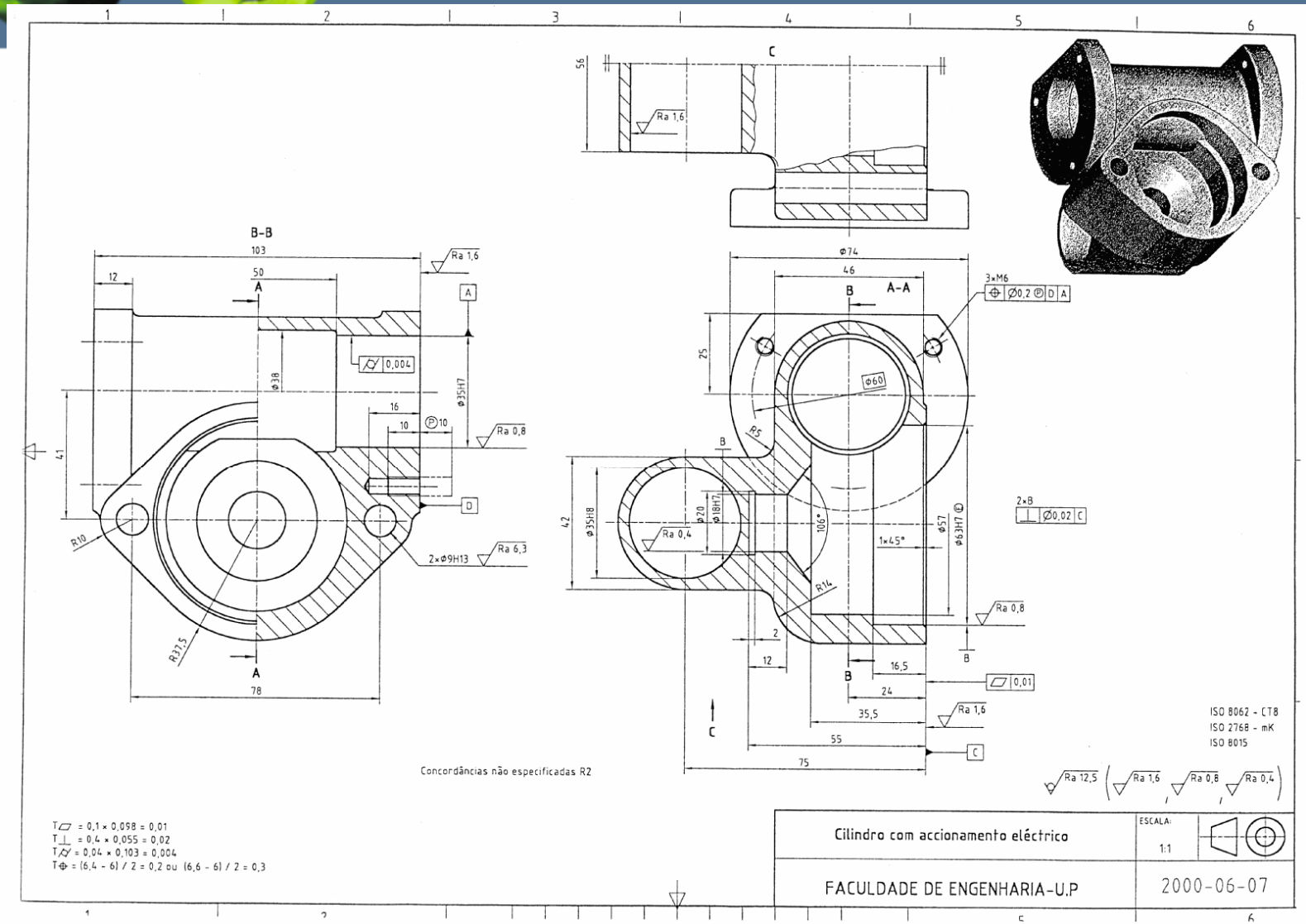


Q	DESIGNAÇÃO	NORMA	MAT.	Nº
2	ESPAÇADOR			8
2	ROLAMENTO 6202			7
2	ANEL ELÁSTICO 35x1,2			6
1	VEIO			5
1	TAMBOR			4
4	PARAFUSO CHc,M6-			3
2	TAMPA			2
1	BASE			1

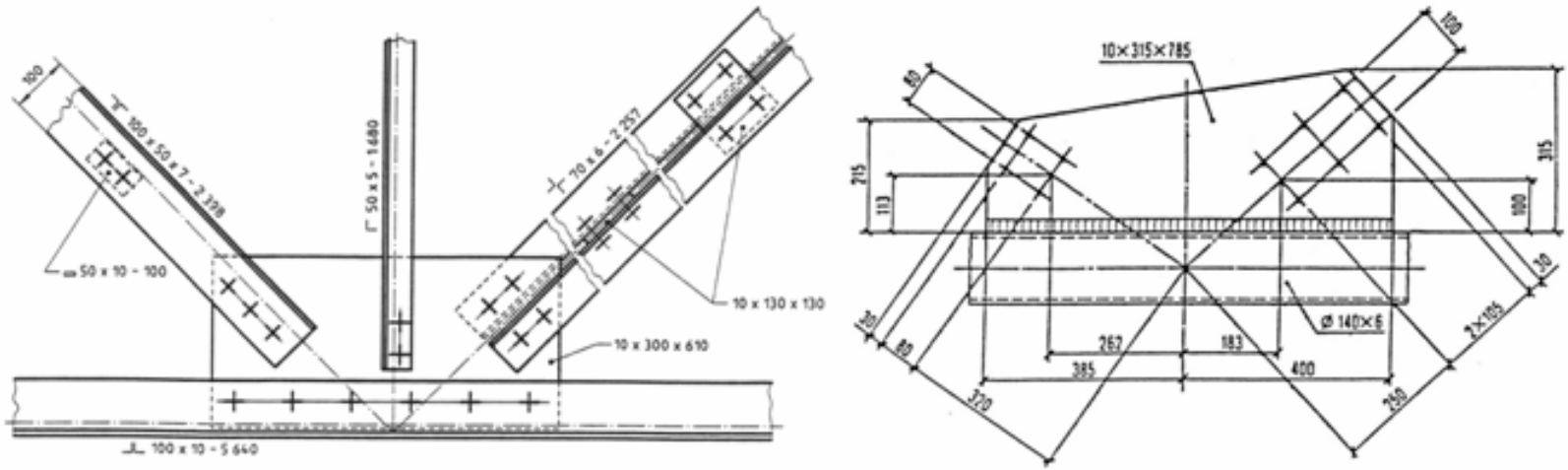
Desenho de Conjunto



Desenho de Definição



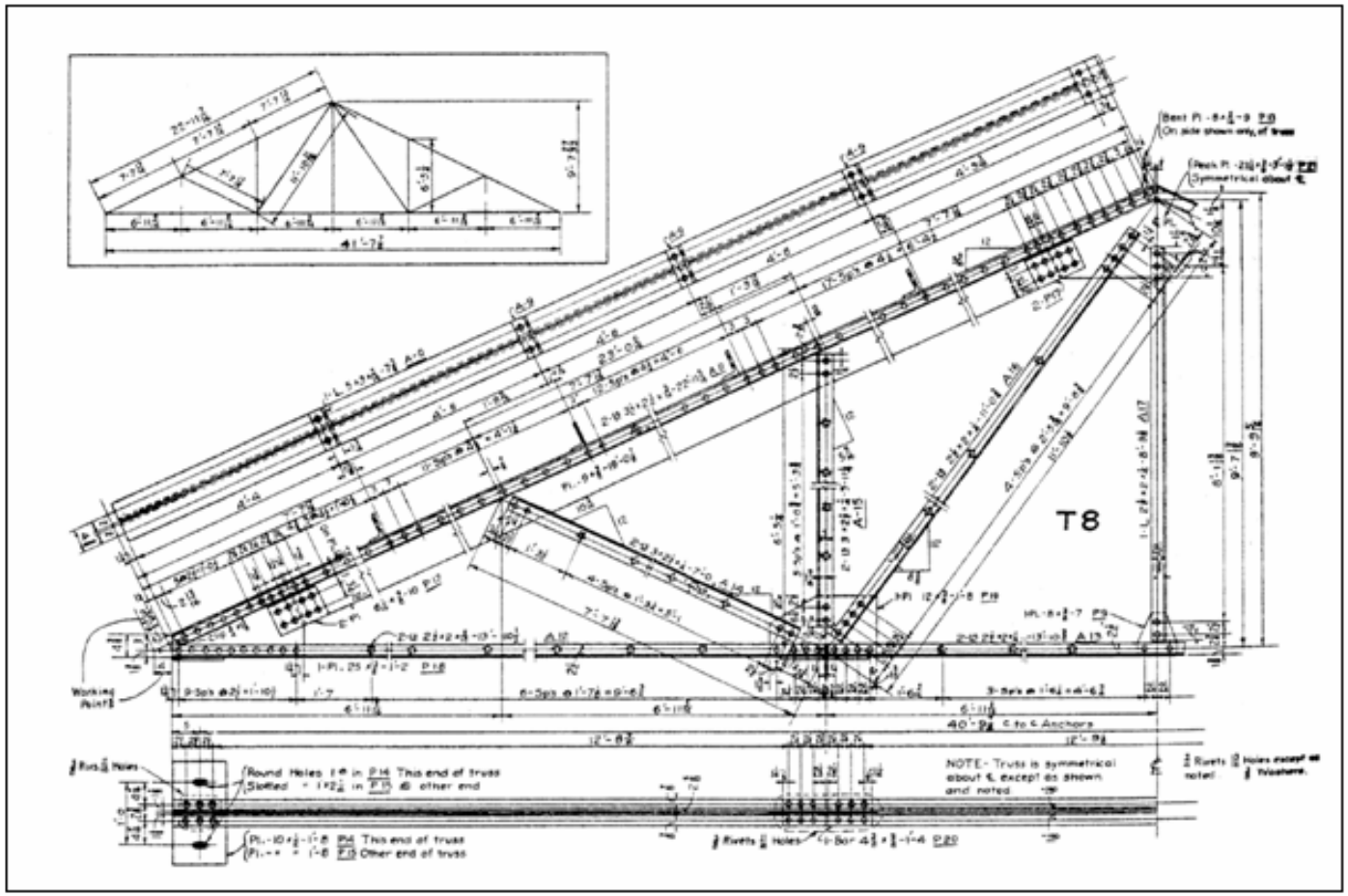
Desenho de Estruturas Metálicas



Pormenores de desenhos de concepção de estruturas

Desenho que **representa o esquema estrutural da construção**, incluindo estruturas secundárias e pormenores, com as respectivas cotas.

Desenho de Estruturas Metálicas



Exemplo de desenho de fabricação de uma estrutura

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Elementos de transmissão de movimento

João Manuel R. S. Tavares

CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador



Bibliografia

- Simões Morais, José Almacinha, “Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)”, AEFEUP, 2007
- Arlindo Silva, João Dias, Luís Sousa, “Desenho técnico moderno”, ISBN: 972-757-260-X, FCA Editora, 2002
- Simões Morais, “Desenho técnico básico 3”, ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

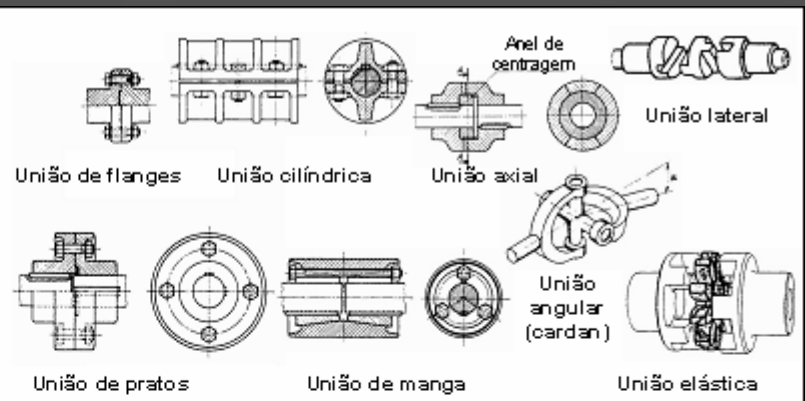
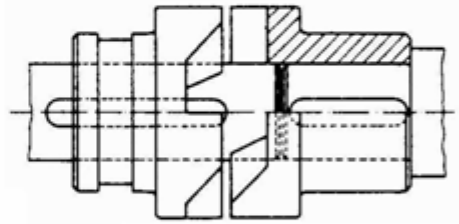
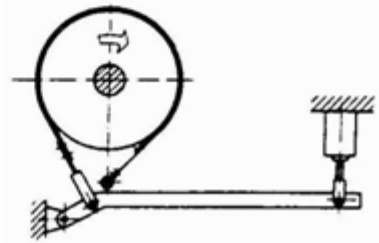


Sumário

- Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento
- Uniões de Veios
- Transmissões por Correias
- Transmissões por Correntes
- Transmissões por Rodas de Atrito
- Transmissões por Engrenagens

Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento

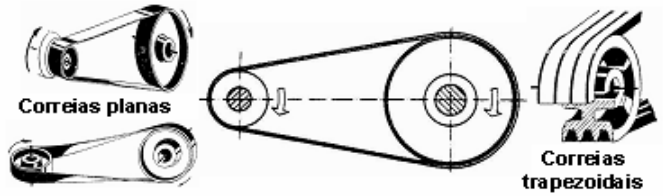
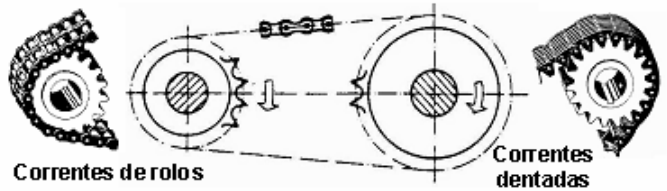
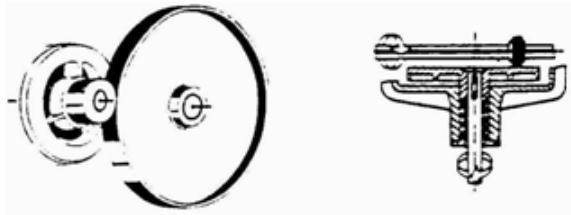
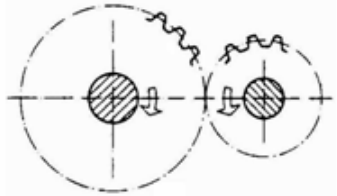
- Veios dotados de Movimento Relativo

VEIOS COAXIAIS OU COMPLANARES	UNIÕES DE VEIOS Rígidas: de flanges, de pratos, cilíndricas, de manga Compensadoras: axiais, laterais, angulares Elásticas	
	Embraiagens	 Exemplo: embraiagem de garras
	Freios	



Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento

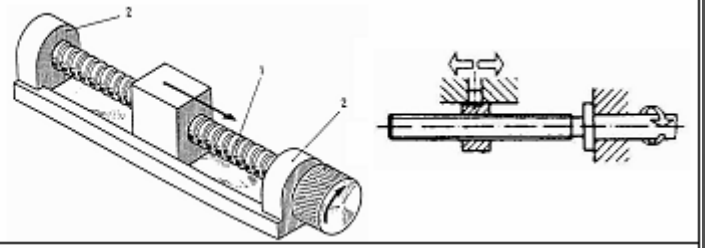
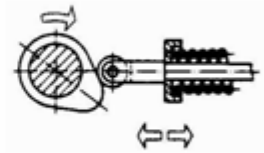
- Veios dotados de Movimento Relativo

VEIOS NÃO COAXIAIS	Correias e tambores (ou polias)	
	Correntes e rodas dentadas	
	Rodas de atrito	 c/ veios paralelos; c/ veios concorrentes
	Engrenagens	 Exemplo: engrenagem cilíndrica



Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento

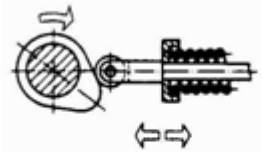
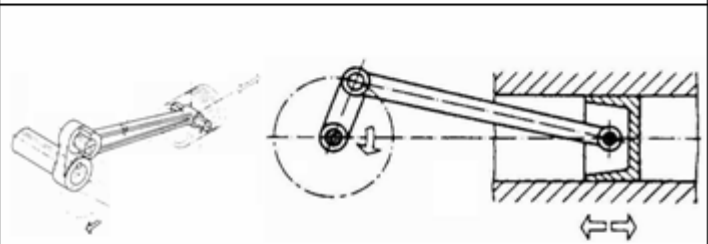
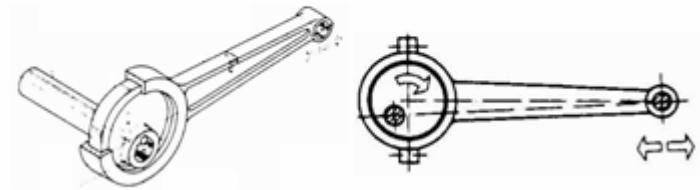
- Movimento de Rotação e Movimento de Translação

Parafuso - porca	
Mecanismos de excêntricos (ou mecanismos de cames)	



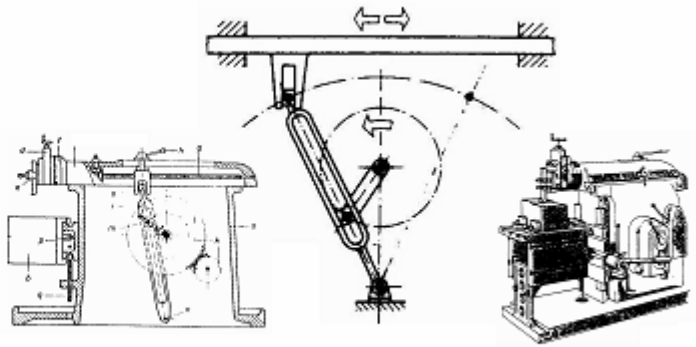
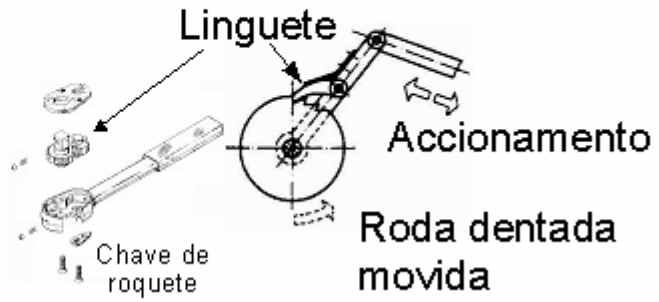
Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento

- Movimento de Rotação e Movimento de Translação

Mecanismos de excêntricos (ou mecanismos de cames)	
Biela-manivela e Excêntrico	
	

Órgãos Mecânicos para Transmissão de Movimento

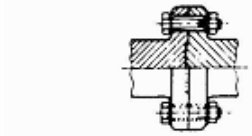
- Movimento de Rotação e Movimento de Translação

Biela oscilante de corrediça (ou alavanca de comando de corrediça)	 Ex. mecanismo de retorno rápido utilizado no limador
Mecanismo de roquete com linguete	

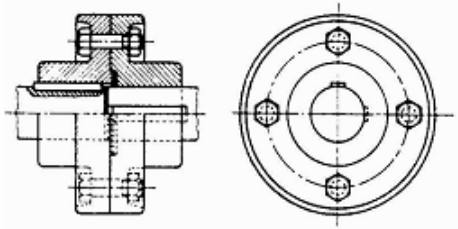


Uniões de Veios

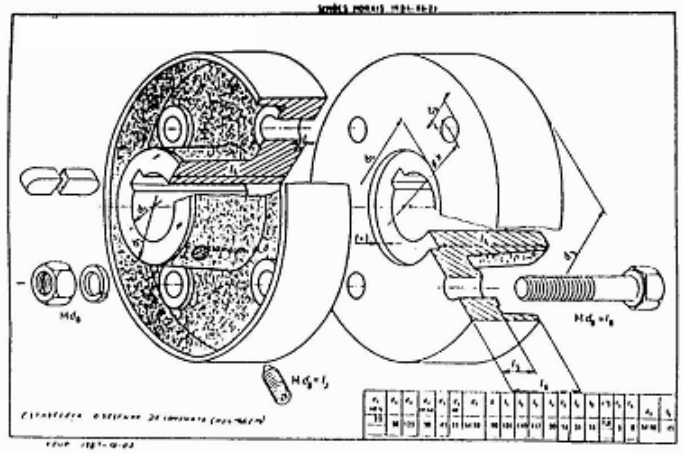
- Rígidas



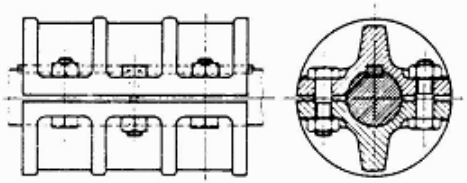
União de flanges



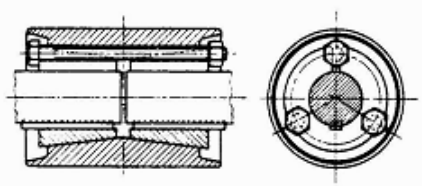
União de pratos



União de pratos



União cilíndrica

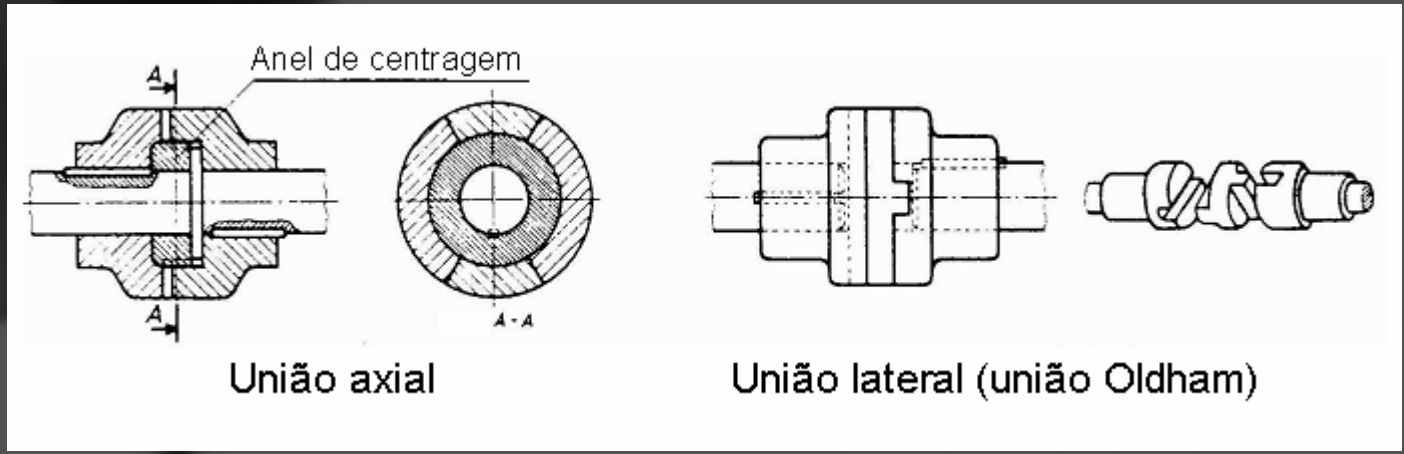


União de manga



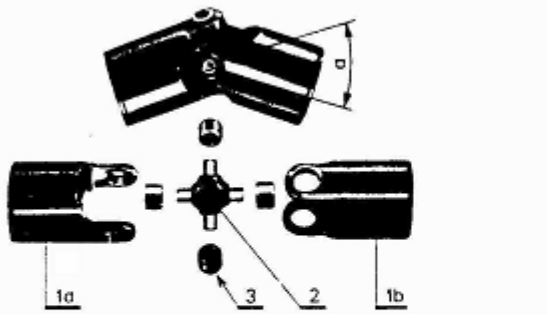
Uniões de Veios

- Compensadoras



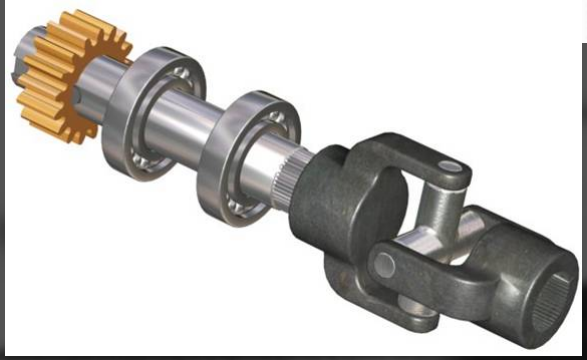
Uniões de Veios

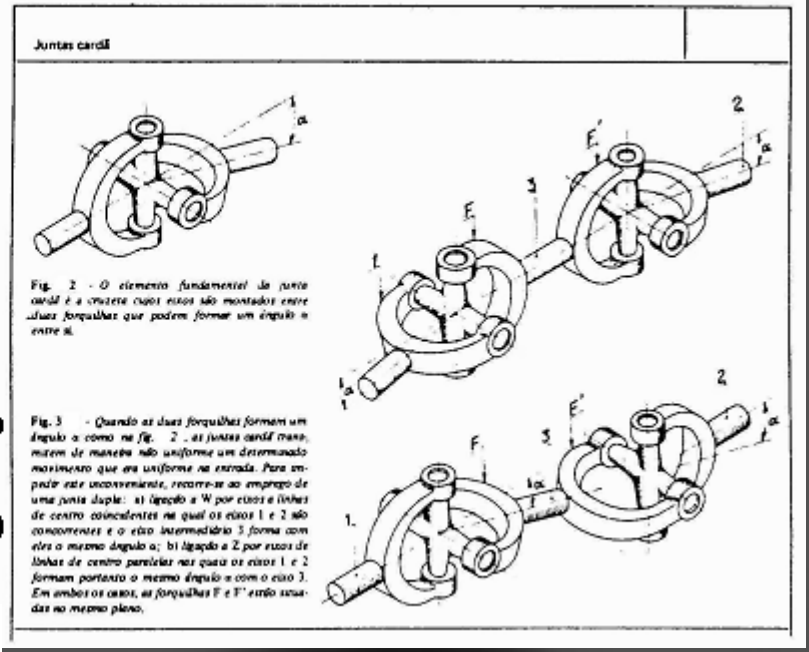
- Compensadoras



União simples (para accionamento manual)

União angular (união Cardan)

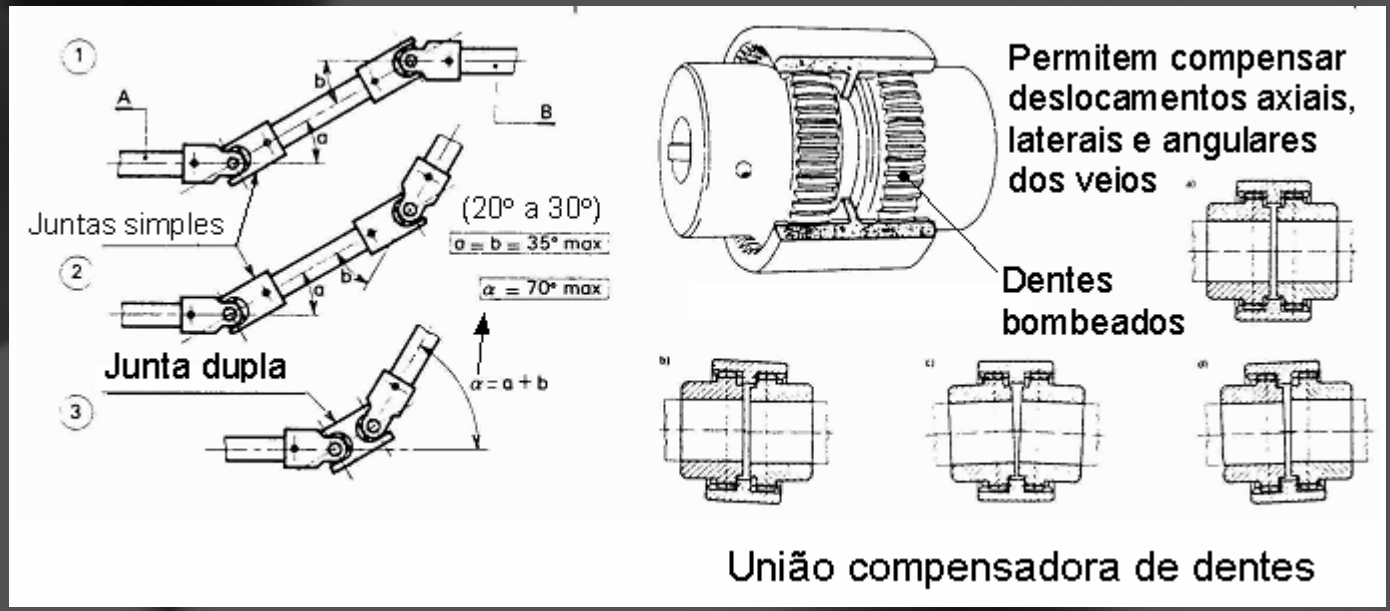






Uniões de Veios

- Compensadoras

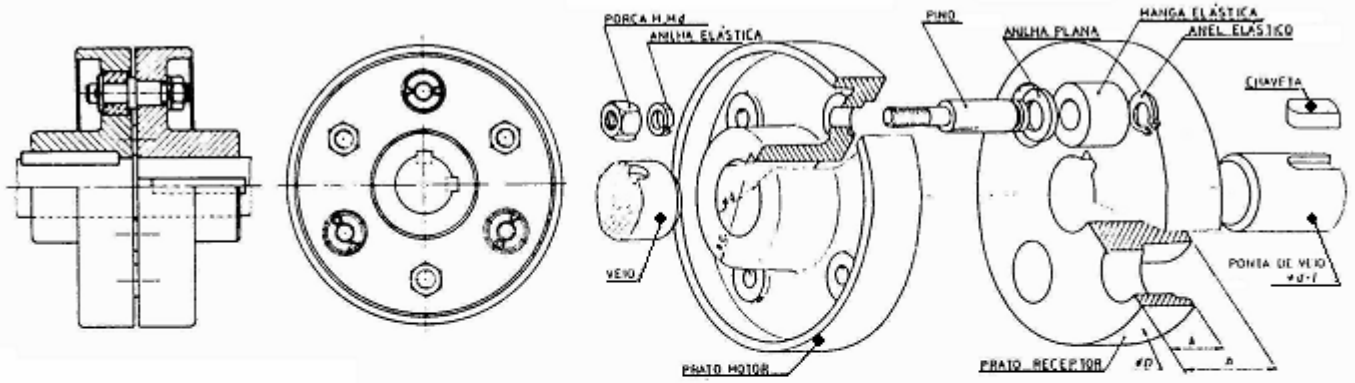


União compensadora de dentes

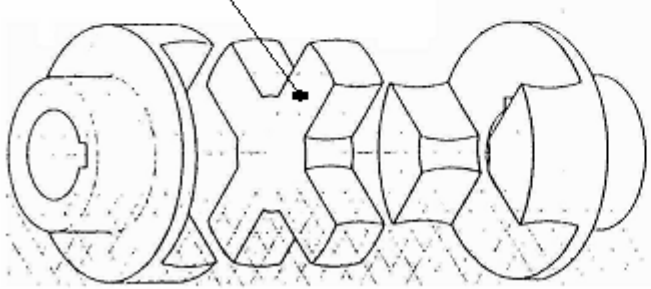
Uniões de Veios

- Elásticas

União elástica de pinos



Elemento elástico

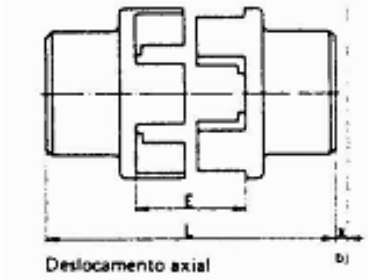


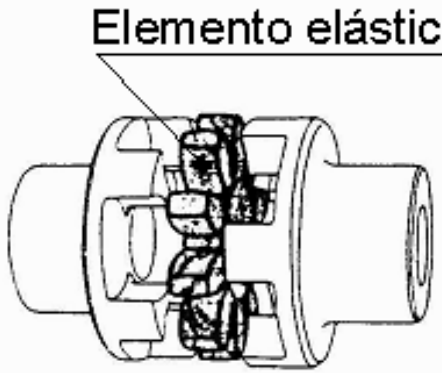


União flexível de cruzeta

Uniões de Veios

- Elásticas





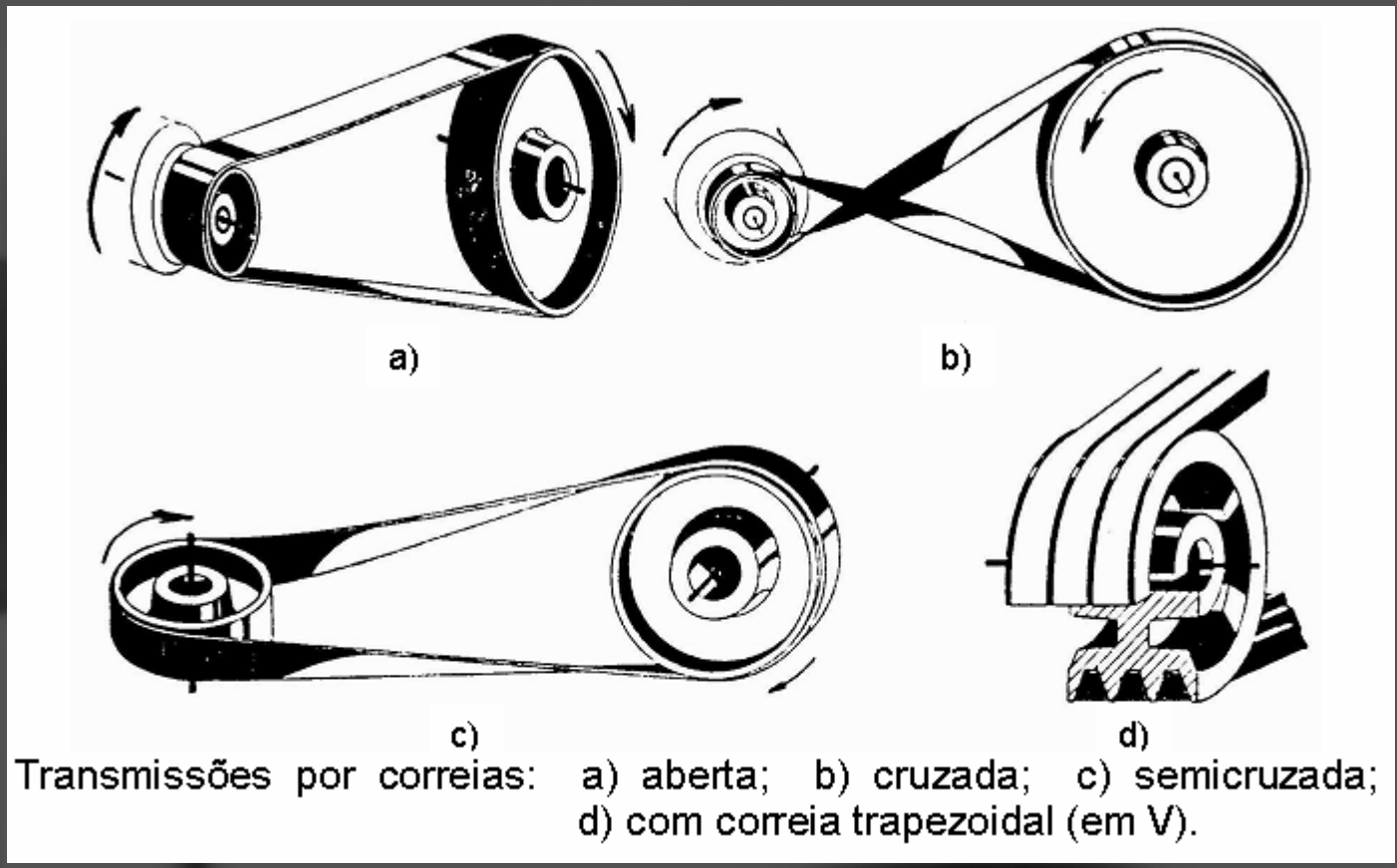
União ROTEX

As três partes que compõem a articulação em metais **ROTEX** *são: as duas semi-articulações e o elemento elástico em forma de roda dentada que é interposto entre estes. A junta* ROTEX *permite, como todas as articulações elásticas, deslocamentos axiais* (b), *radiais* (c) *e angulares* (d), *e transmite o movimento sem vibrações.*

GRANDEZAS		ARTICULAÇÕES menor	maior
E		18	85
máx. deslocamento axial	x	1,2	6,4
máx. deslocamento radial	y	0,4	2,2
máx. deslocamento angular	α	1° 30'	



Transmissões por Correias

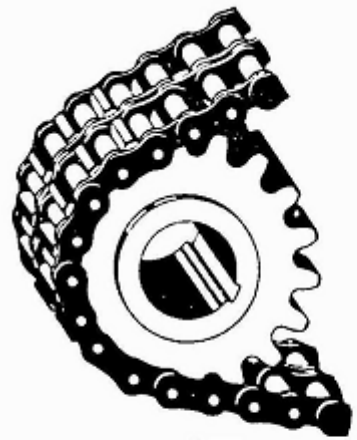


Transmissões por correias: a) aberta; b) cruzada; c) semicruzada; d) com correia trapezoidal (em V).



Construção relativamente **simples**, com funcionamento **silencioso** e uma **elasticidade** que lhes confere capacidade considerável para absorver choques. **Rendimento elevado** (95% a 98%), mas com um **escorregamento** de 1 a 3%, em transmissão de potência. O preço é reduzido, sendo **económicas** para grandes distâncias entre eixos.

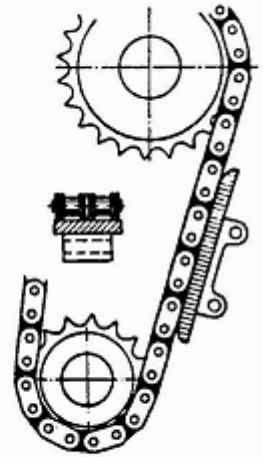
Transmissões por Correntes



a)



b)



Transmissões por correntes: a) com corrente de rolos; b) com corrente dentada.

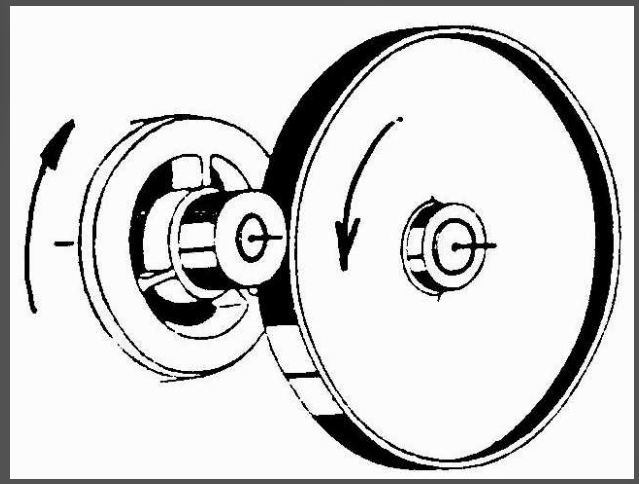




Entre veios paralelos relativamente distanciados, c/ razões de transmissão até i = 6:1 (10:1) e rendimentos de 97% a 98%, **sem escorregamentos**.



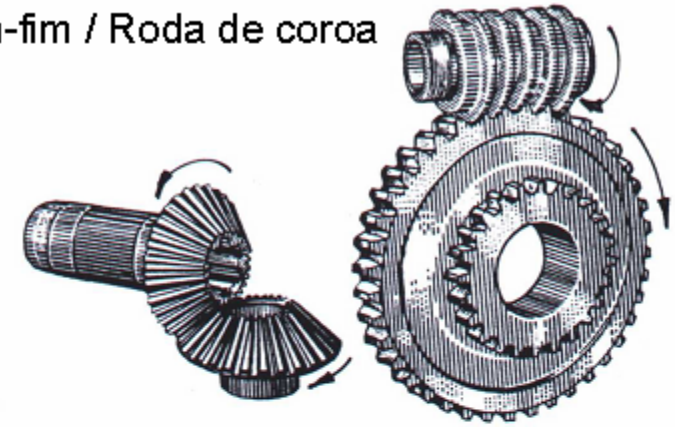
Transmissões por Rodas de Atrito



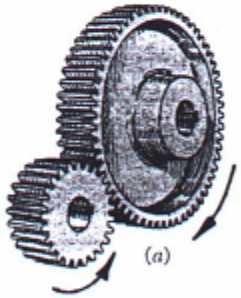
Utilizadas entre veios paralelos, veios concorrentes ou veios não complanares, com razões de transmissão até i = 6:1 (10:1), com rendimentos de 95% a 98% e escorregamentos idênticos aos obtidos com transmissões por correias, mas, em contrapartida, as distâncias entre eixos são menores e o peso e o preço são menos competitivos.

Transmissões por Engrenagens

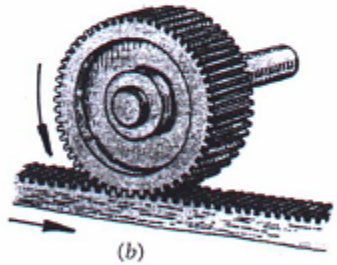
Parafuso sem-fim / Roda de coroa



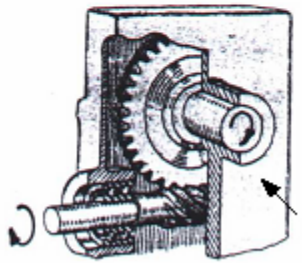
Rodas dentadas cónicas



Pinhão
+ Roda dentada



Pinhão
+ Cremalheira



Redutor

Transmissões por Engrenagens

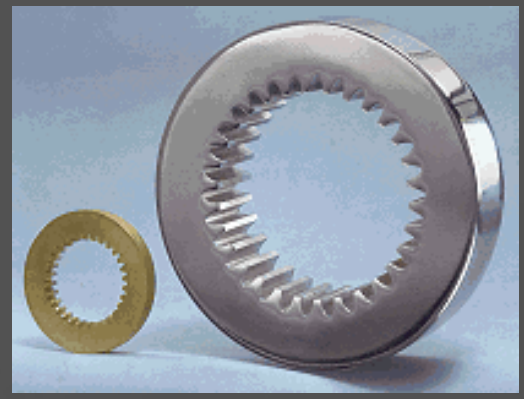


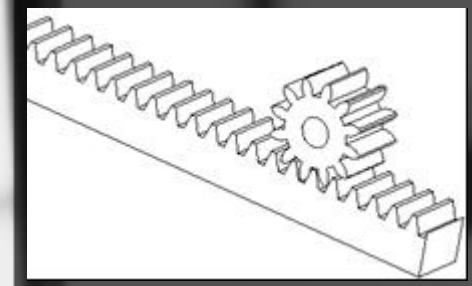






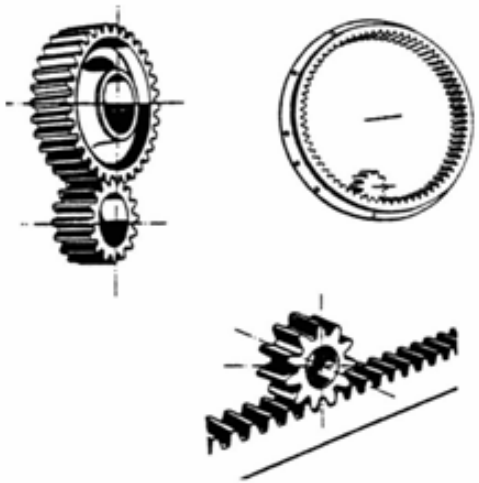
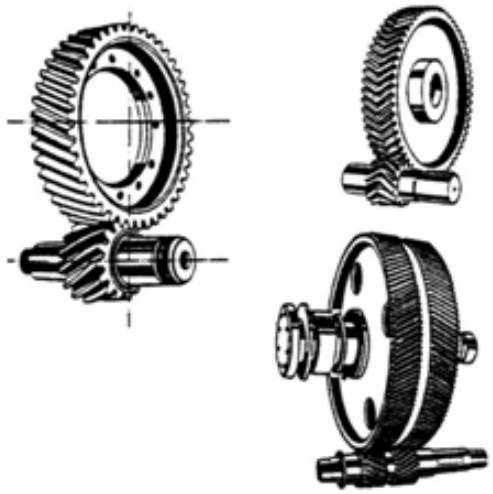






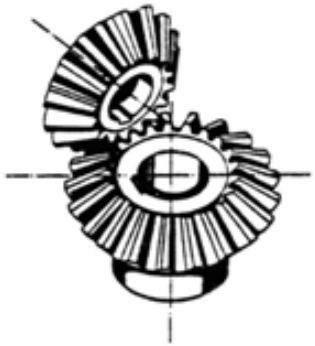
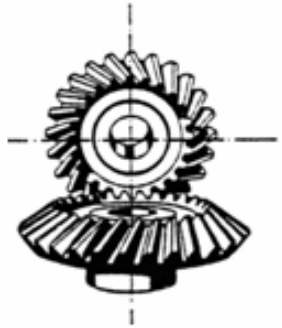
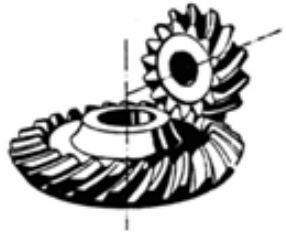


Transmissões por Engrenagens

ENGRENAGENS PARALELAS OU CILÍNDRICAS (EIXOS PARALELOS)		
DENTADO RECTO	DENTADO HELICOIDAL	OBSERVAÇÕES
		Para mecanismos com um ou mais andares de transmissão e com as seguintes características limites nominais: Razões de transmissão até 8:1 (10:1), por andar. Potências até 15 000 kW a 22 400 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 150 a 200 m/s. O rendimento, por andar, situa-se entre 95% e 99% (98%).

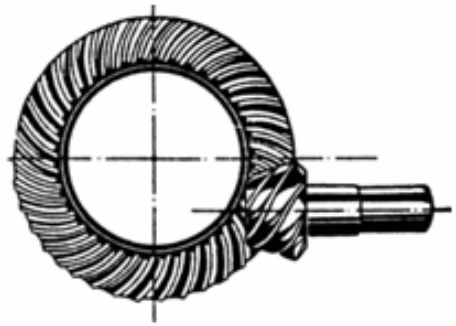


Transmissões por Engrenagens

ENGRENAGENS CONCORRENTES OU CÓNICAS (EIXOS CONCORRENTES)			
DENTADO RECTO	DENTADO INCLINADO	DENTADO ESPIRAL	OBSERVAÇÕES
			Para razões de transmissão até 6:1 (8:1). Potências até 370 (recto) a 740 kW (inclinado). Velocidades tangenciais no primitivo de funcion. até 50 a 75 (150) m/s. Para aumentar a capacidade de carga (até 3 700 kW) e o rendimento, diminuindo o ruído, utilizam-se dentes espirais. O rendimento é idêntico ao das engrenagens cilíndricas (97% a 99%).



Transmissões por Engrenagens

ENGRENAGENS ESQUERDAS (EIXOS NÃO COMPLANARES)		
DENTADO HELICOIDAL	PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA	DENTADO HIPÓIDE
		
OBSERVAÇÕES: Razões de transmissão até 5:1 e pequenos entreeixos, mas também (20:1 a 100:1). Para a transmissão de baixas potências (até 75 kW), pois o contacto entre dentes inicial é do tipo pontual. Veloc. tangenciais no primitivo de funcionamento até 25 a 50 m/s. Os rendimentos aproximam-se dos registados nas engrenagens cilíndricas helicoidais (até 95%).	Razões de transmissão de 10:1 até 60:1 (100:1). Potências até 560 a 750 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 60 a 70 m/s. O rendimento situa-se entre 45% e 95%, sendo superior para menores razões de transmissão. Baixos níveis de ruído e de vibrações.	Razões de transmissão até 10:1, (20:1 a 100:1), pois o número de dentes do pinhão pode descer até 5. Para pequenas distâncias entre eixos, com uma redução de ruído. Potências até 740 kW. Veloc. tang. no prim. de func. até 40 a 75 m/s. Rendimentos ligeiramente inferiores aos registados nas engrenagens cónicas, desde (60%) até 85% a 95% e um aquecimento um pouco mais elevado.



Órgãos de Maquinas

João Manuel R. S. Tavares

CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

Bibliografia

- Simões Morais, José Almacinha, “Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)”, AEFEUP, 2007
- Arlindo Silva, João Dias, Luís Sousa, “Desenho técnico moderno”, ISBN: 972-757-260-X, FCA Editora, 2002
- Simões Morais, “Desenho técnico básico 3”, ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

Sumário

- Ligações Mecânicas
- Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)
- Ligações com Peças Roscadas
  - Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)
  - Classe de Material de Peças Roscadas
  - Parafusos
  - Pernos
  - Porcas
  - Anilhas
  - Ligações com Peças Roscadas
  - Produção de furos passantes, caixas e escareados

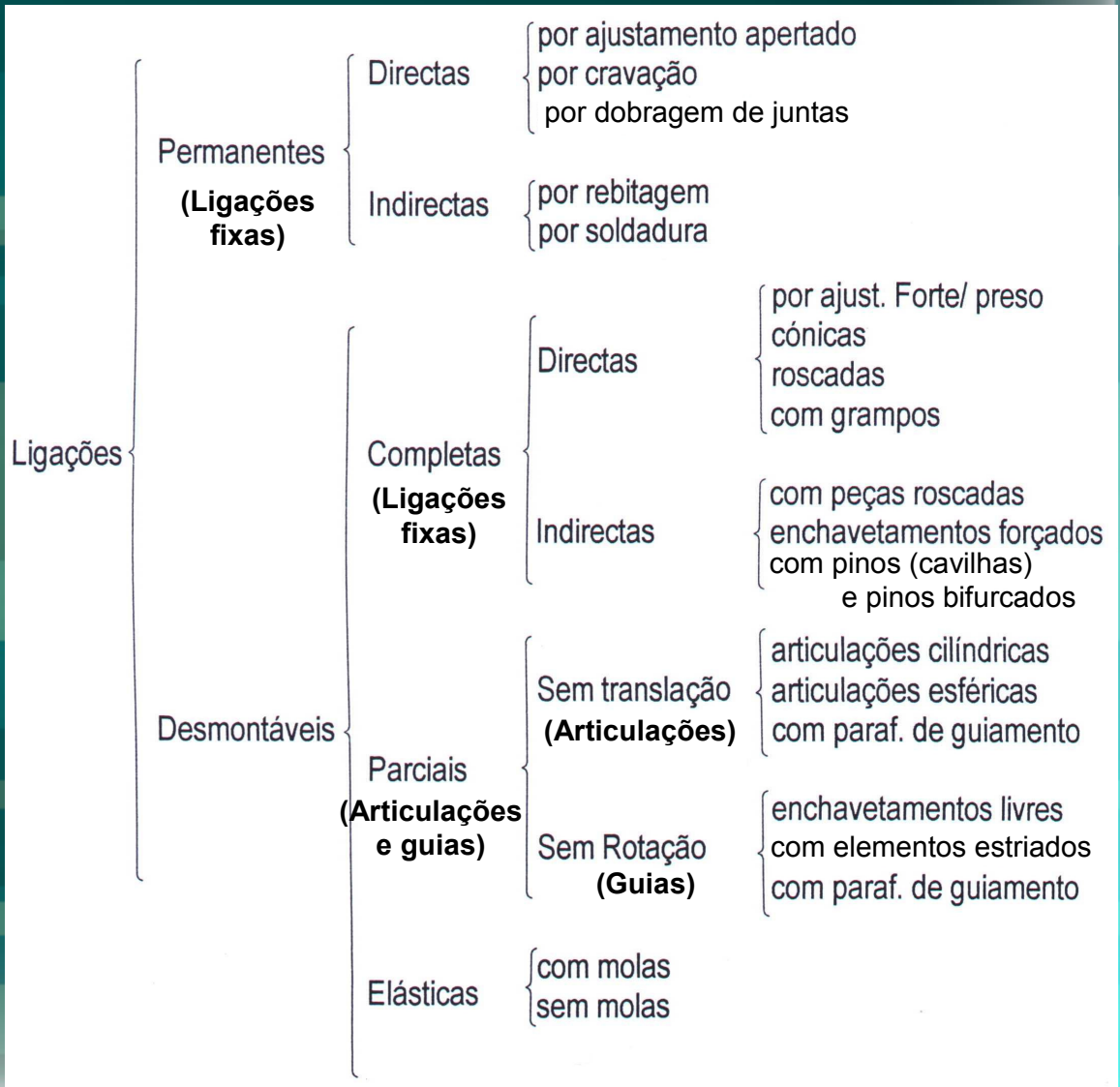
Sumário

- Ligações com Pinos
- Anéis Elásticos
- Pontas de Veio e Enchavetamentos
- Acoplamentos por Estrias
- Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento
- Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica
- Engrenagens
- Ligações por Rebites
- Soldadura
- Molas

Ligações Mecânicas

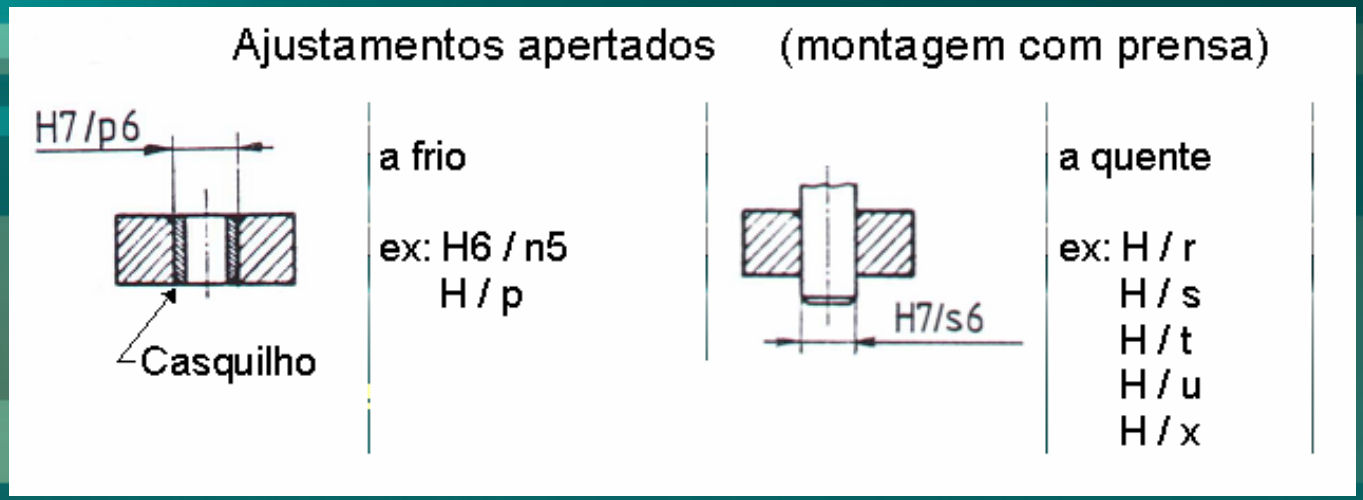
- Elementos de Ligação Mecânicos

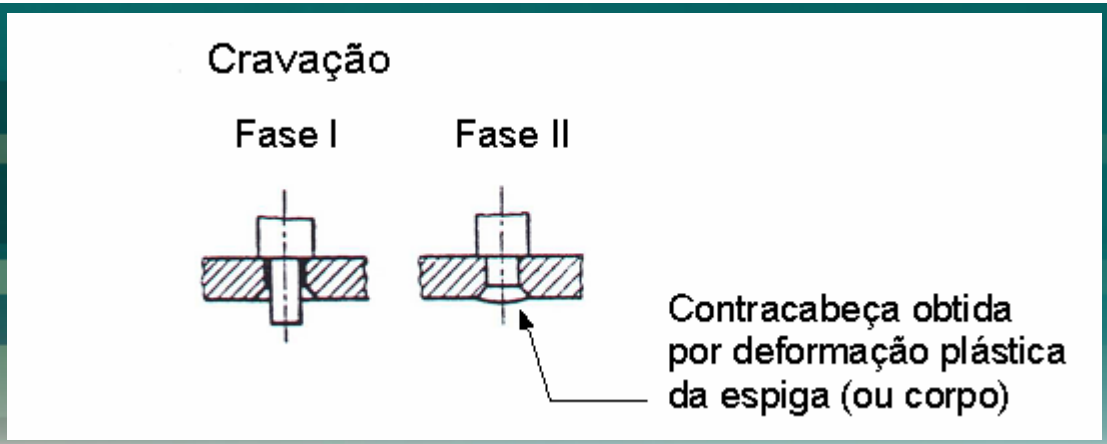
Elementos de ligação mecânicos são órgãos que **materializam funções mecânicas elementares**: ligações fixas, articulações, guias, ligações elásticas.



Ligações Mecânicas

- Ligações **Permanentes** (não desmontáveis)
  - Ligações **Directas** (apenas intervêm as peças a ligar)





Ligações Mecânicas

- Ligações **Permanentes** (não desmontáveis)
  - Ligações **Directas** (apenas intervêm as peças a ligar)

Dobragem de juntas

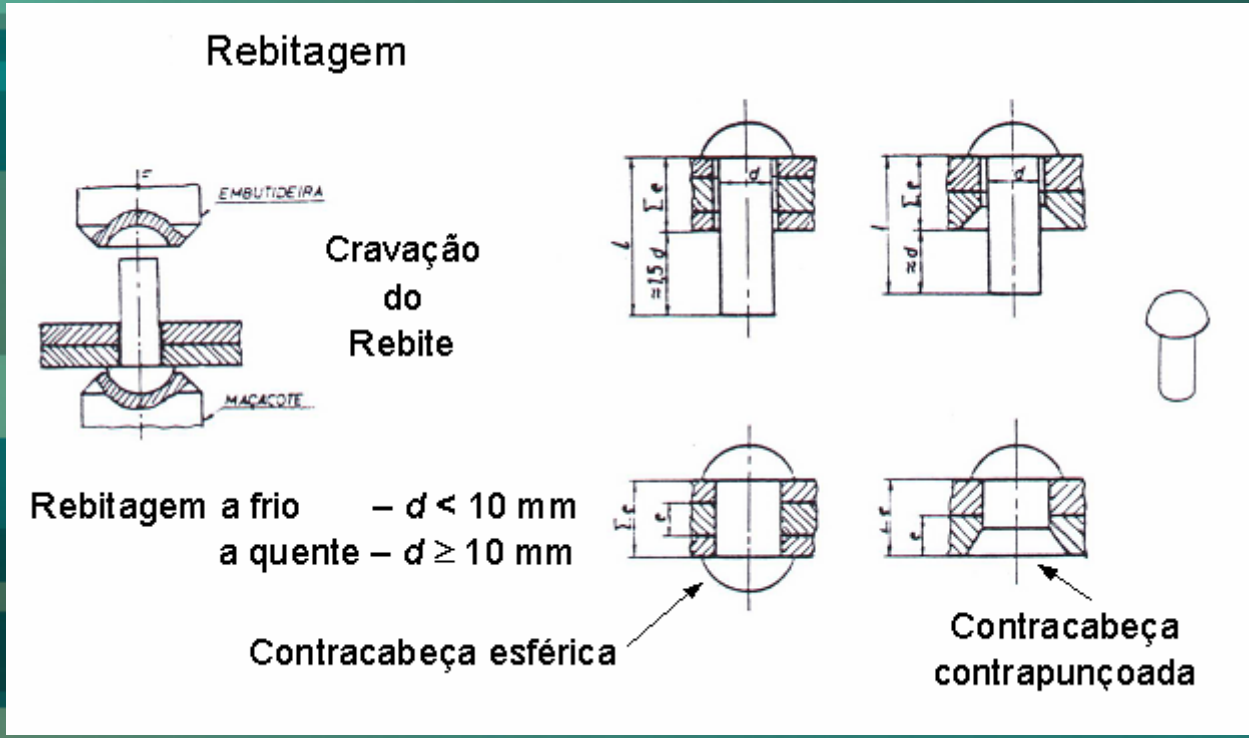
Aplicação em chapas de pequena espessura { chapas de alumínio / folha de flandres



Ligação estaque quando estanhada
(exemplo de aplicação: latas de conserva)

Ligações Mecânicas

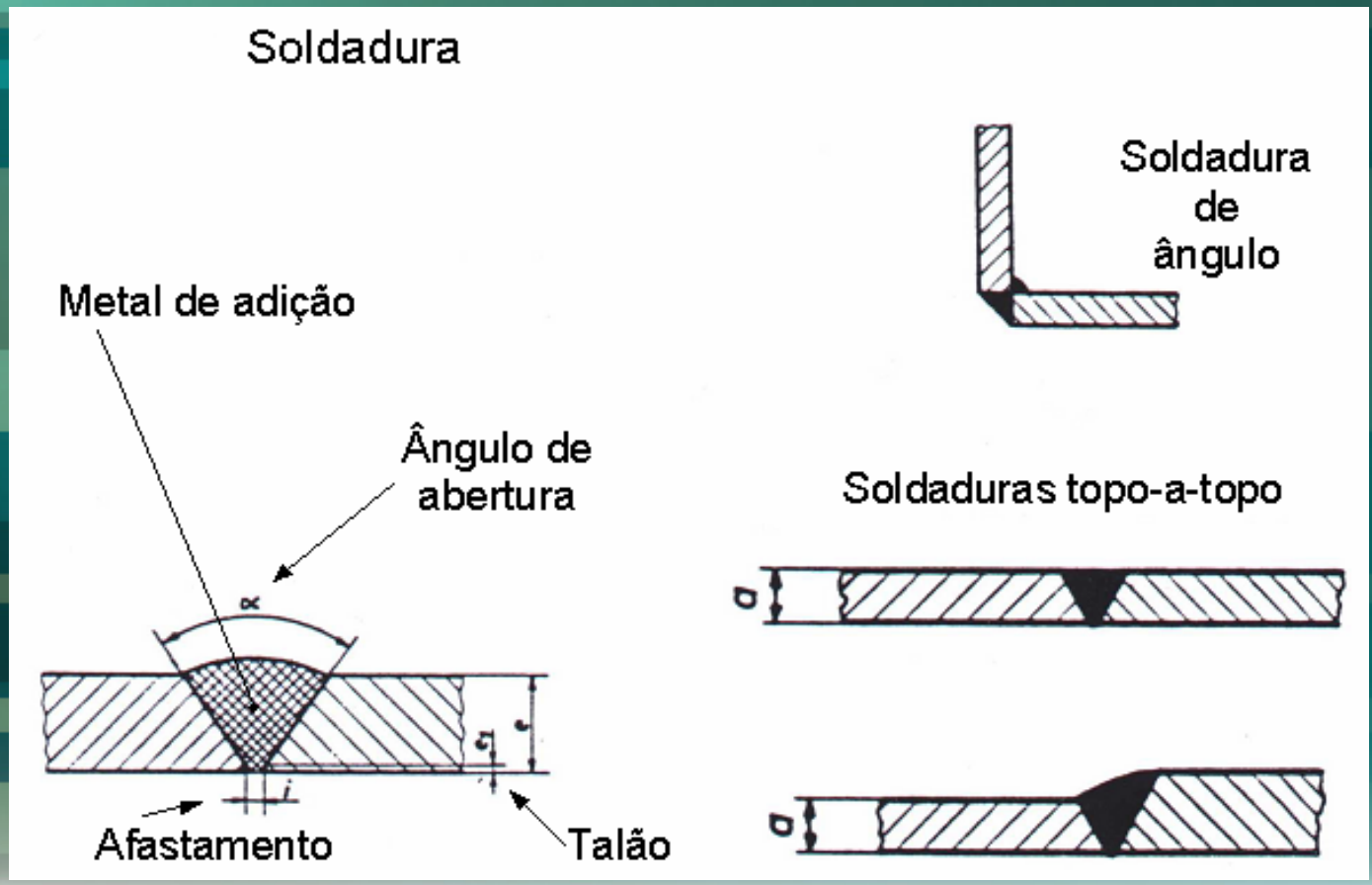
- Ligações **Permanentes** (não desmontáveis)
  - Ligações **Indirectas** (necessário recorrer a outra peça ou elemento intermediário)





Ligações Mecânicas

- Ligações **Permanentes** (não desmontáveis)
  - Ligações **Indirectas** (necessário recorrer a outra peça ou elemento intermediário)



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Directas**

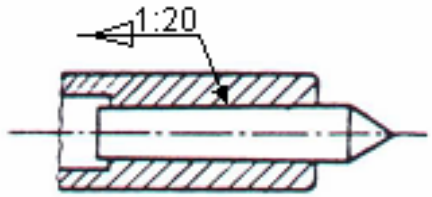
Ajustamentos fortemente presos

ex: H / m
H7 / n6 (montagem com martelo)



Ligações cónicas

Ligação por atrito na fixação.

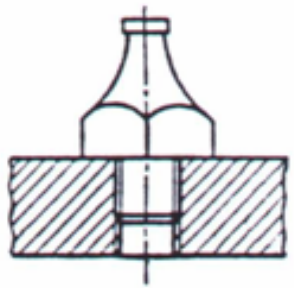


Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações Completas (sem movimento relativo)
    - Ligações **Directas**

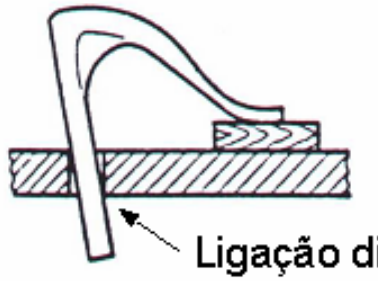
Ligações roscadas

O corpo roscado é parte integrante da peça (exemplo: copo de lubrificação)



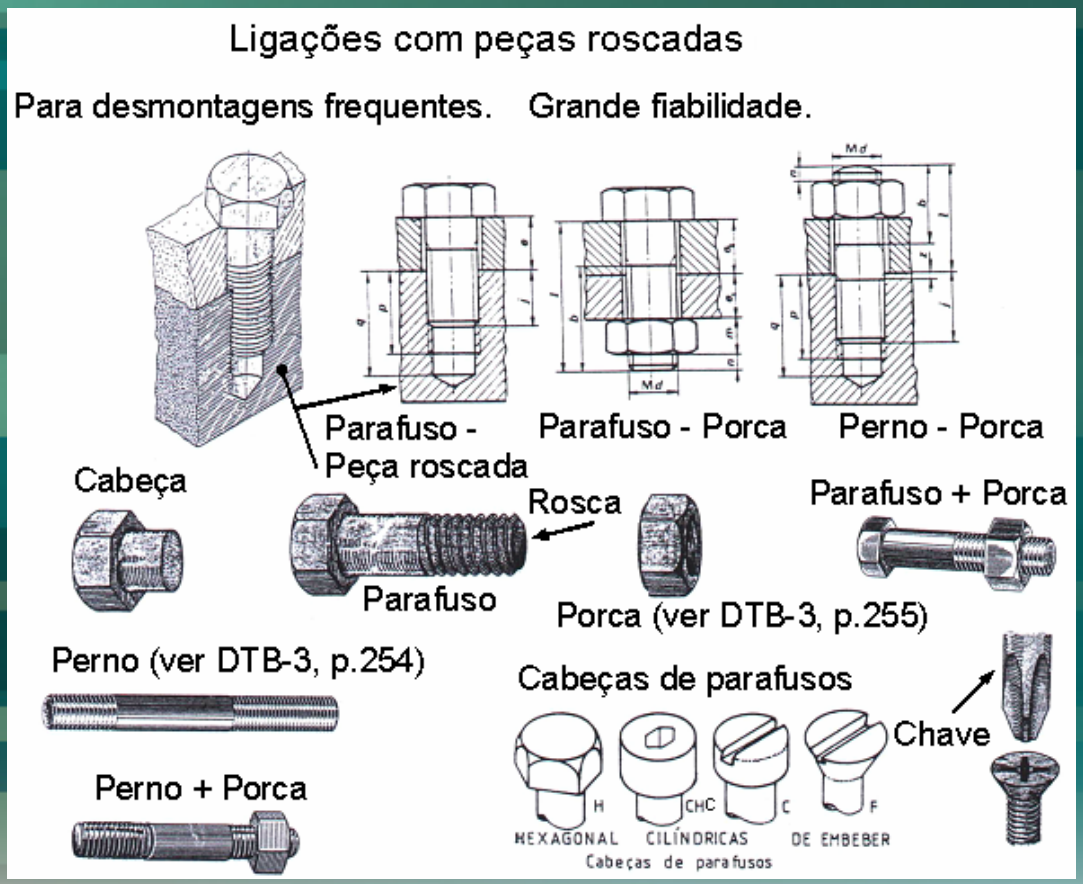
Ligações com grampos

Ligação por simples aderência



Ligações Mecânicas

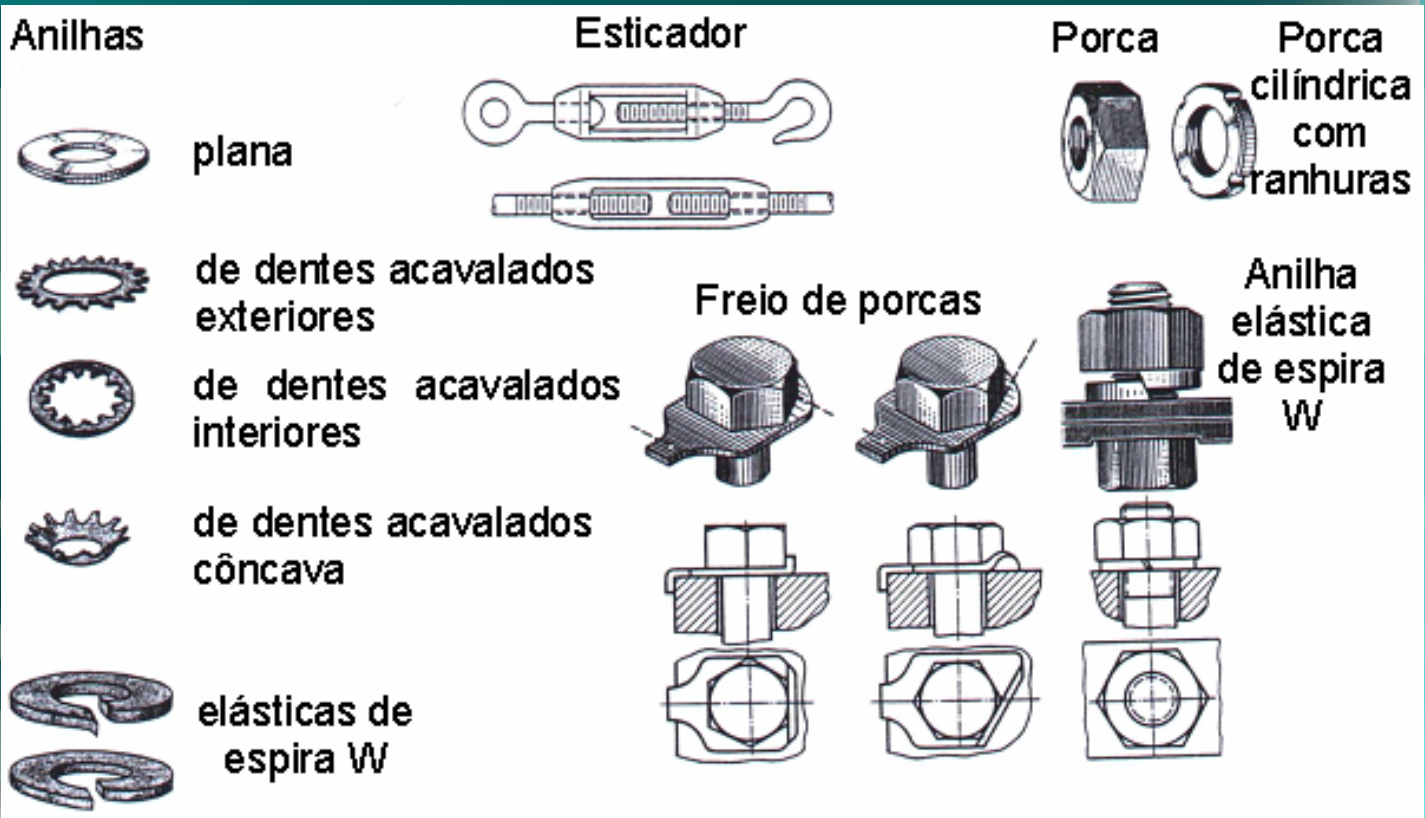
- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

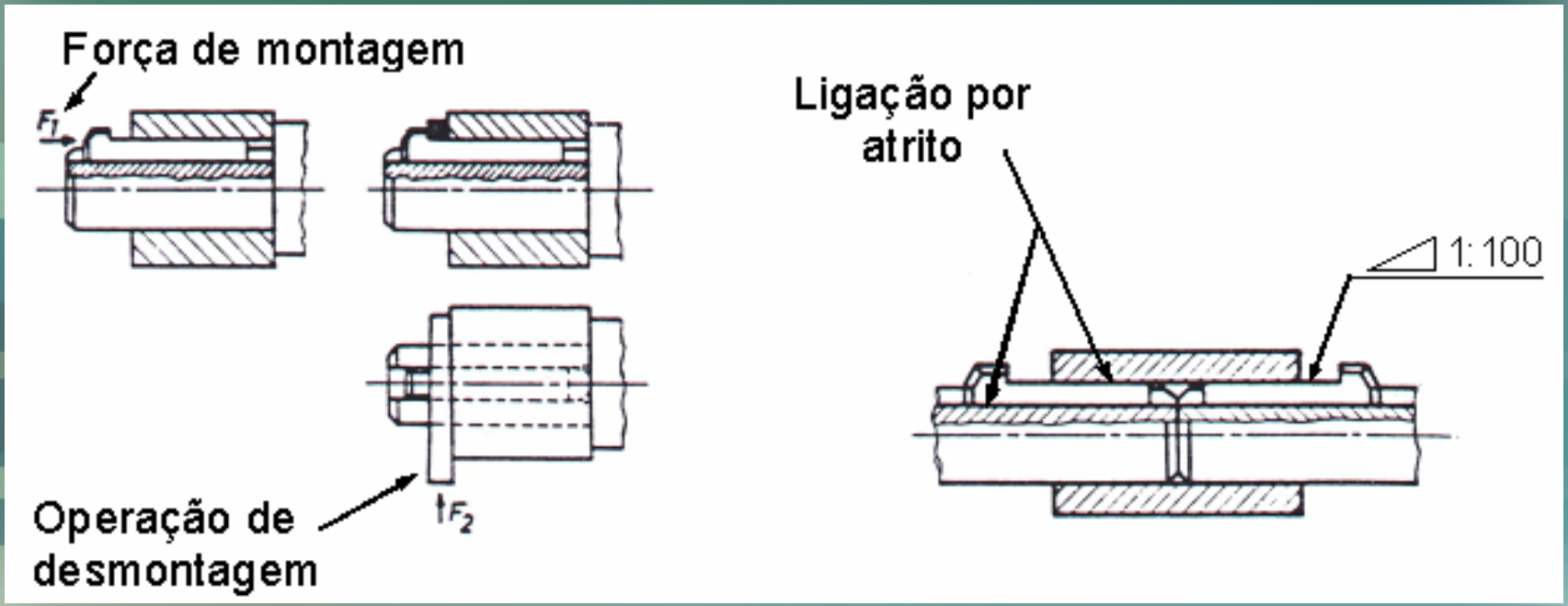
Peças roscadas (continuação).



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

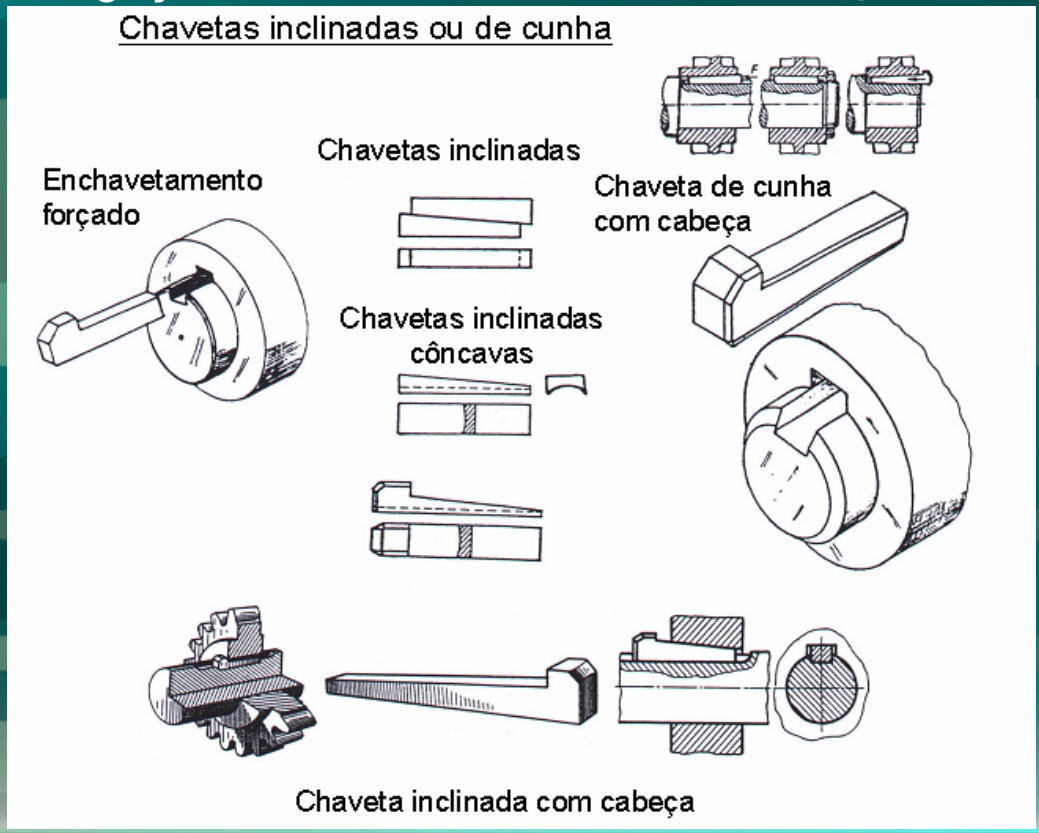
Ligações com **enchavetamentos forçados**



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

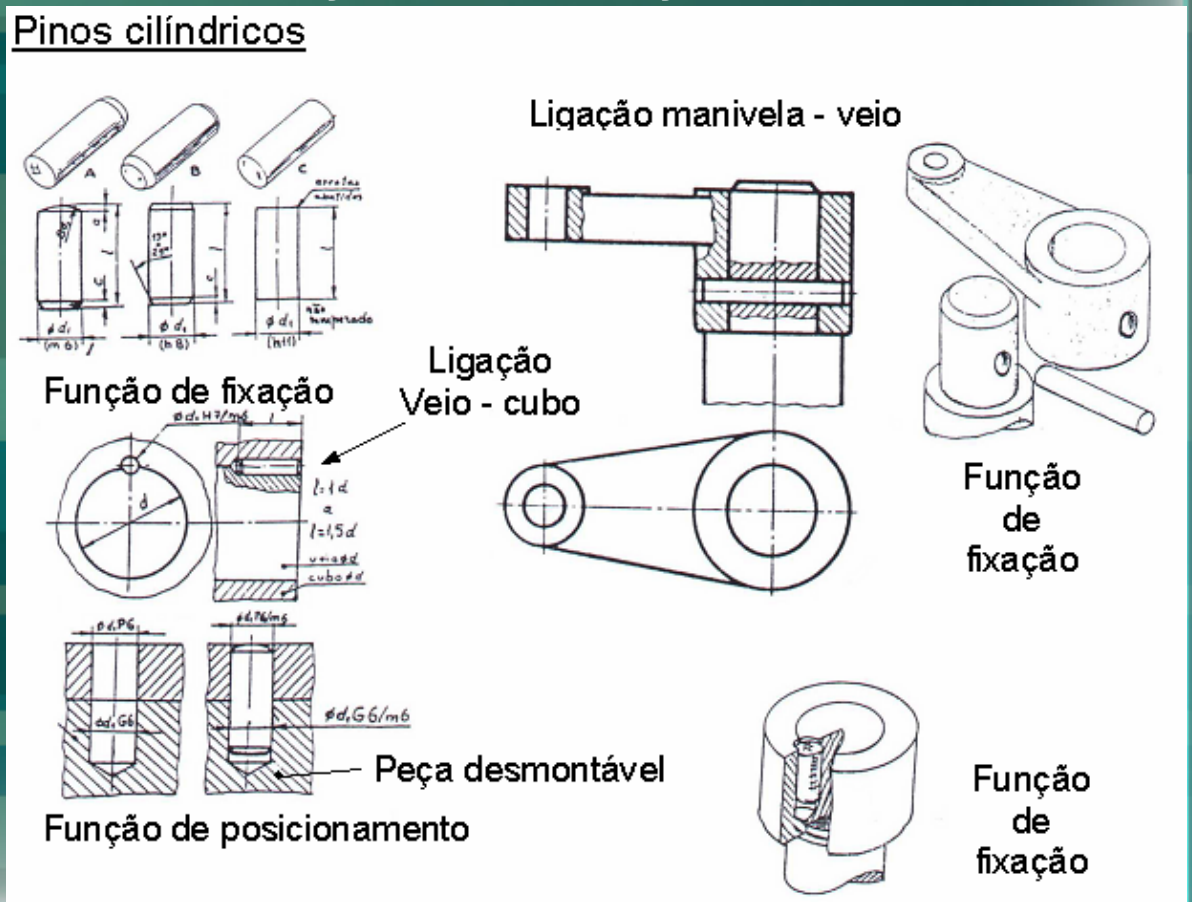
Ligações com **enchavetamentos forçados**



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

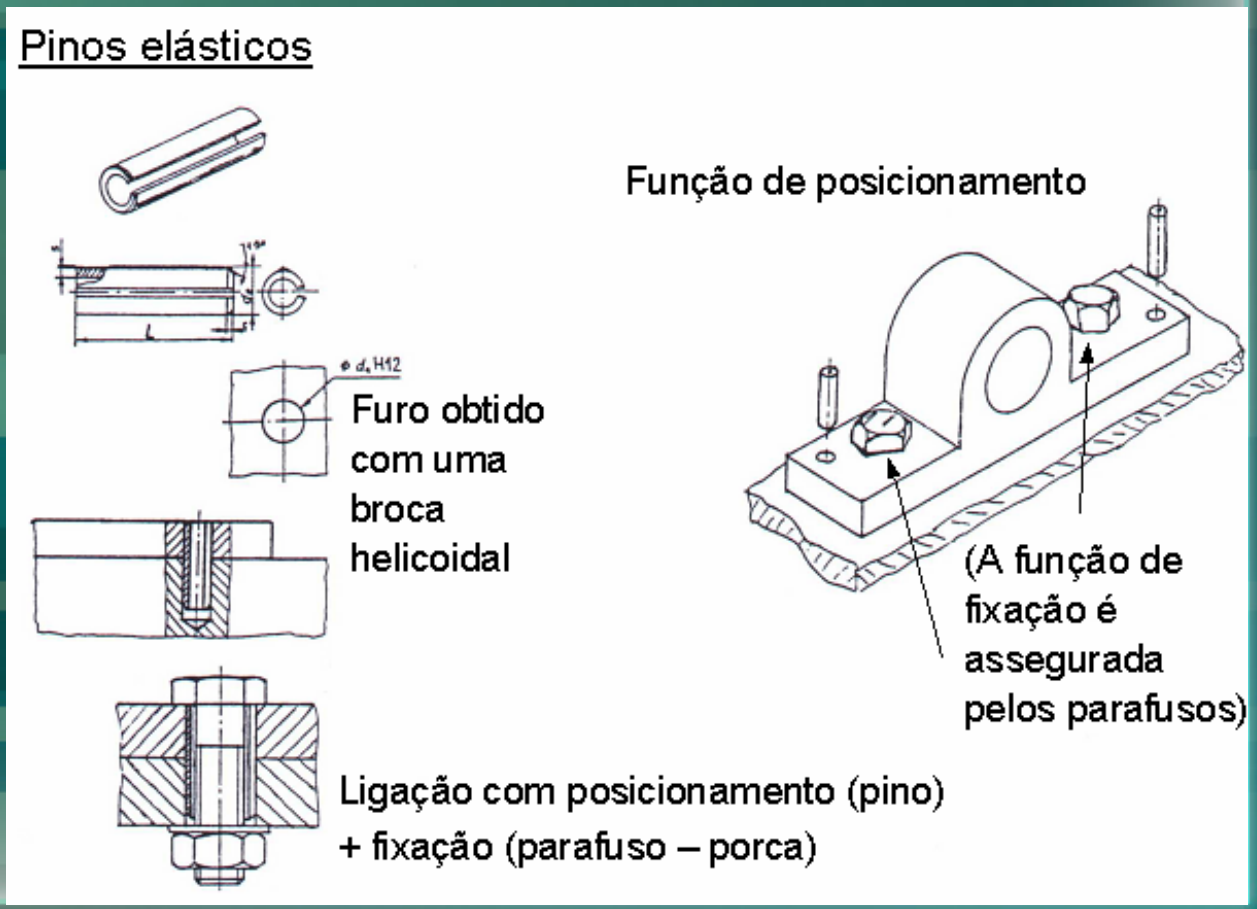
Ligações com **pinos (ou cavilhas)**



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

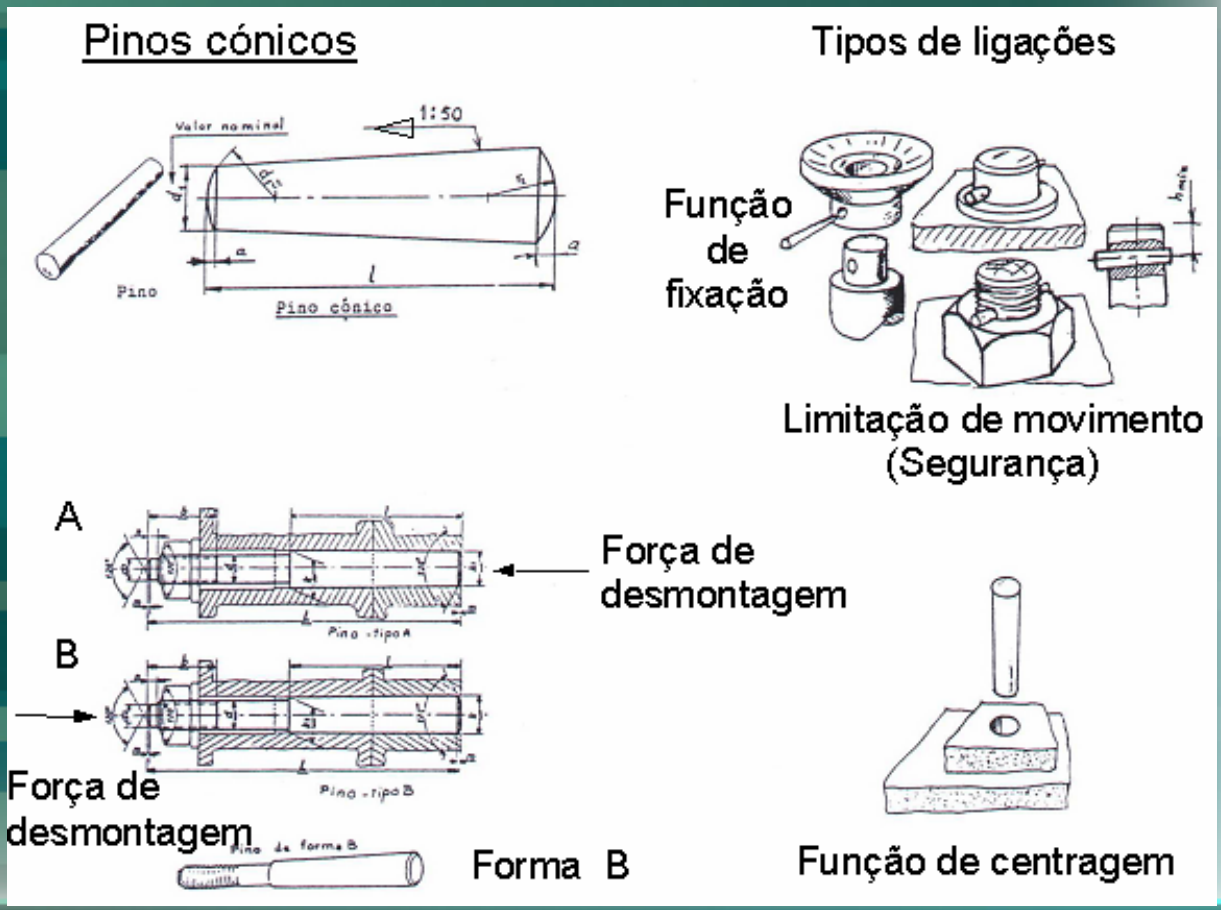
Ligações com **pinos (ou cavilhas)**



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

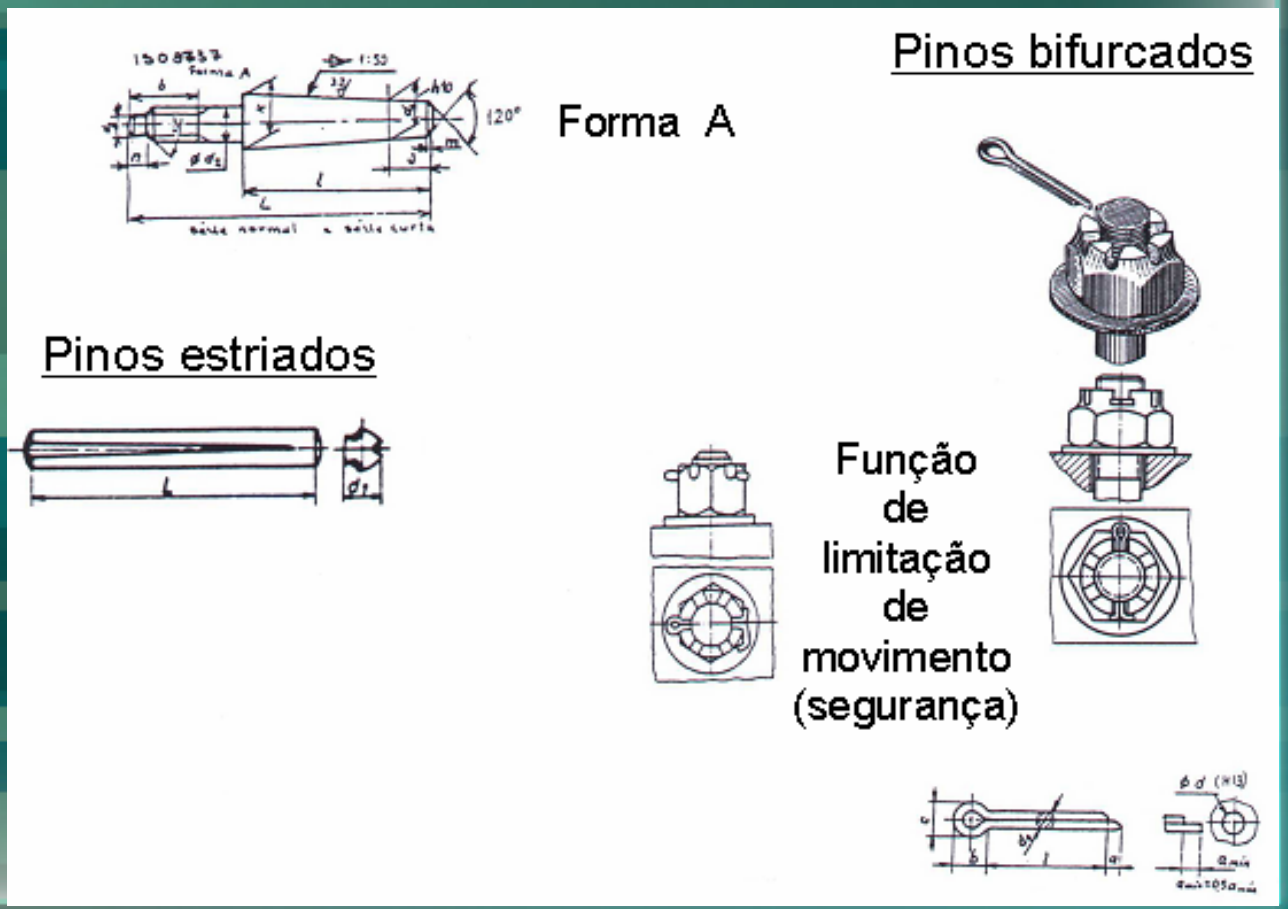
Ligações com **pinos (ou cavilhas)**



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Completas** (sem movimento relativo)
    - Ligações **Indirectas** (utilização de outra peça)

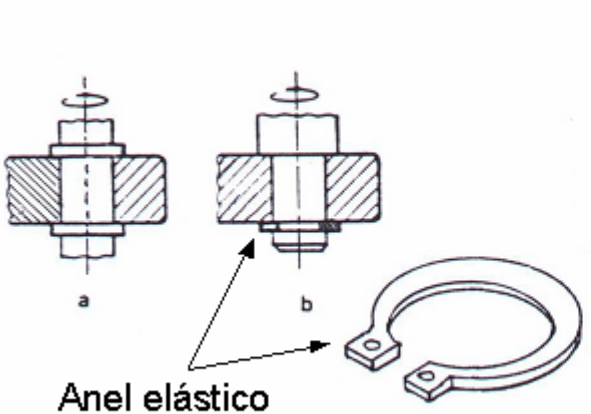
Ligações com **pinos (ou cavilhas)**



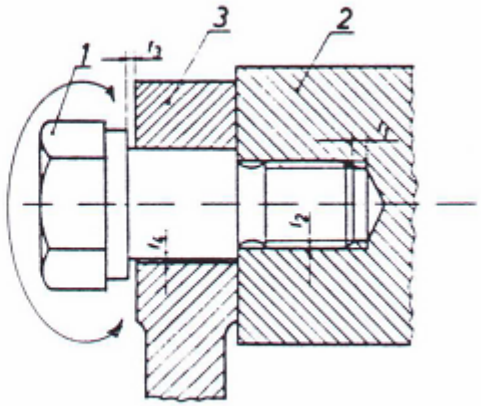
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Translação (**Articulações**)

Articulações cilíndricas

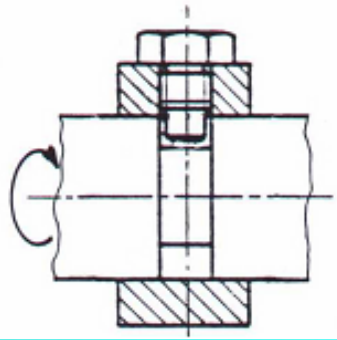


Anel elástico para veio



Ligação com parafuso de guiamento

É permitida apenas uma rotação.

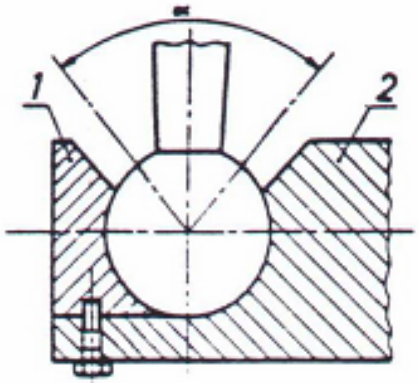


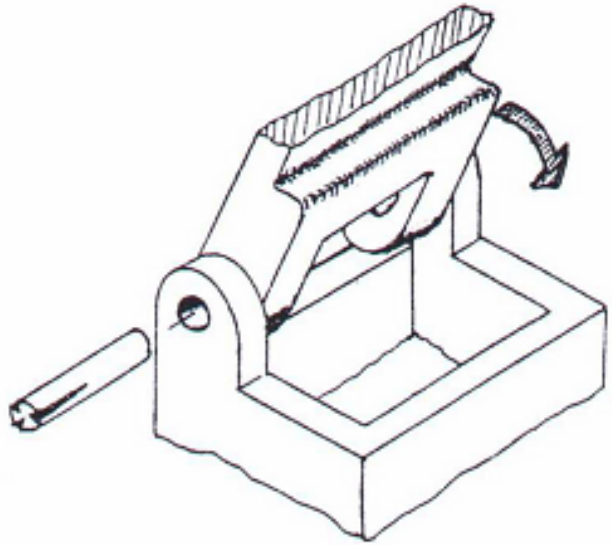
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Translação (**Articulações**)

Articulações esféricas

(Rótula)

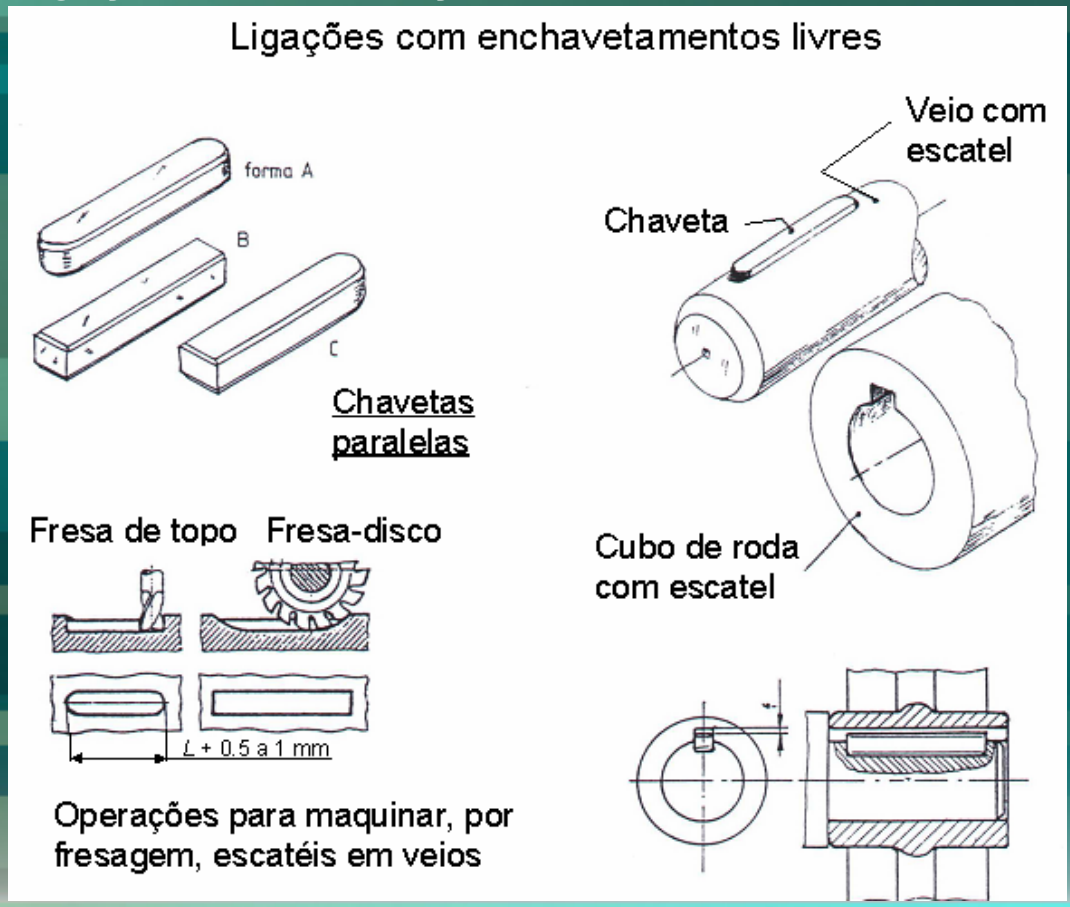




Articulação cilíndrica
com pinos cilíndricos

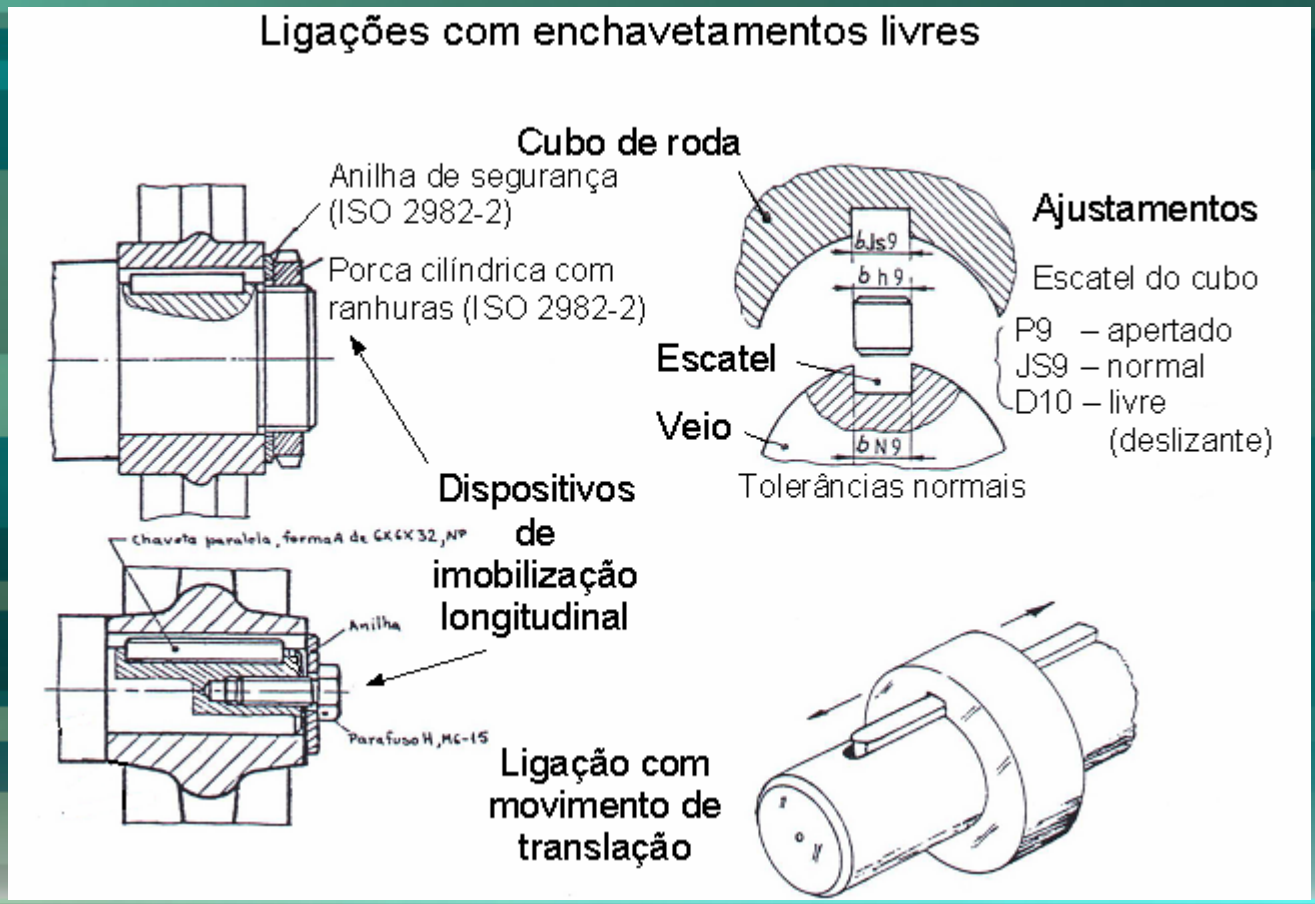
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)



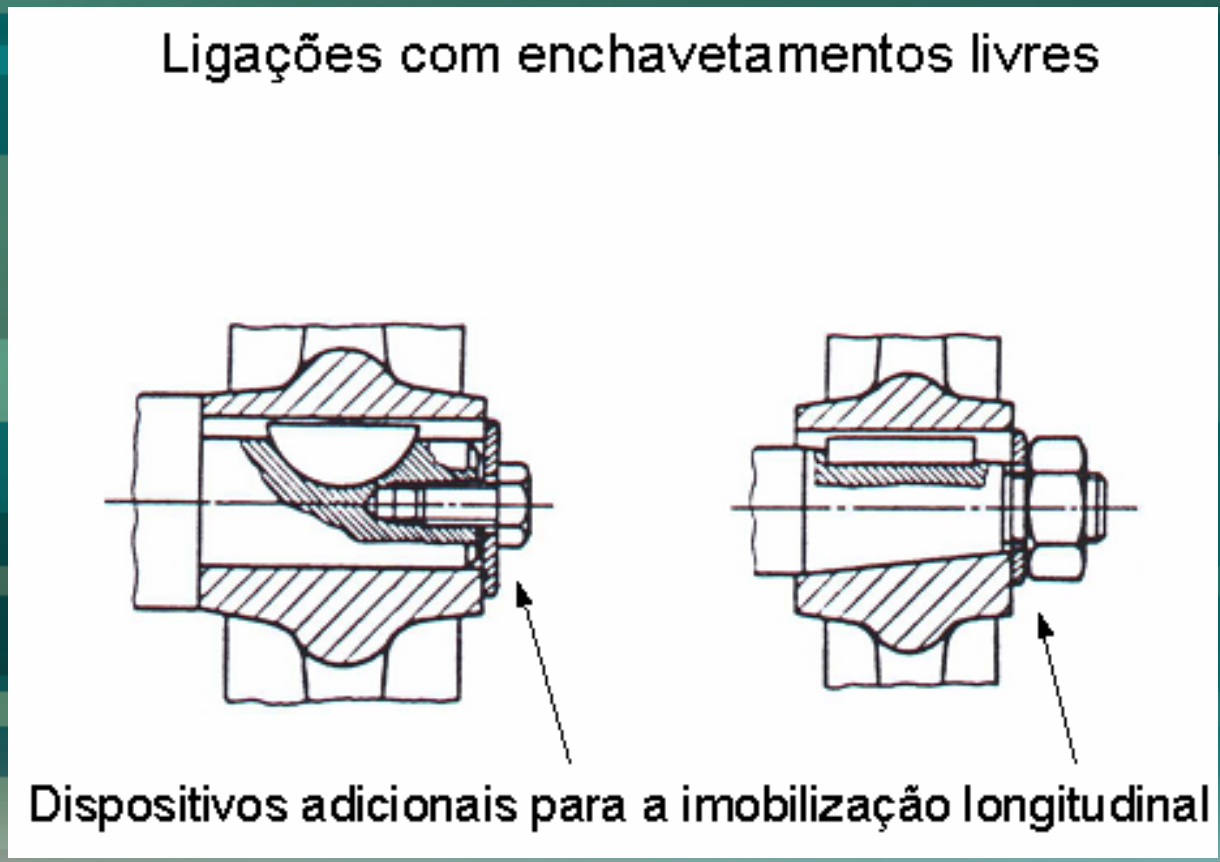
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)



Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)

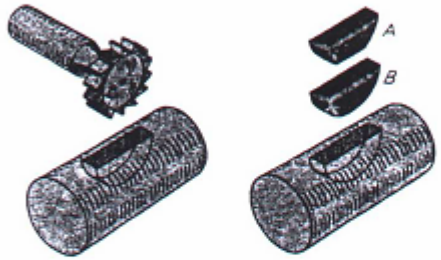


Ligações Mecânicas

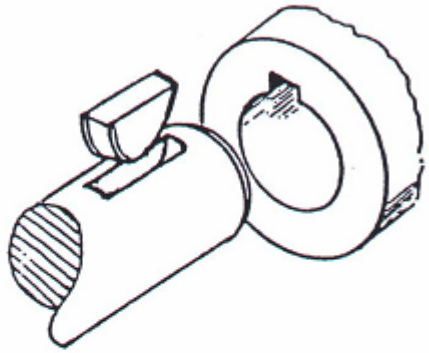
- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)

Ligações com enchavetamentos livres

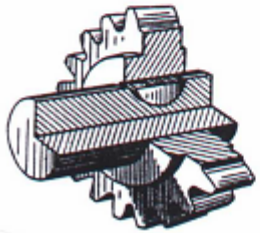
Chaveta-disco ou chaveta Woodruff

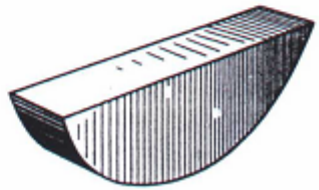


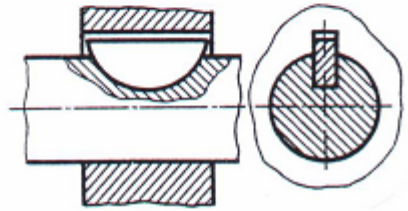
Abertura de escatel com fresa-disco



Enchavetamento livre

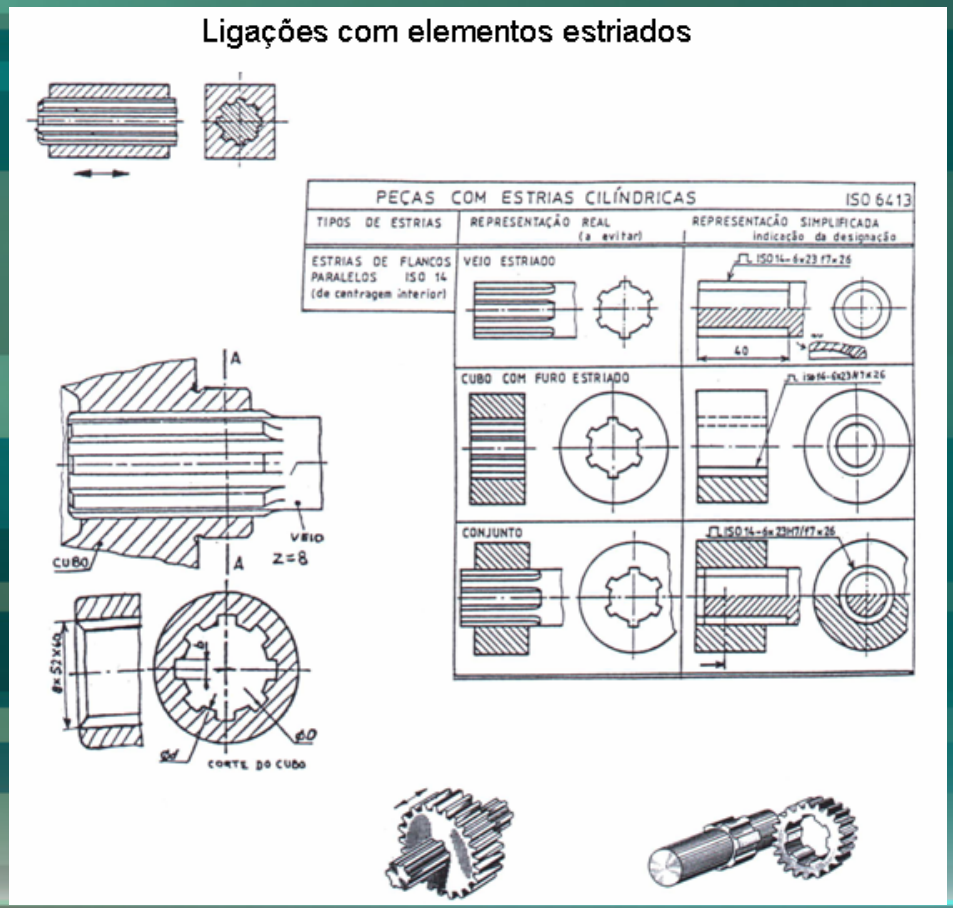






Ligações Mecânicas

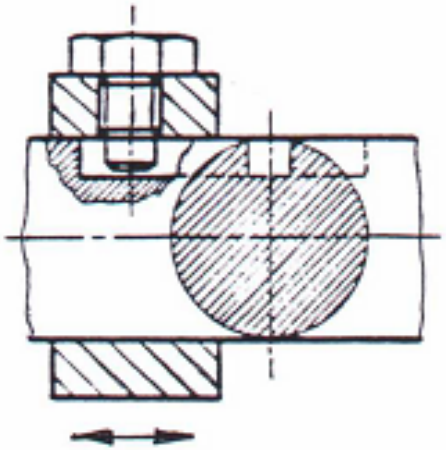
- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)



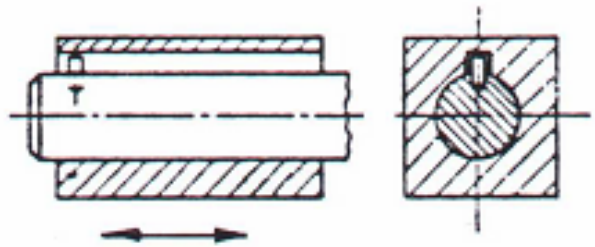
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Parciais** (com movimento relativo)
    - Ligações Sem Rotação (**Guias**)

Ligações com parafuso (ou pino) de guiamento



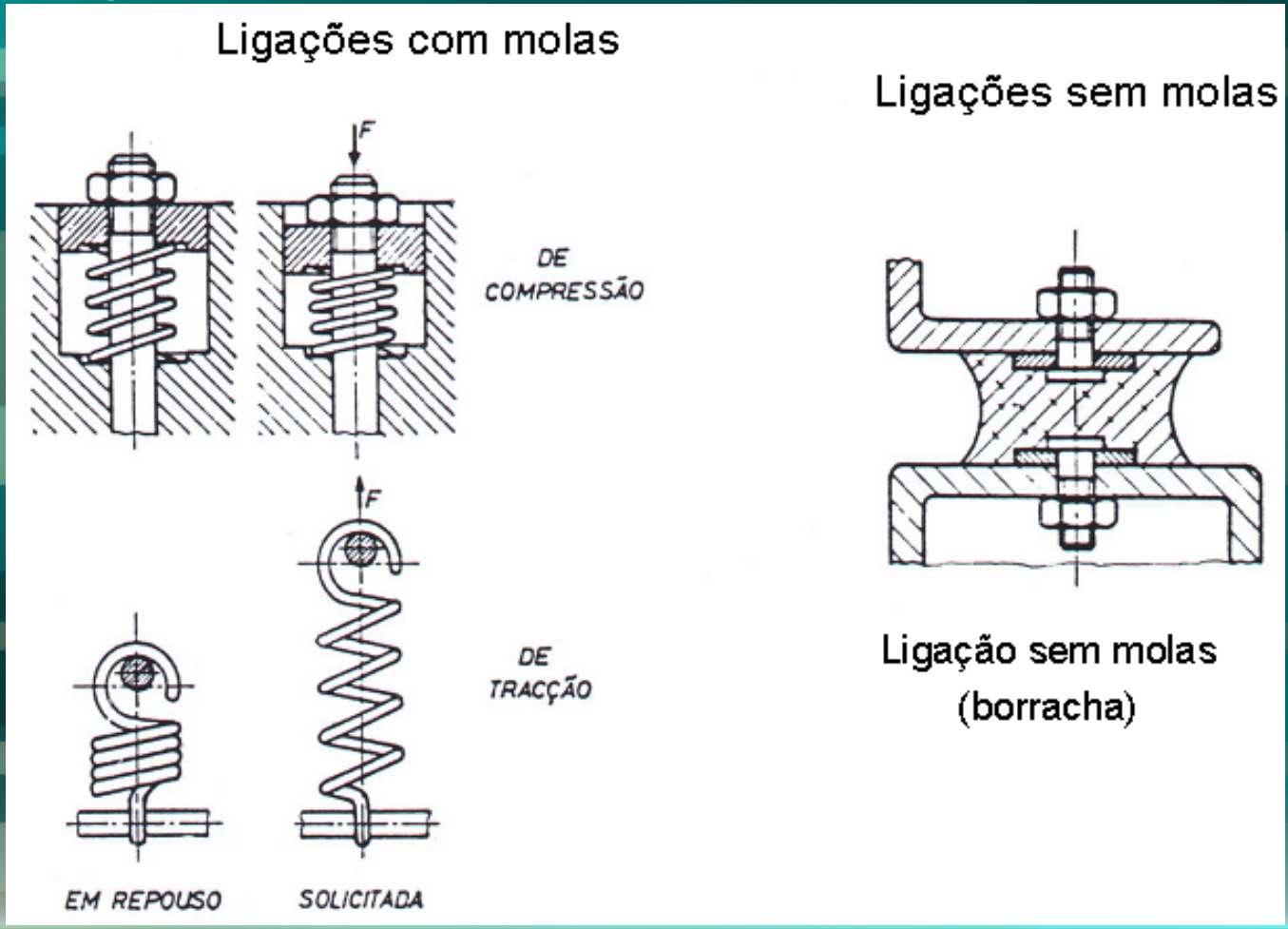
Ligação em translação
com parafuso de guiamento



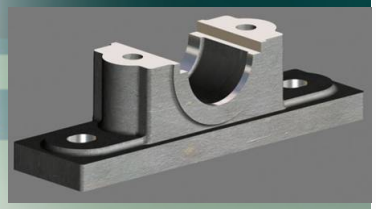
Ligação em translação
com pino de guiamento (prisioneiro)

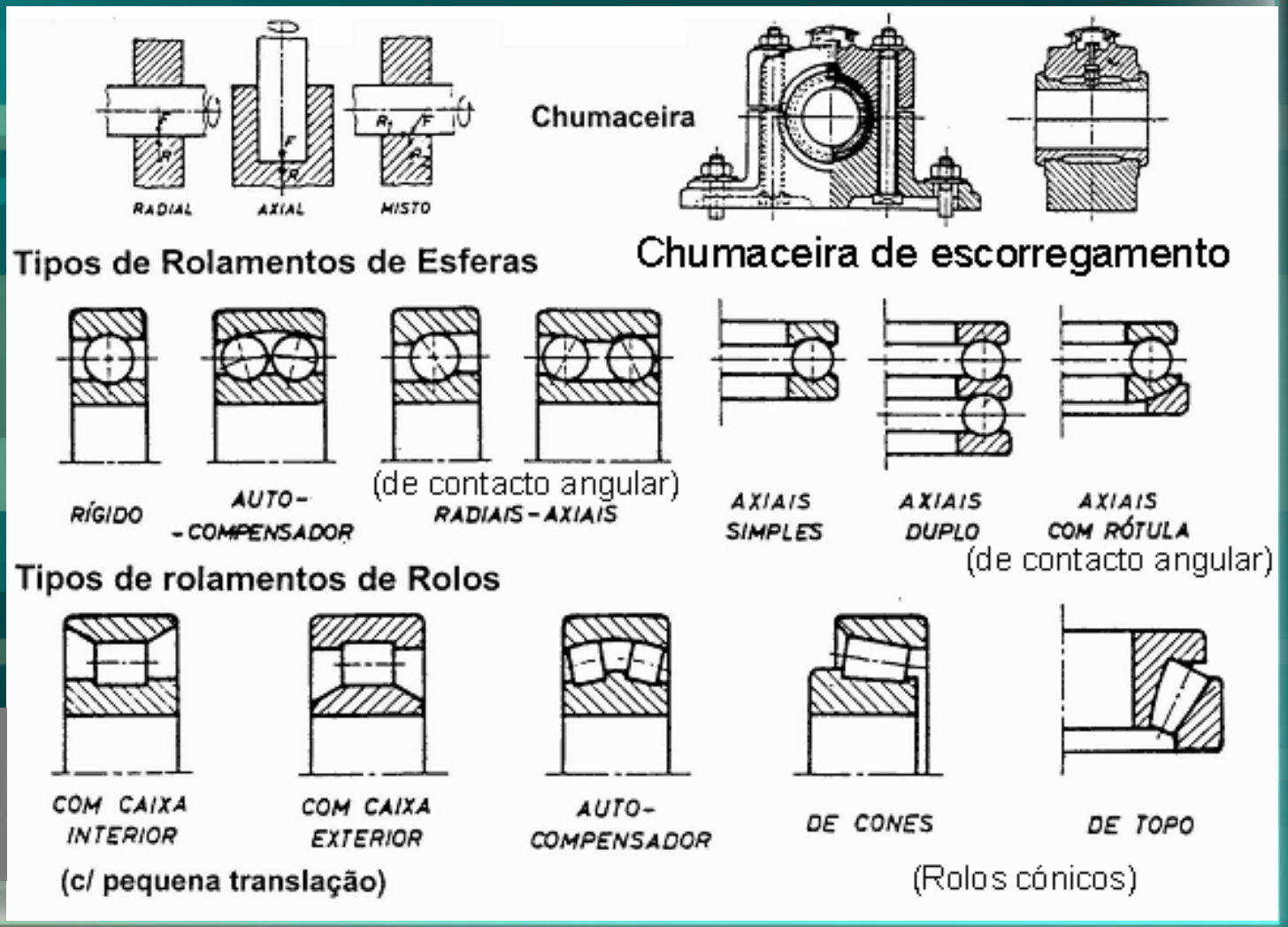
Ligações Mecânicas

- Ligações **Desmontáveis**
  - Ligações **Elásticas**

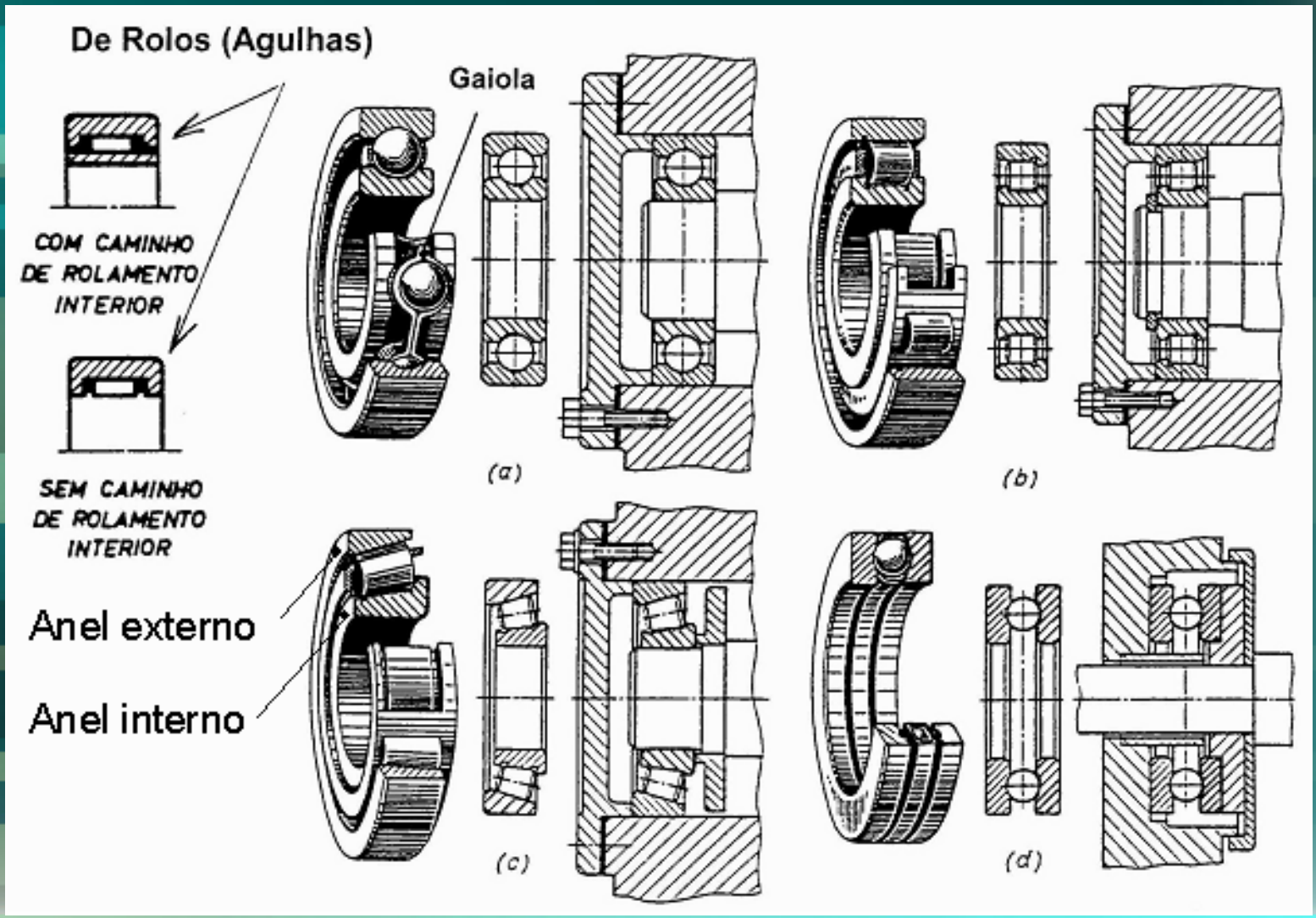


Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento





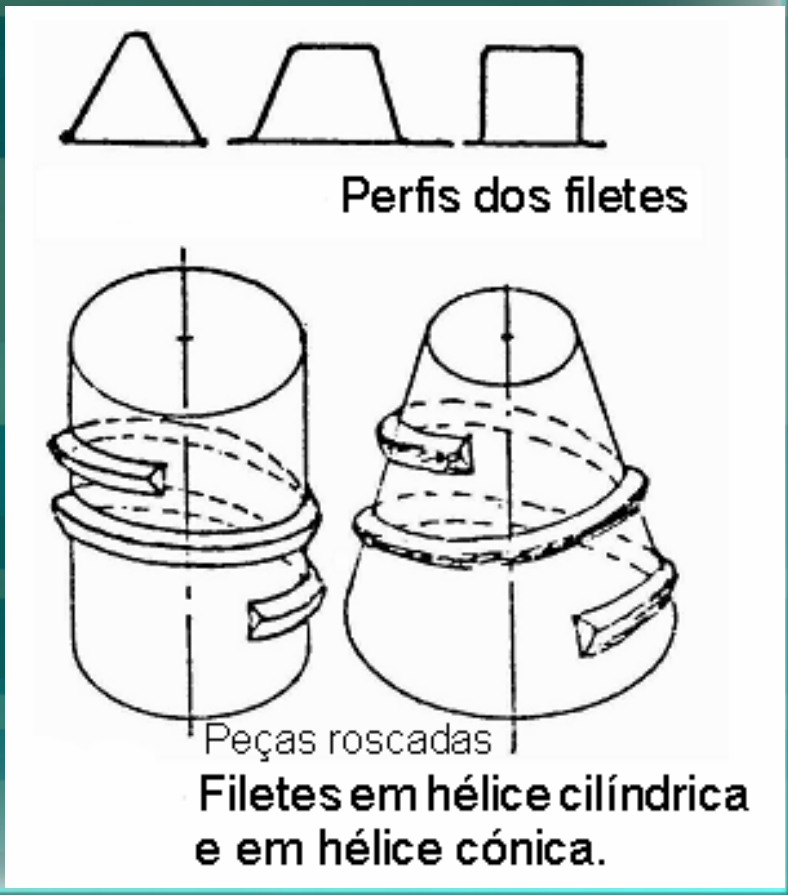
Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento



Ligações com Peças Roscadas

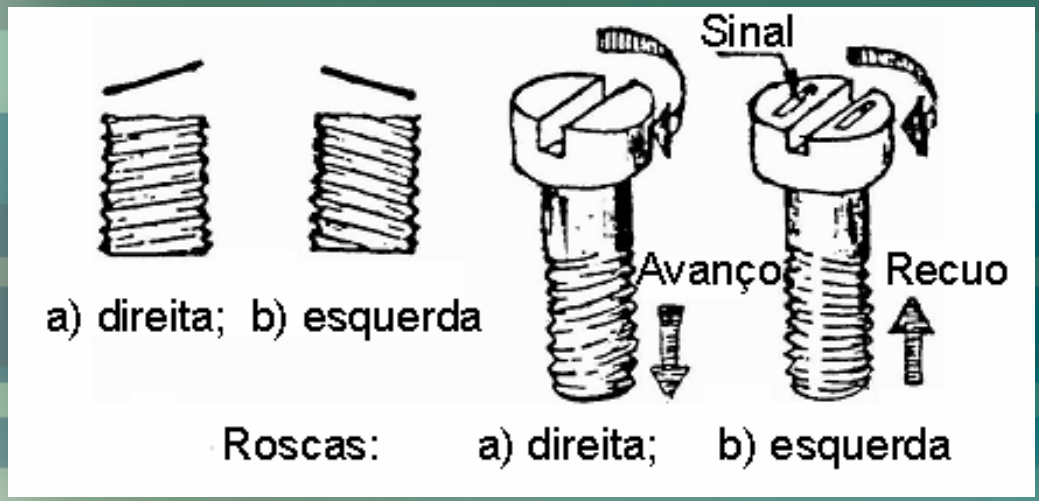
- As peças roscadas podem ser utilizadas para:
  - **fixação**, em ligações desmontáveis de duas ou mais peças;
  - **transmissão** de movimento entre peças ou grupos de peças;
  - **vedação**.

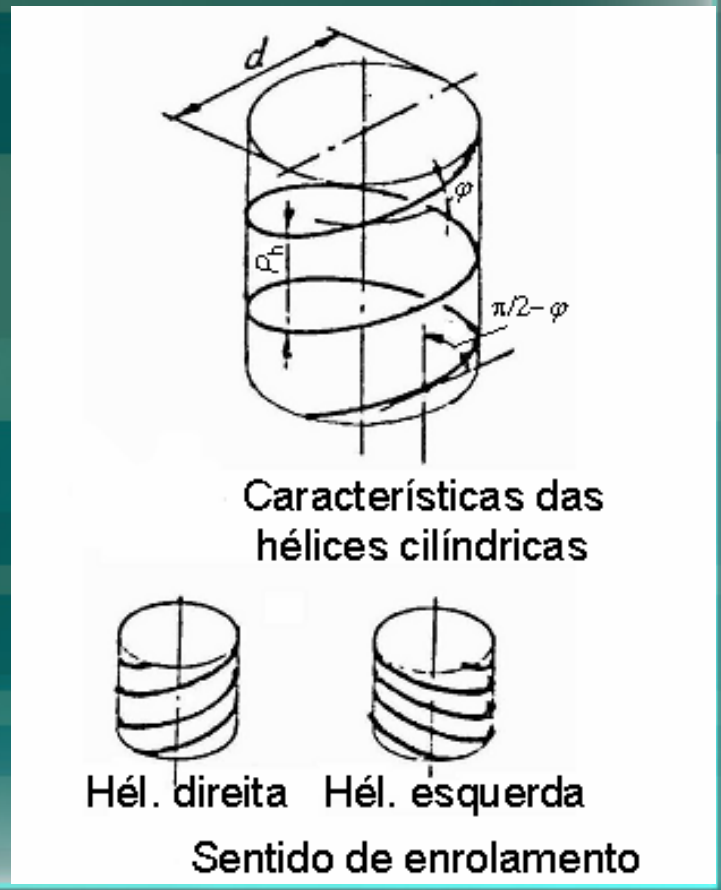
Roscas – são **ranhuras** (ou relevos - filetes da rosca) superficiais, de secção constante, dispostas de forma helicoidal, praticadas em peças cilíndricas (ou por vezes cónicas) – **rosca exterior** ou rosca macho – ou em peças com furos cilíndricos (ou excepcionalmente cónicos) – **rosca interior** ou rosca fêmea.



Ligações com Peças Roscadas

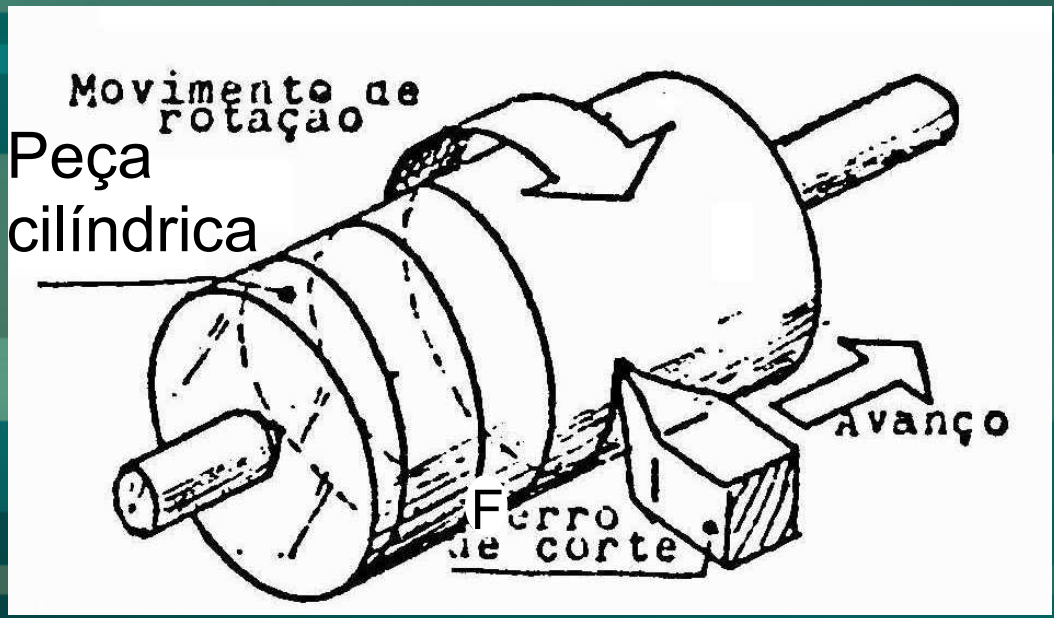
- Características das hélices:
  - Diâmetro *d*;
  - Passo helicoidal *Ph*;
  - Ângulo de inclinação φ;
  - Sentido do enrolamento da hélice.





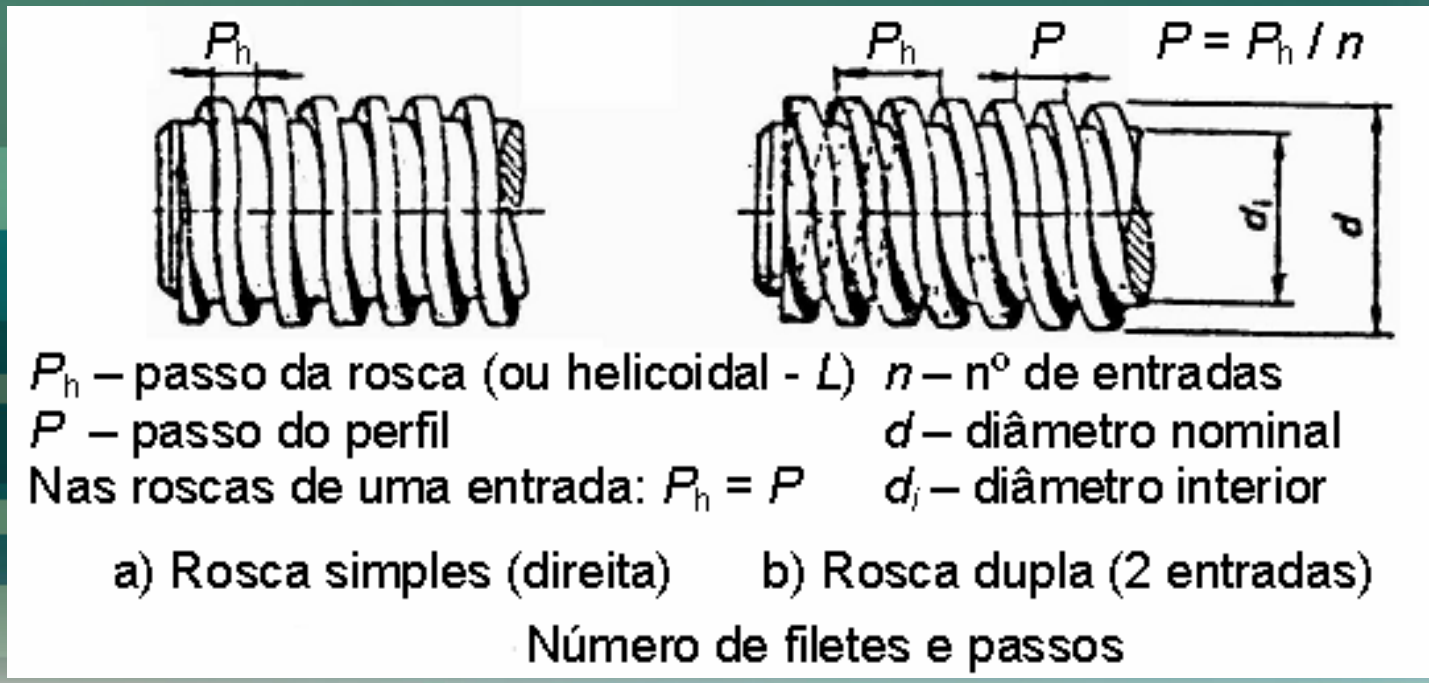
Ligações com Peças Roscadas

- Geração:
  - **Combinação de movimentos de rotação e de translação uniformes.**



Ligações com Peças Roscadas

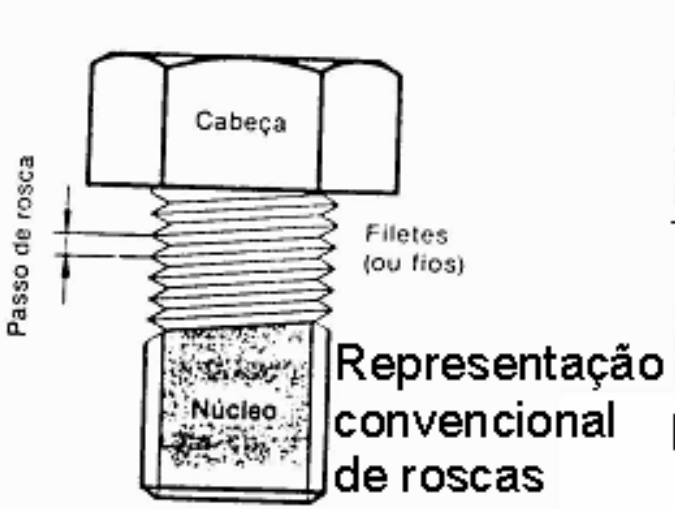
- Número de filetes e passos:
  - A rosca mais comum é a **rosca simples ou de uma entrada** (filete), sendo utilizada, por exemplo, em elementos de **fixação**.
  - A **rosca múltipla** ou de várias entradas (filetes) – dupla, tripla, etc. – é utilizada, por exemplo, para a **transmissão de movimento**.



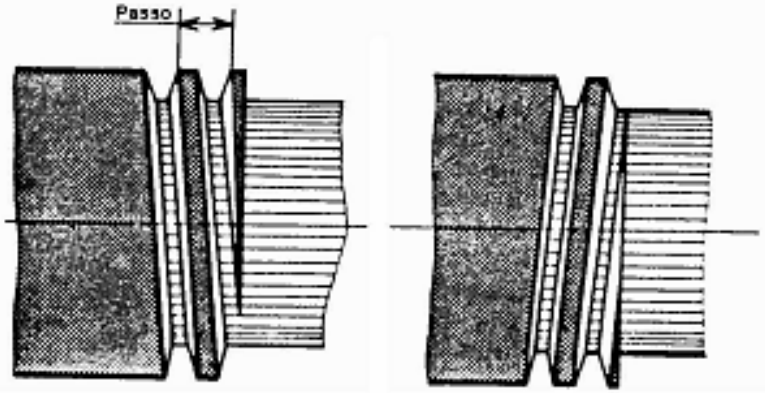
Número de filetes e passos

Ligações com Peças Roscadas

- Número de filetes e passos:

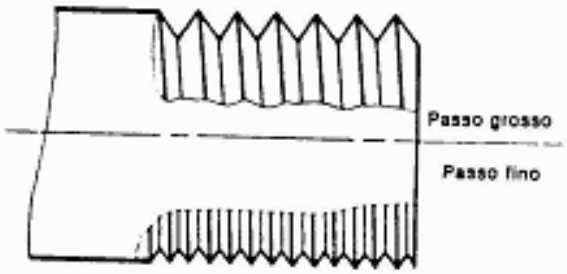


Representação convencional de roscas em desenho

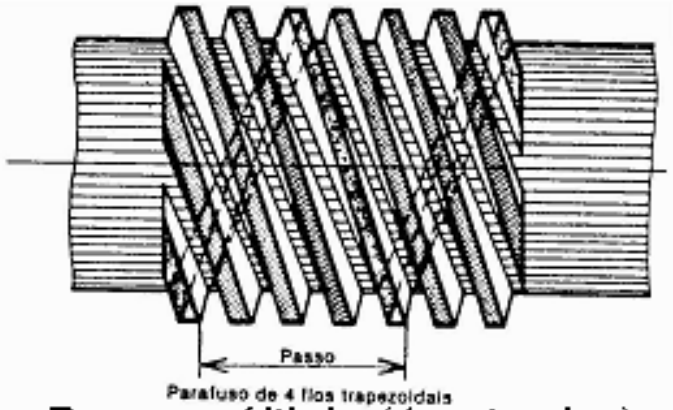


Hélice direita

Hélice esquerda



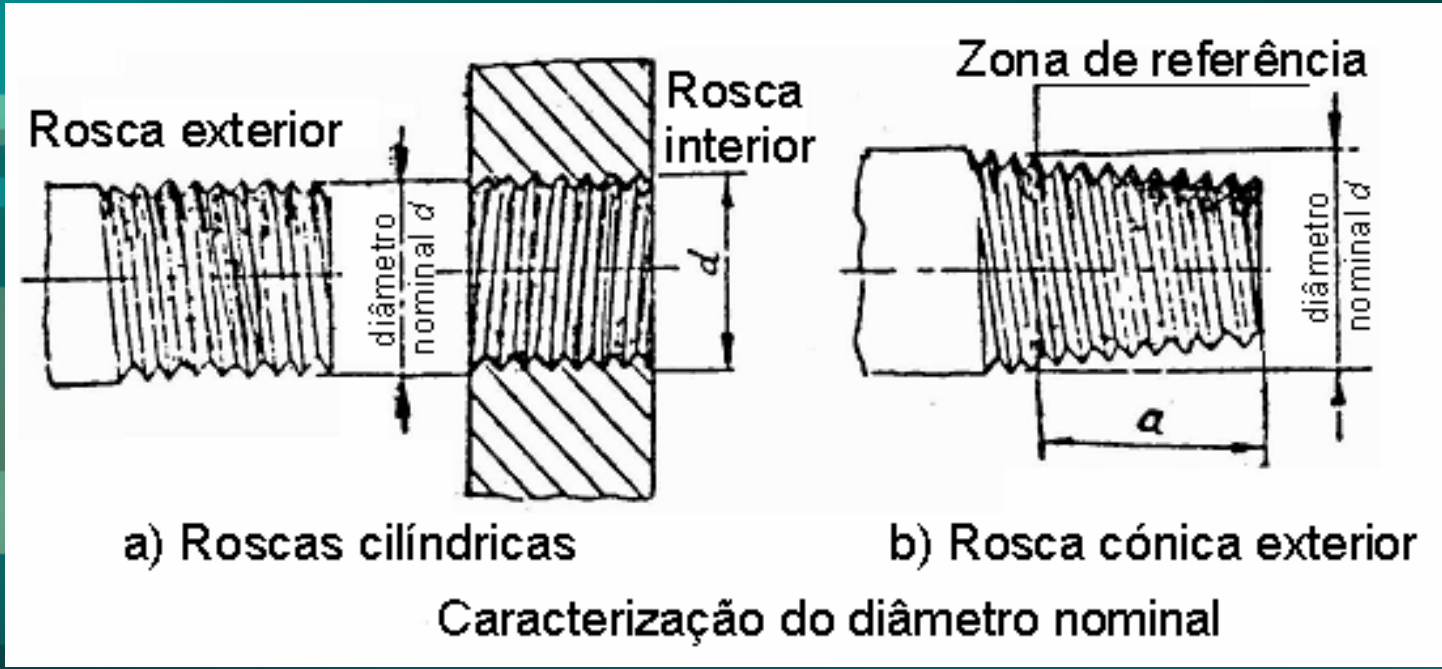
Passo grosso / passo fino



Rosca múltipla (4 entradas)

Ligações com Peças Roscadas

- Diâmetro nominal

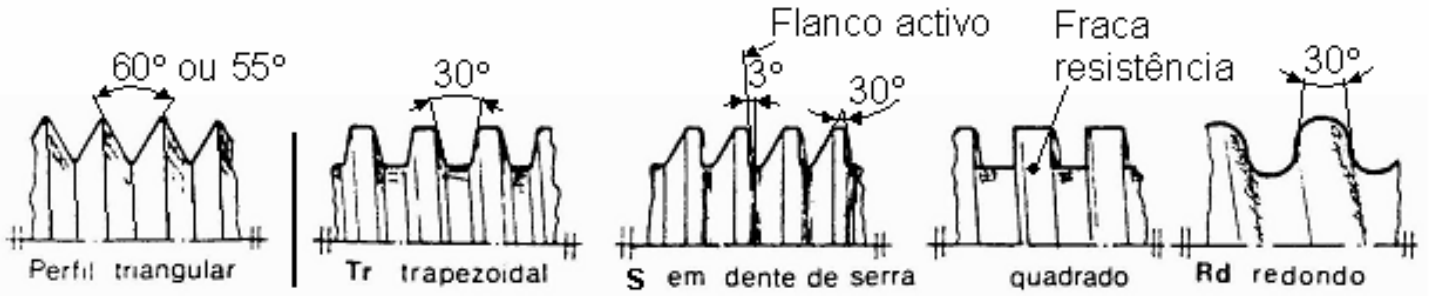


Caracterização do diâmetro nominal

Rosca exterior { Cilíndrica / Cónica Rosca interior { Cilíndrica / Cónica (utilização excepcional)

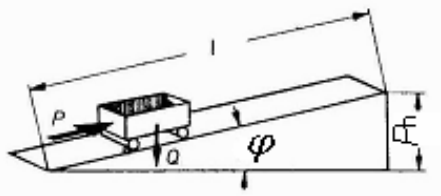
Ligações com Peças Roscadas

- Perfis dos filetes:



Tipos de perfil de rosca

A **acção de aperto** da rosca baseia-se na consideração da **analogia da hélice planificada com o plano inclinado** que tem a forma fundamental de um **triângulo**.



$$P \times l = Q \times P_h$$

Plano inclinado

Quanto menor for o ângulo φ (ou menor for o passo P_h) maior será a força Q exercida pelo fuso.

Ligações com Peças Roscadas

- Perfis dos filetes:
  - A rosca de **perfil triangular** é a que apresenta as características funcionais que melhor se adequam ao comportamento requerido para os **elementos de fixação**.

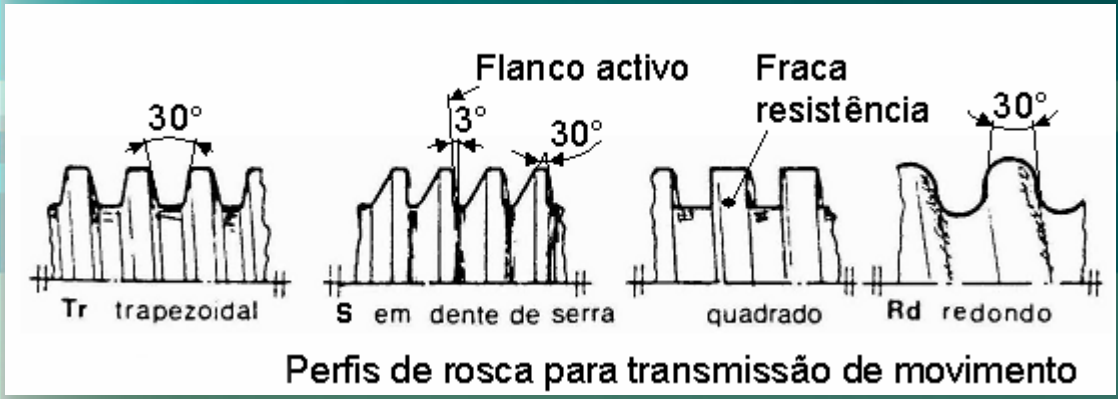
As roscas de passo fino permitem aumentar a segurança das ligações.

Se o passo $P \downarrow \rightarrow$ o ângulo de inclinação $\varphi \downarrow \rightarrow$ a **fixação** melhora

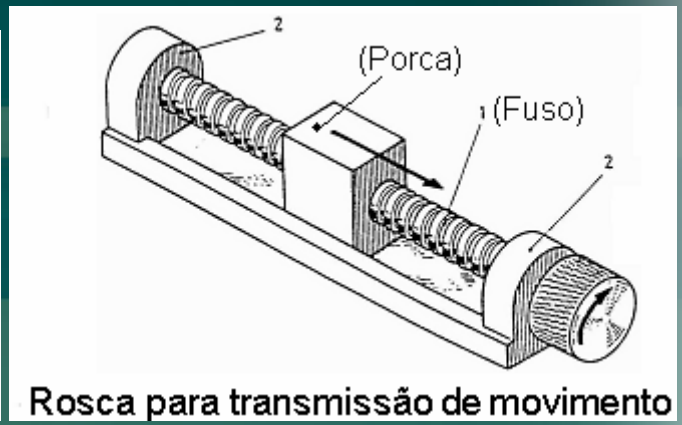
Adequadas em casos de fortes vibrações (ex.: automóveis, aviões, etc.).

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas para a transmissão de movimento:



Perfis de rosca para transmissão de movimento



Rosca para transmissão de movimento

Rosca de perfil trapezoidal (Tr) – utilizada em mecanismos de transmissão de movimento e parafusos de comando de mecanismos, em geral. Permite a transmissão de esforços importantes.

Rosca de perfil em dente de serra (S) – utilizada em casos de fortes esforços unilaterais, por exemplo: em prensas e na indústria mineira.

Rosca de perfil quadrado – a mesma utilização da rosca trapezoidal. Não normalizada. Actualmente, muito pouco utilizada, por ser frágil e difícil de maquinar.

Rosca de perfil redondo (Rd) – muito robusta, utilizada para suportar choques e cargas muito elevadas, por exemplo, em veículos ferroviários, mas também em fusos de manobra de válvulas e mangueiras. A sua fabricação é muito delicada.

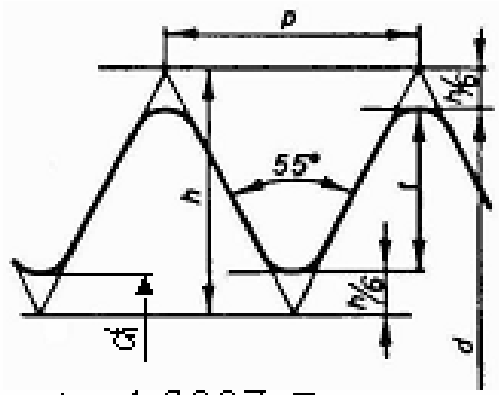
Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca Whitworth ou rosca inglesa (W)

Em 1841, Sir Joseph Whithorth estabeleceu um sistema de diâmetros e passos de rosca normalizados, em unidades do sistema inglês.

Rosca Whitworth normal – BSW ou W

Rosca Whitworth fina – BSF



$d_i = d - 1{,}2807\ P$

$d_i \approx d - 1{,}3\ P$ (em desenho)

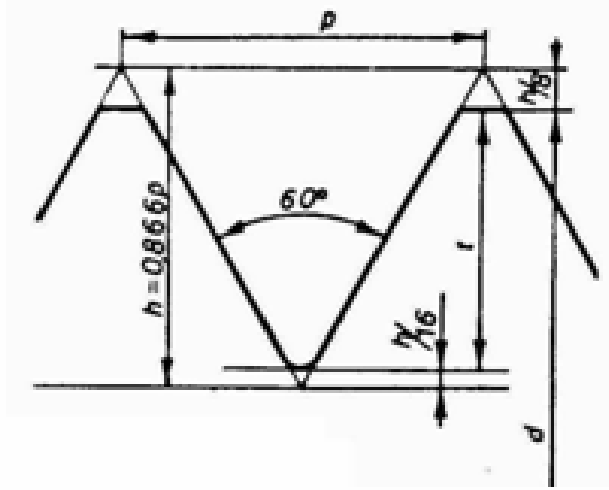
Rosca Whitworth

Actualmente, a **rosca Whitworth normal (W) é pouco utilizada** em construção mecânica. No entanto, **a rosca inglesa continua a ser aplicada na ligação de tubos** ("Rosca Gás").

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca SI

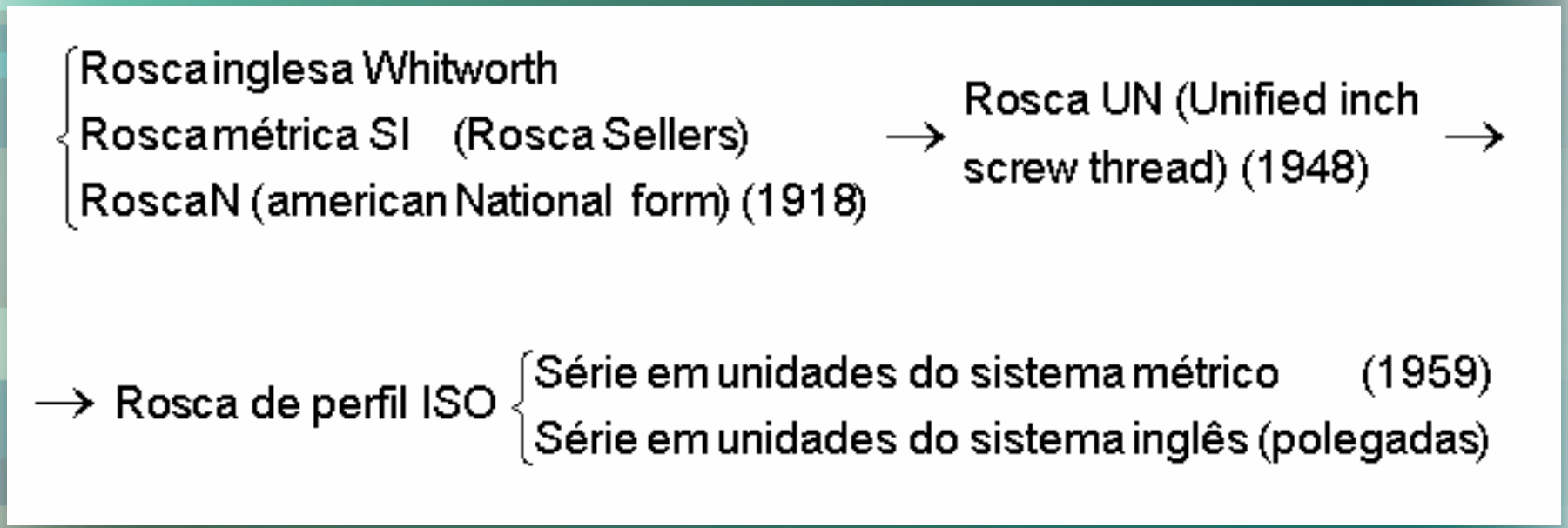
A rosca SI foi normalizada (em 1898) em unidades do Sistema Internacional, com base na rosca Sellers ou rosca US, desenvolvida originalmente, em 1864, por William Sellers. **Deixou de ser utilizada**.



Rosca SI

Ligações com Peças Roscadas

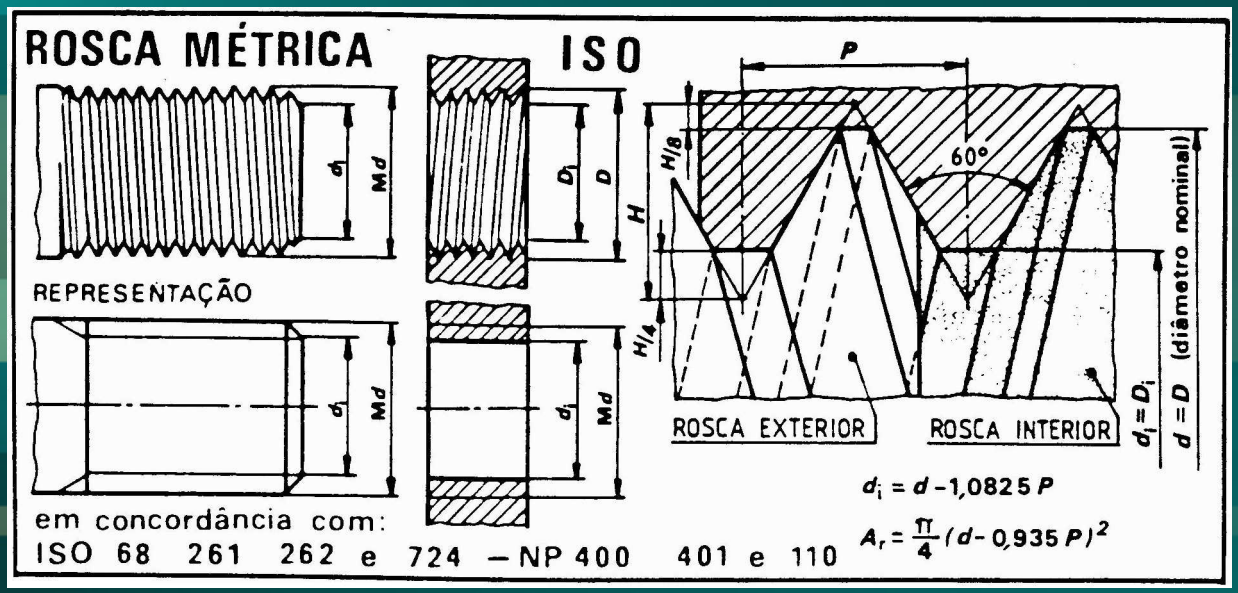
- Roscas de Perfil Triangular
  - Em 1944 iniciou-se um processo de unificação:



Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

O perfil do filete da rosca métrica ISO é um triângulo equilátero com um ângulo do filete, $\alpha = 60°$.



Em desenho, o diâmetro interior pode ser considerado como: ***di* = *d* – *P*** ou ***di*** ≈ **0,8 *d***.
A execução do furo liso prévio no qual se vai abrir uma rosca deve ser feita com uma broca de diâmetro ***di* = *d* – *P***.

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (ISO 261)

Dimensões em milímetros

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)									
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino								
				3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,35	0,25	0,2
1			0,25										0,2
	1,1		0,25										0,2
1,2			0,25										0,2
	1,4		0,3										0,2
1,6			0,35										0,2
	1,8		0,35										0,2
2			0,4									0,25	
	2,2		0,45									0,25	
2,5			0,45								0,35		
3			0,5								0,35		
	3,5		0,6								0,35		
4			0,7							0,5			
	4,5		0,75							0,5			
5			0,8							0,5			
		5,5								0,5			
6			1						0,75				
		7	1						0,75				
8			1,25					1	0,75				
		9	1,25					1	0,75				
10			1,5				1,25	1	0,75				
		11	1,5					1	0,75				
12			1,75			1,5	1,25	1					

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (continuação) Dimensões em milímetros

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)									
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino								
				3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,35	0,25	0,2
	14		2			**1,5**	1,25*	1					
		15				1,5		1					
16			2			**1,5**		1					
		17				1,5		1					
	18		**2,5**		2	**1,5**		1					
20			**2,5**		2	**1,5**		1					
	22		**2,5**		2	**1,5**		1					
24			**3**		**2**	1,5		1					
		25			2	1,5		1					
		26				1,5							
	27		**3**		**2**	1,5		1					
		28			2	1,5		1					
30			**3,5**	(3)	**2**	1,5		1					
		32			2	1,5							
	33		**3,5**	(3)	**2**	1,5							
		35 **				1,5							
36			**4**	**3**	2	1,5							
		38				1,5							
	39		**4**	**3**	2	1,5							

* Unicamente para as velas de ignição dos motores.

** Unicamente para porcas de imobilização de rolamentos.

Os valores a negro são utilizados em parafusos e porcas (ISO 262).

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (continuação)

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)						
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino					
				8	6	4	3	2	1,5
		40					3	2	1,5
42			4,5			4	3	2	1,5
	45		4,5			4	3	2	1,5
48			5			4	3	2	1,5
		50					3	2	1,5
	52		5			4	3	2	1,5
		55				4	3	2	1,5
56			5,5			4	3	2	1,5
		58				4	3	2	1,5
	60		5,5			4	3	2	1,5
		62				4	3	2	1,5
64			6			4	3	2	1,5
		65				4	3	2	1,5
	68		6			4	3	2	1,5
		70			6	4	3	2	1,5
72					6	4	3	2	1,5
		75				4	3	2	1,5
	76				6	4	3	2	1,5
		78						2	
80					6	4	3	2	1,5
		82						2	
	85				6	4	3	2	
90					6	4	3	2	
	95				6	4	3	2	

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (continuação)

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)						
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino					
				8	6	4	3	2	1,5
100					6	4	3	2	
	105				6	4	3	2	
110					6	4	3	2	
	115				6	4	3	2	
	120				6	4	3	2	
125				8	6	4	3	2	
	130			8	6	4	3	2	
		135			6	4	3	2	
140				8	6	4	3	2	
		145			6	4	3	2	
	150			8	6	4	3	2	
		155			6	4	3		
160				8	6	4	3		
		165			6	4	3		
	170			8	6	4	3		
		175			6	4	3		
180				8	6	4	3		
		185			6	4	3		
	190			8	6	4	3		
		195			6	4	3		
200				8	6	4	3		
		205			6	4	3		
	210			8	6	4	3		
		215			6	4	3		
220				8	6	4	3		
		225			6	4	3		
		230		8	6	4	3		

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca métrica ISO

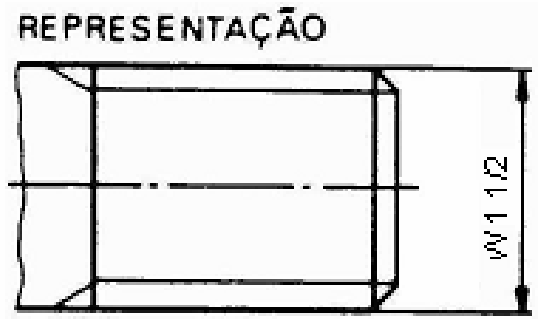
Roscas métricas ISO (M) para utilização geral (continuação)

Diâmetros nominais (*d*)			Passos (*P*)						
1ª Escolha	2ª Escolha	3ª Escolha	Grosso	Fino					
				8	6	4	3	2	1,5
		235			6	4	3		
	240			8	6	4	3		
		245			6	4	3		
250				8	6	4	3		
		255			6	4			
	260			8	6	4			
		265			6	4			
		270		8	6	4			
		275			6	4			
280				8	6	4			
		285			6	4			
		290		8	6	4			
		295			6	4			
	300			8	6	4			

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca Whitworth ou rosca inglesa
    - **Rosca Whitworth normal (BS 84)**

Pouco utilizada em Construção mecânica.
Foi **substituída pela rosca de perfil ISO**, de uso generalizado em todo o mundo.
Diâmetro nominal em **polegadas**, e/ou em fracções de polegada, antecedido da letra **W**.
Passo em "**número de fios por polegada**", o que corresponde a um passo P = 25,4 / nº de fios [mm].



$d_i = d - 1{,}2807\ P$

$d_i \approx d - 1{,}3\ P$ (em desenho)

Rosca Whitworth

Ângulo do perfil $\alpha = 55°$.
A rosca inglesa continua a ter uma grande aplicação na ligação de tubos roscáveis para canalizações, sendo designada por "Rosca Gás".

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca Whitworth ou rosca inglesa
    - **Rosca para tubos [ISO 7 (estanque); ISO 228 (não estanque)]**

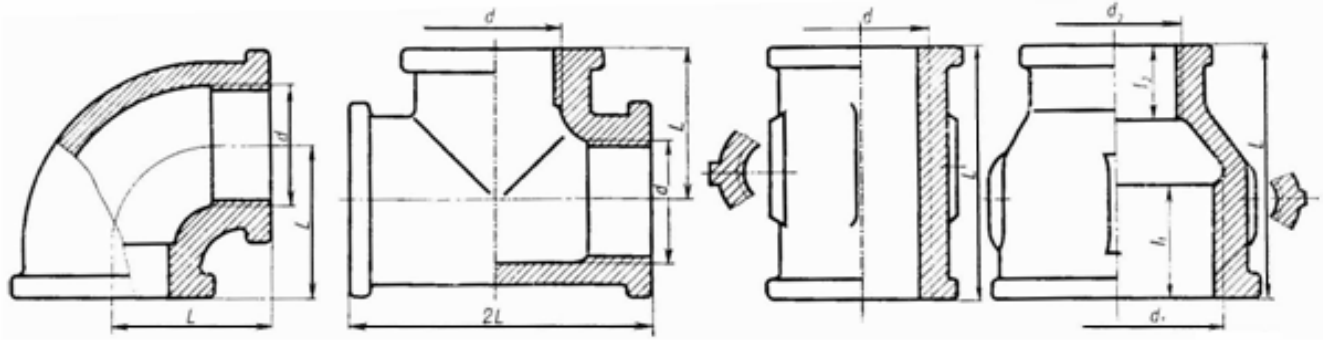
Rosca inglesa de passo fino, designada pela letra **G**, no caso de **roscas não estanques**, ou **R**, no caso de **roscas estanques**, seguida do valor do diâmetro interior do tubo expresso em polegadas, ex.: **ISO 228 - G 1 1/2**

Roscas para tubos (G ou R)

Designação tradicional do tubo	Diâmetros		Passo (*P*)		Comprimento da rosca *b*
	nominal DN mm	da rosca exterior *D* mm	Nº de fios	mm	mm
1/8	6	9,73	28	0,907	6,5
1/4	8	13,16	19	1,337	9,7
3/8	10	16,66	19	1,337	10,0
1/2	15	21,0	14	1,814	13,2
3/4	20	26,4	14	1,814	14,5
1	25	33,2	11	2,309	16,7
1 1/4	32	41,9	11	2,309	19,0
1 1/2	40	47,8	11	2,309	19,0
2	50	59,6	11	2,309	23,4
2 1/2	65	75,6	11	2,309	26,7
3	80	87,9	11	2,309	29,9
4	100	113,0	11	2,309	35,8

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Rosca Whitworth ou rosca inglesa
    - **Rosca para tubos [ISO 7 (estanque); ISO 228 (não estanque)]**



Dimensões nominais de acessórios roscados para tubagens

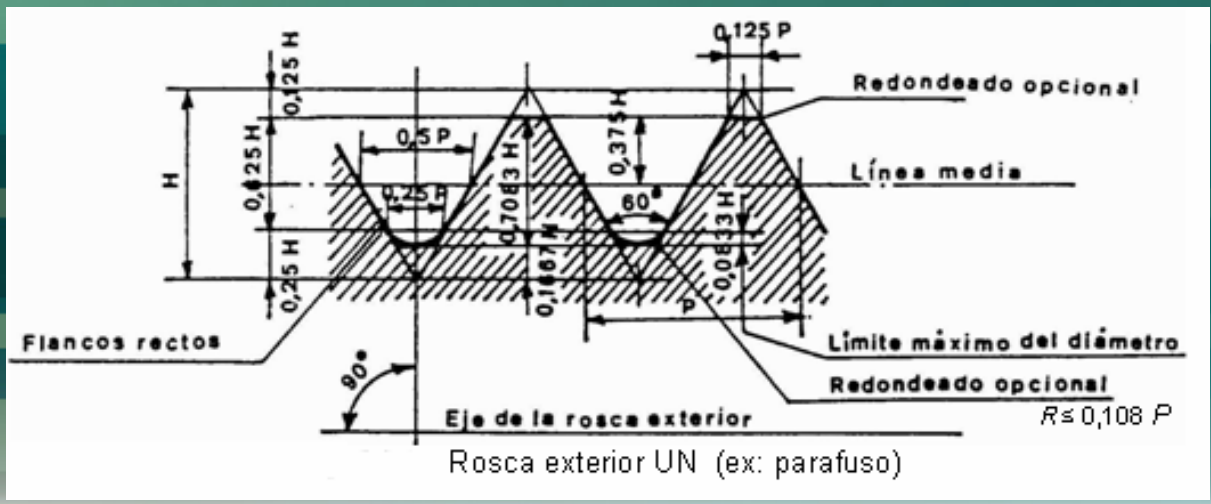
Diâmetro nominal DN (mm)	Rosca para tubos		Curvas	Tês	Mangas rectas largas		Diâmetro nominal DN (mm)	Mangas de redução			
								Rosca p/ tubos		Compr.	Nº de
	d		Comprimento L mm		Compr. L mm	Nº de nervuras		d_1	d_2	L mm	nervuras
	Poleg.	mm									
8	1/4"	13,158	21	21	27	2	25 x 15	1"	1/2"	45	4
10	3/8"	16,663	25	25	30	2	25 x 20	1"	3/4"	45	4
15	1/2"	20,956	28	28	36	2	32 x 15	1 1/4"	1/2"	50	4
20	3/4"	26,442	33	33	39	2	32 x 20	1 1/4"	3/4"	50	4
25	1"	33,250	38	38	45	4	32 x 25	1 1/4"	1"	50	4
32	1 1/4"	41,912	45	45	50	4	40 x 20	1 1/2"	3/4"	55	4
40	1 1/2"	47,805	50	50	55	4	40 x 25	1 1/2"	1"	55	4
50	2"	59,616	58	58	65						

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR
    Forma do perfil da rosca

Roscas exteriores UN e UNR – Os **perfis têm as cristas planas**, embora se possa considerar como opcional uma crista arredondada tangente à linha recta da crista de comprimento 0,125 P do perfil de base.

Rosca exterior UN – **Rosca com um fundo plano** mas, para evitar o desgaste das cristas das ferramentas de roscar, é opcional um fundo arredondado disposto abaixo do comprimento 0,25 P do perfil de base.

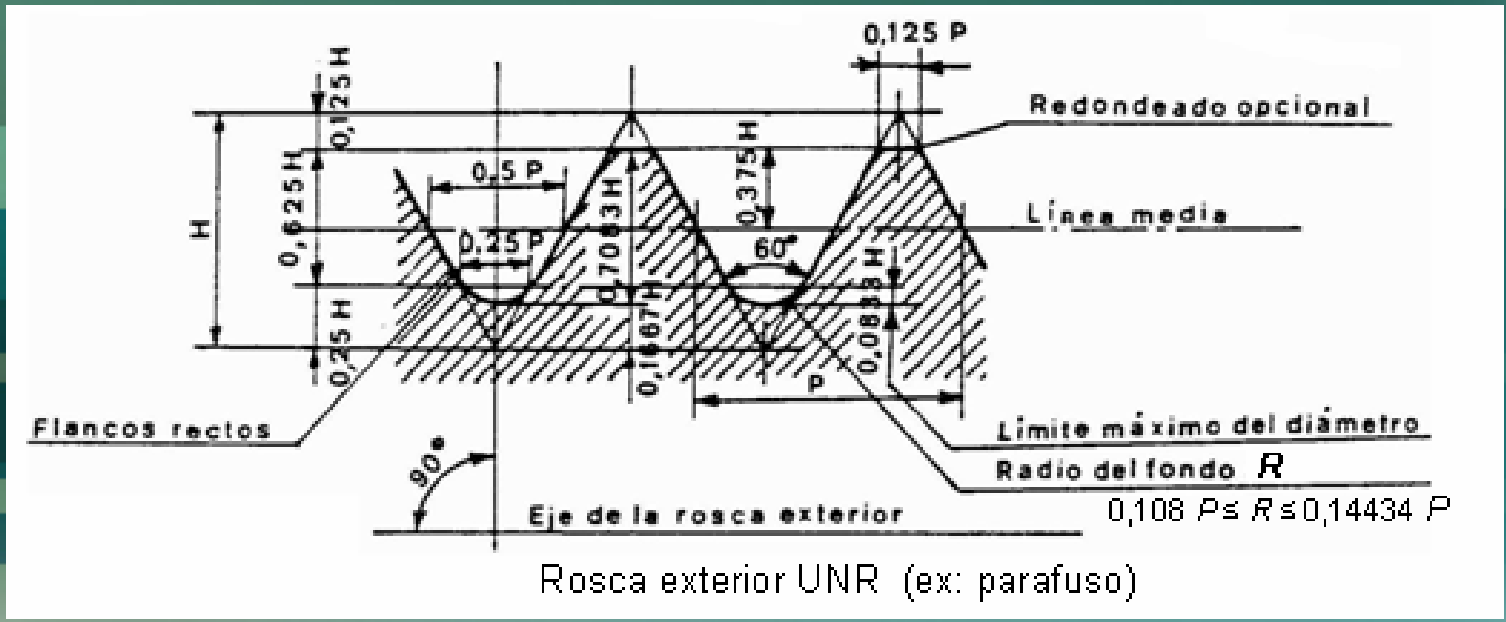


Rosca exterior UN (ex: parafuso)

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR
    Forma do perfil da rosca

Rosca exterior UNR – Rosca com um fundo curvo contínuo, com raio de curvatura $R \geq 0{,}108\ P$, sem inversão de tangentes nos flancos do filete de intersecção do diâmetro interior do perfil de base.

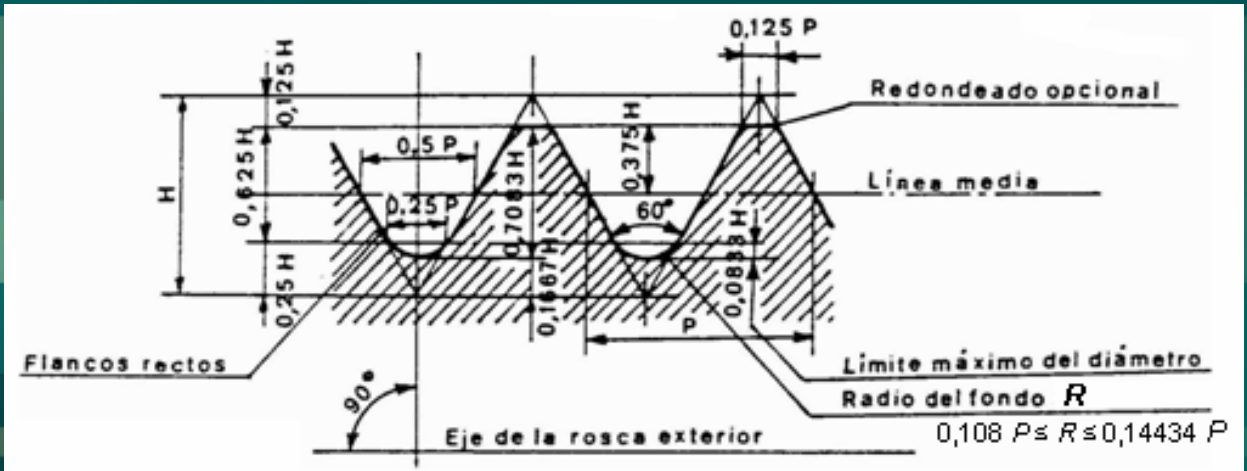


Rosca exterior UNR (ex: parafuso)

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR
    Forma do perfil da rosca

Rosca interior UN – Rosca com um fundo plano, embora seja opcional poder arredondar-se o contorno para além do comprimento 0,125 *P* do perfil de base.



Rosca exterior UNR (ex: parafuso)

Rosca interior UNR – não existe.

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

Roscas UN e UNR (American National Standard Unified Inch Screw Threads – UN and UNR thread form) (norma ANSI B1.1 – 2003)

Tamanhos		Diâmetro nominal (polegadas)	Passo – Número de filetes por polegada												Tamanhos
			Séries de passo variável			Séries de passo constante									
Primário	Secundário		UNC	UNF	UNEF	4 UN	6 UN	8 UN	12 UN	16 UN	20 UN	28 UN	32 UN		
0		0,0600	–	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0
	1	0,0730	64	72	–	–	–	–	–	–	–	–	–		1
2		0,0860	56	64	–	–	–	–	–	–	–	–	–		2
	3	0,0990	48	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–		3
4		0,1120	40	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–		4
5		0,1250	40	44	–	–	–	–	–	–	–	–	–		5
6		0,1380	32	40	–	–	–	–	–	–	–	–	UNC		6
8		0,1640	32	36	–	–	–	–	–	–	–	–	UNC		8
10		0,1900	24	32	–	–	–	–	–	–	–	–	UNF		10
	12	0,2160	24	28	32	–	–	–	–	–	–	UNF	UNEF		12
1/4		0,2500	20	28	32	–	–	–	–	–	UNC	UNF	UNEF		1/4
5/16		0,3125	18	24	32	–	–	–	–	–	20	28	UNEF		5/16
3/8		0,3750	16	24	32	–	–	–	–	UNC	20	28	UNEF		3/8
7/16		0,4375	14	20	28	–	–	–	–	16	UNF	UNEF	32		7/16
1/2		0,5000	13	20	28	–	–	–	–	16	UNF	UNEF	32		1/2
9/16		0,5625	12	18	24	–	–	–	UNC	16	20	28	32		9/16
5/8		0,6250	11	18	24	–	–	–	12	16	20	28	32		5/8
	11/16	0,6875	–	–	24	–	–	–	12	16	20	28	32		11/16
3/4		0,7500	10	16	20	–	–	–	12	UNF	UNEF	28	32		3/4
	13/16	0,8125	–	–	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32		13/16
7/8		0,8750	9	14	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32		7/8
	15/16	0,9375	–	–	20	–	–	–	12	16	UNEF	28	32		15/16
1		1,0000	8	12	20	–	–	UNC	UNF	16	UNEF	28	32		1
	1 1/16	1,0625	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–		1 1/16
1 1/8		1,1250	7	12	18	–	–	8	UNF	16	20	28	–		1 1/8
	1 3/16	1,1875	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–		1 3/16
1 1/4		1,2500	7	12	18	–	–	8	UNF	16	20	28	–		1 1/4
	1 5/16	1,3125	–	–	18	–	–	8	12	16	20	28	–		1 5/16
1 3/8		1,3750	6	12	18	–	UNC	8	UNF	16	20	28	–		1 3/8
	1 7/16	1,4375	–	–	18	–	6	8	12	16	20	28	–		1 7/16
1 1/2		1,5000	6	12	18	–	UNC	8	UNF	16	20	28	–		1 1/2
	1 9/16	1,5625	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–		1 9/16
1 5/8		1,6250	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–		1 5/8
	1 11/16	1,6875	–	–	18	–	6	8	12	16	20	–	–		1 11/16
1 3/4		1,7500	5	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–		1 3/4
	1 13/16	1,8125	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–		1 13/16
1 7/8		1,8750	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–		1 7/8
	1 15/16	1,9375	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–		1 15/16

Ligações com Peças Roscadas

- Roscas de Perfil Triangular
  - Roscas americanas – Roscas de perfil unificado UN e UNR

Roscas UN e UNR (American National Standard Unified Inch Screw Threads – UN and UNR thread form) (norma ANSI B1.1 – 2003) (continuação)

2		2,0000	4 1/2	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2
	2 1/8	2,1250	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 1/8
2 1/4		2,2500	4 1/2	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 1/4
	2 3/8	2,3750	–	–	–	–	6	8	12	16	20	–	–	2 3/8
2 1/2		2,5000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	2 1/2
	2 5/8	2,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	20	–	–	2 5/8
2 3/4		2,7500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	2 3/4
	2 7/8	2,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	20	–	–	2 7/8
3		3,0000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	20	–	–	3
	3 1/8	3,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 1/8
3 1/4		3,2500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 1/4
	3 3/8	3,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 3/8
3 1/2		3,5000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 1/2
	3 5/8	3,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 5/8
3 3/4		3,7500	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	3 3/4
	3 7/8	3,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	3 7/8
4		4,0000	4	–	–	UNC	6	8	12	16	–	–	–	4
	4 1/8	4,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/8
4 1/4		4,2500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/4
	4 3/8	4,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 3/8
4 1/2		4,5000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 1/2
	4 5/8	4,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 5/8
4 3/4		4,7500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 3/4
	4 7/8	4,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	4 7/8
5		5,0000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5
	5 1/8	5,1250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/8
5 1/4		5,2500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/4
	5 3/8	5,3750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 3/8
5 1/2		5,5000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 1/2
	5 5/8	5,6250	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 5/8
5 3/4		5,7500	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 3/4
	5 7/8	5,8750	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	5 7/8
6		6,0000	–	–	–	4	6	8	12	16	–	–	–	6

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas:

A designação das roscas de peças roscadas inclui:

- **Abreviatura do tipo da rosca** (símbolo normalizado, ex: M, G, Tr, etc.);
- **Diâmetro nominal (*d*)** da rosca que, em geral, corresponde ao diâmetro do cilindro exterior das roscas exteriores (ou roscas macho).

e, **se necessário:**

- **Passo (*L*)** de rosca ("Lead"), em milímetros;
- **Passo (*P*)** do perfil – pode ser **grosso** (normal) ou **fino** (só neste caso deve ser assinalado), em milímetros;
- **Sentido da rosca** – **Rosca direita** (em geral, não se indica, mas se necessário "**RH**" – "right hand"); **Rosca esquerda** (sempre indicada por "**LH**" – "left hand").

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas:

A designação das roscas de peças roscadas inclui:

•**indicações complementares**:

•**Classe de tolerância**, de acordo com a norma internacional correspondente;
•**Comprimento de acoplamento** (S = curto; L = longo; N = normal) – comprimento axial no qual duas roscas conjugadas (exterior e interior) estão em contacto;
•**Número de entradas** (quando diferente de 1);
•**Comprimento (*b*)** da rosca – em geral, o comprimento útil de rosca, a menos que os filetes de rosca incompletos sejam necessários em termos funcionais.

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas

Exemplos:

Roscas métricas de perfil ISO

M20	rosca de 20 mm de diâmetro e passo grosso
M20 x 1,5	rosca de 20 mm de diâmetro e passo fino 1,5 mm
M20 x 2 – 6G/6h – LH	rosca de 20 mm de diâmetro, com passo fino de 2 mm, classe de tolerância 6G/6h e esquerda
M20 x L3 – P1,5 – 6H – S	rosca de 20 mm de diâmetro, com passo de rosca 3 mm, passo de perfil 1,5 mm, classe de tolerância 6H e comprimento de acoplamento curto

Roscas métricas de perfil SI

20 x 3 SI	rosca de 20 mm de diâmetro e passo fino 3 mm

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas

Exemplos:

Roscas inglesas (whitworth)

W 1 1/2	rosca normal (BSW) de 1 ½" de diâmetro
W 1 1/4 – 9	rosca fina (BSF) de 1 ¼" de diâmetro e passo de 9 fios por polegada
G 1/2 A	rosca exterior cilíndrica para tubos, não estanque, de ½" de diâmetro e grau de tolerância A
R 1/2	rosca exterior cónica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro
Rp 1/2	rosca interior cilíndrica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro
Rc 1/2	rosca interior cónica para tubos, estanque, de ½" de diâmetro (excepcional)

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas

Exemplos:

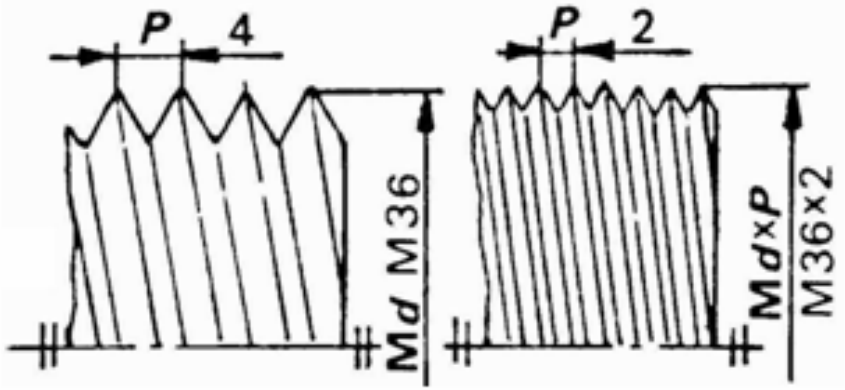
Roscas americanas de perfil unificado

3/8 - 16 UNC	rosca normal (UNC) de 3/8” de diâmetro e passo de 16 fios por polegada
#10 - 24 UNC	rosca normal (UNC) de tamanho 10 (0,1900” de diâmetro) e passo de 24 fios por polegada
3/8 - 24 UNF	rosca fina (UNF) de 3/8” de diâmetro e passo de 24 fios por polegada
3/8 - 32 UNEF	rosca extrafina (UNEF) de 3/8” de diâmetro e passo de 32 fios por polegada

Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Designações normalizadas

Exemplos:



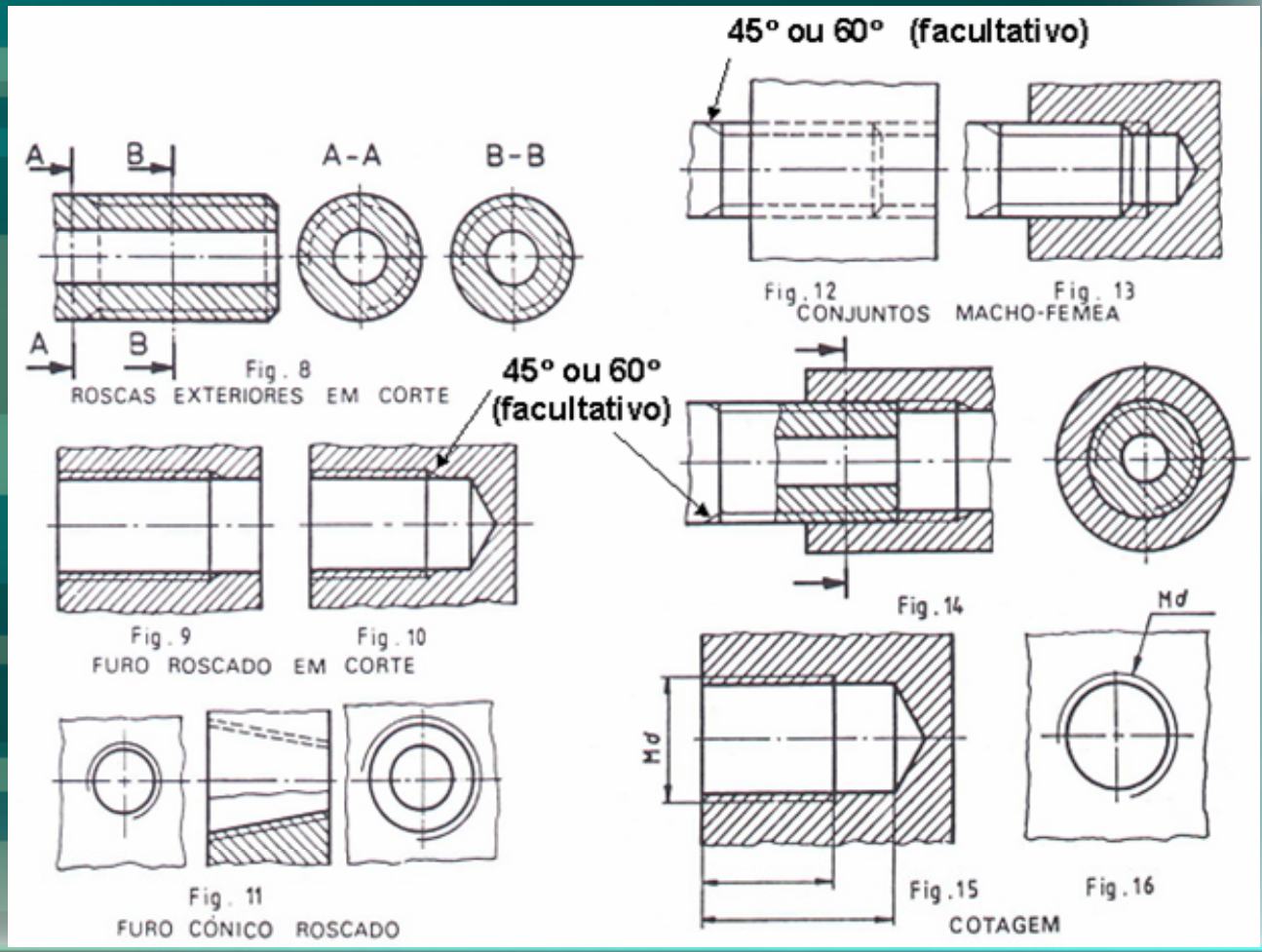
a) b)

Designação de roscas: a) De passo grosso; b) De passo fino

As **roscas de passo fino** são utilizadas em peças com paredes finas, parafusos de regulação, casos em que o comprimento da rosca é muito curto, para ligações mais estáveis.

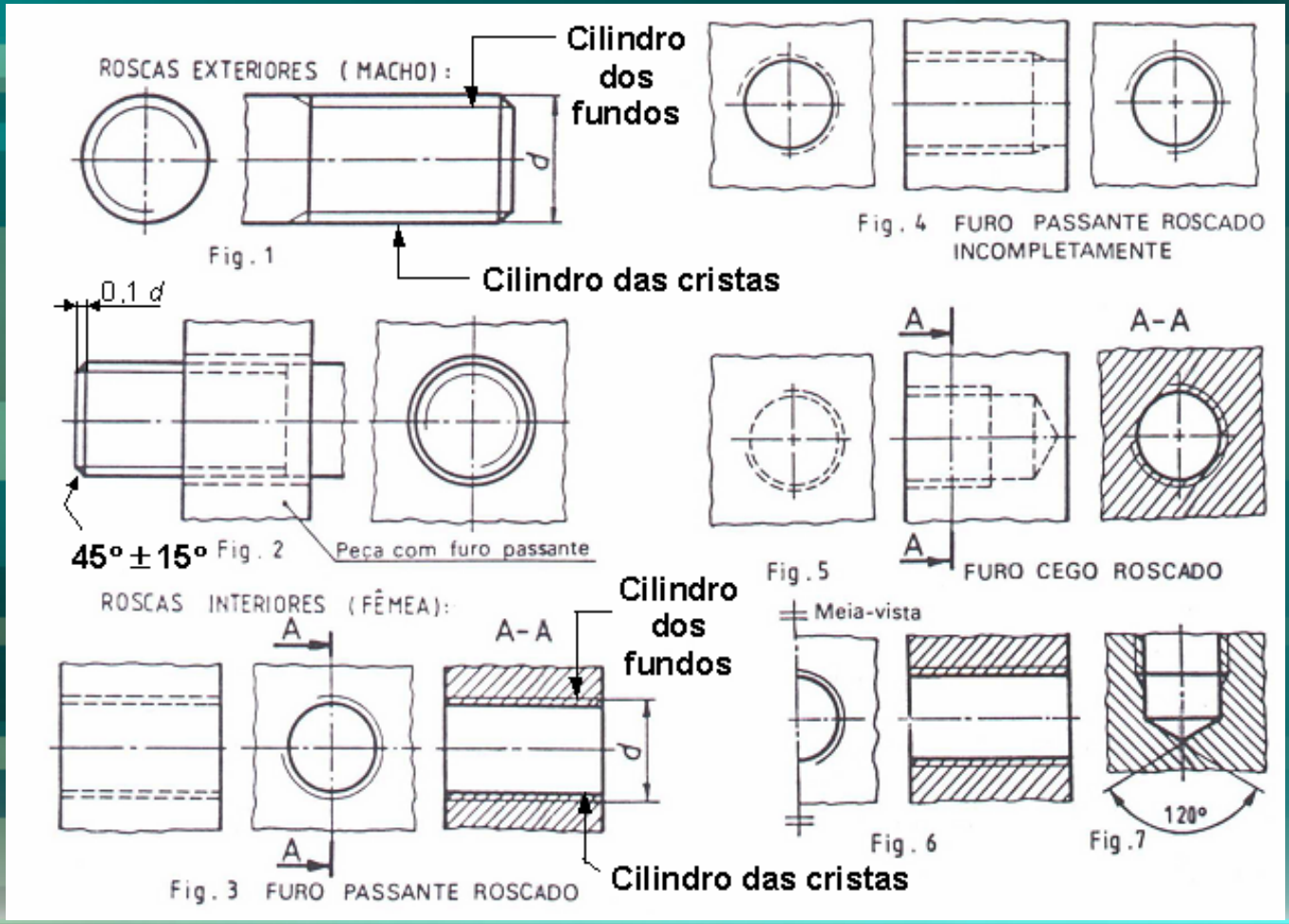
Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Em desenho:



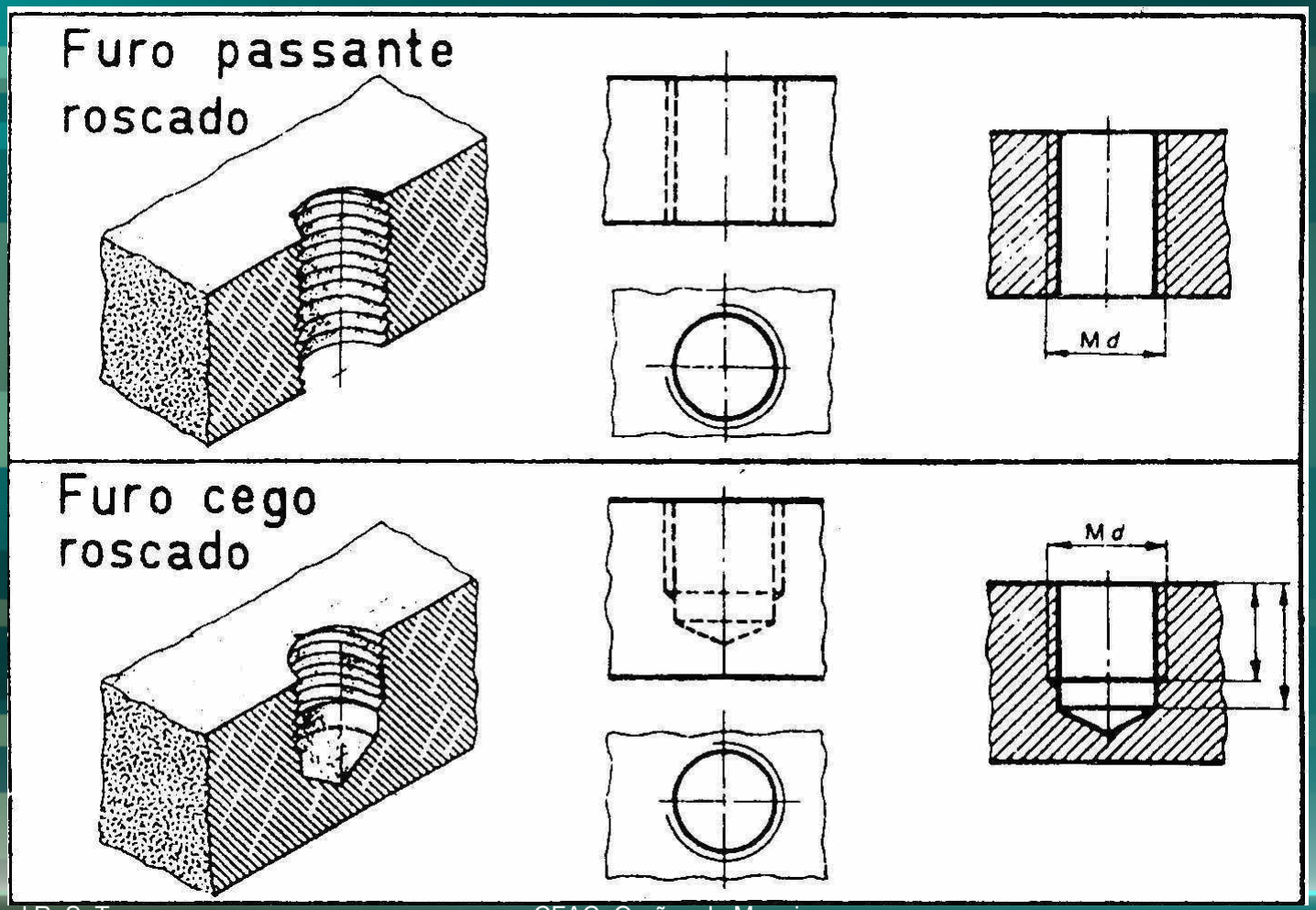
Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Em desenho:



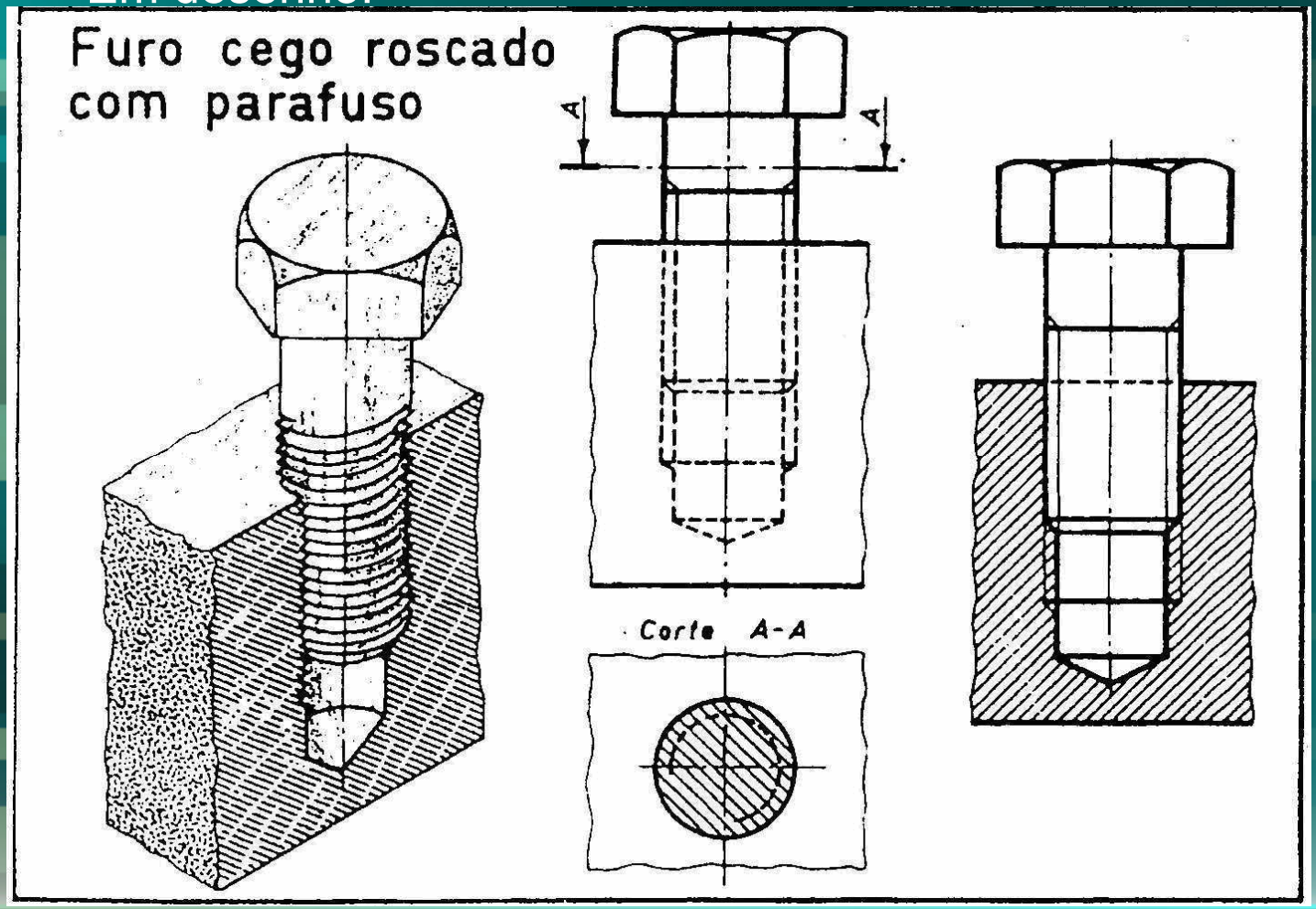
Ligações com Peças Roscadas

- Representação de roscas
  - Em desenho:



Ligações com Peças Roscadas

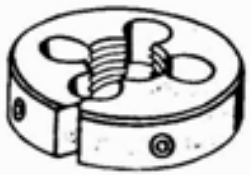
- Representação de roscas
  - Em desenho:



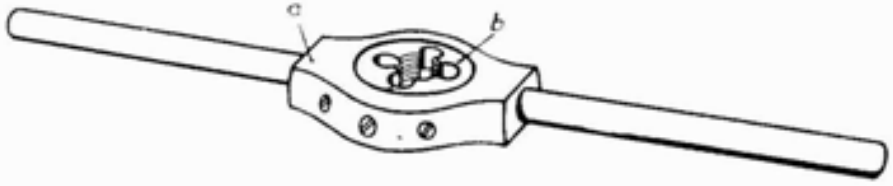
Ligações com Peças Roscadas

- Produção de rosca exterior:

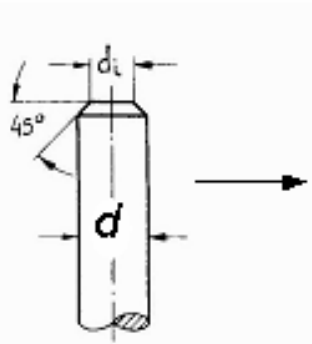
Execução manual:



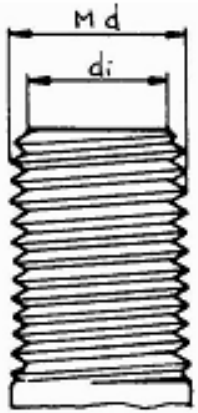
Caçonete



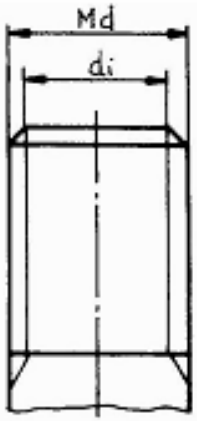
Tarraxa



Corpo liso

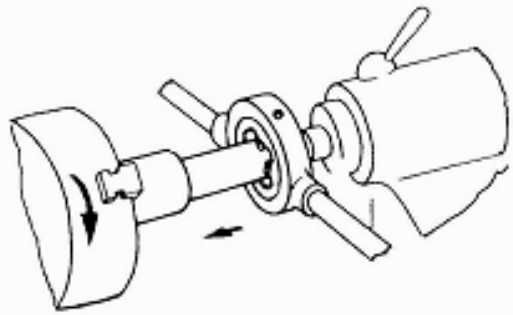


Real



Em desenho

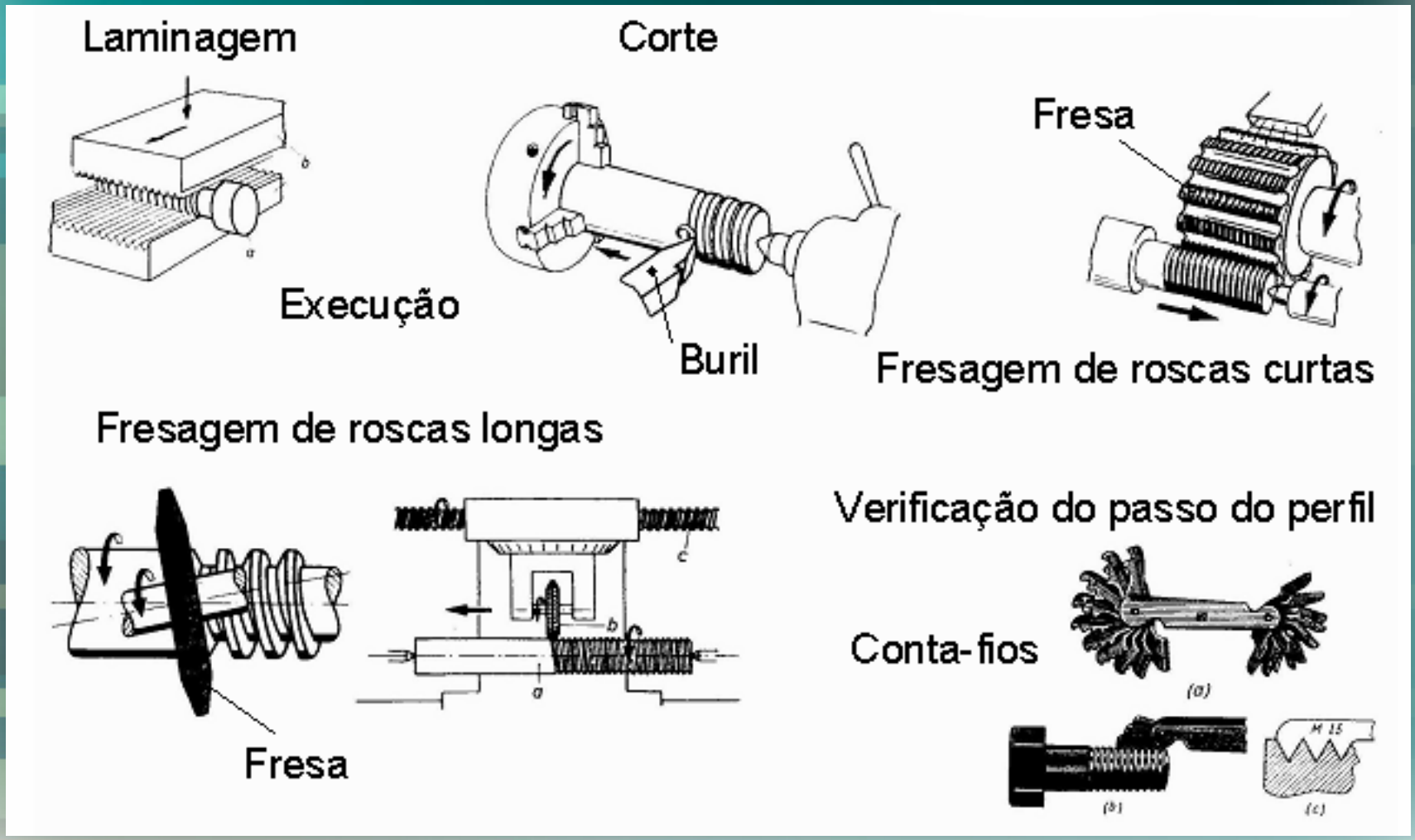
Corte



Execução à máquina (torno + tarraxa)

Ligações com Peças Roscadas

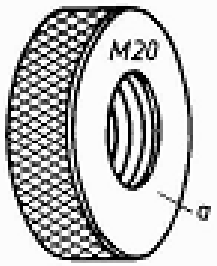
- Produção de rosca exterior:



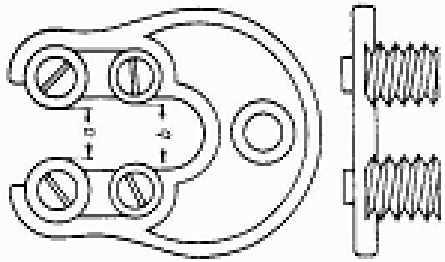
Ligações com Peças Roscadas

- Produção de rosca exterior:

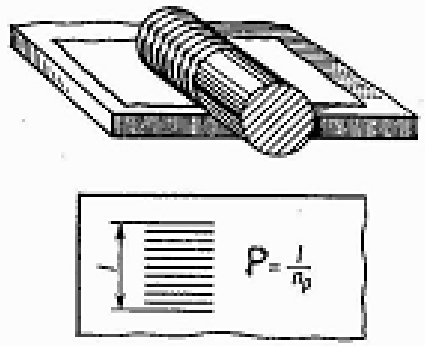
Verificação de tolerâncias das roscas



Calibre de anel normal para roscas

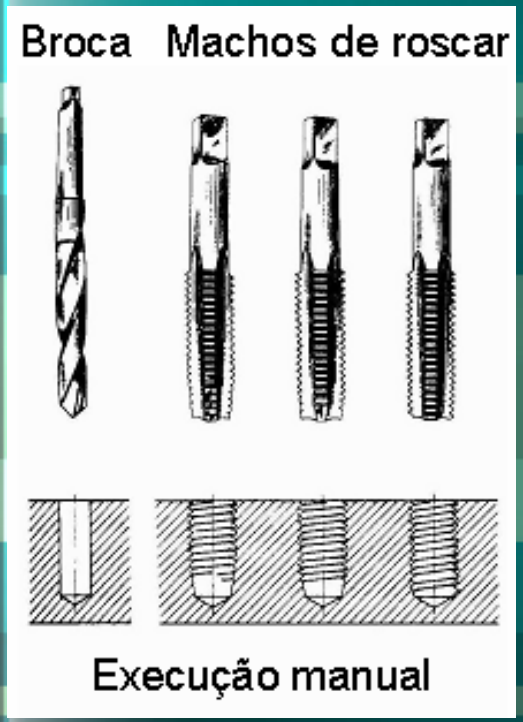


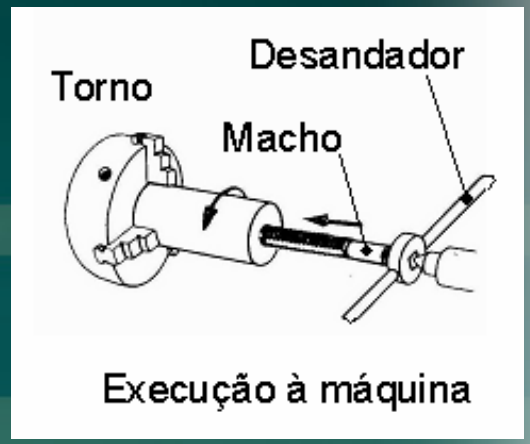
Calibre-maxila para roscas

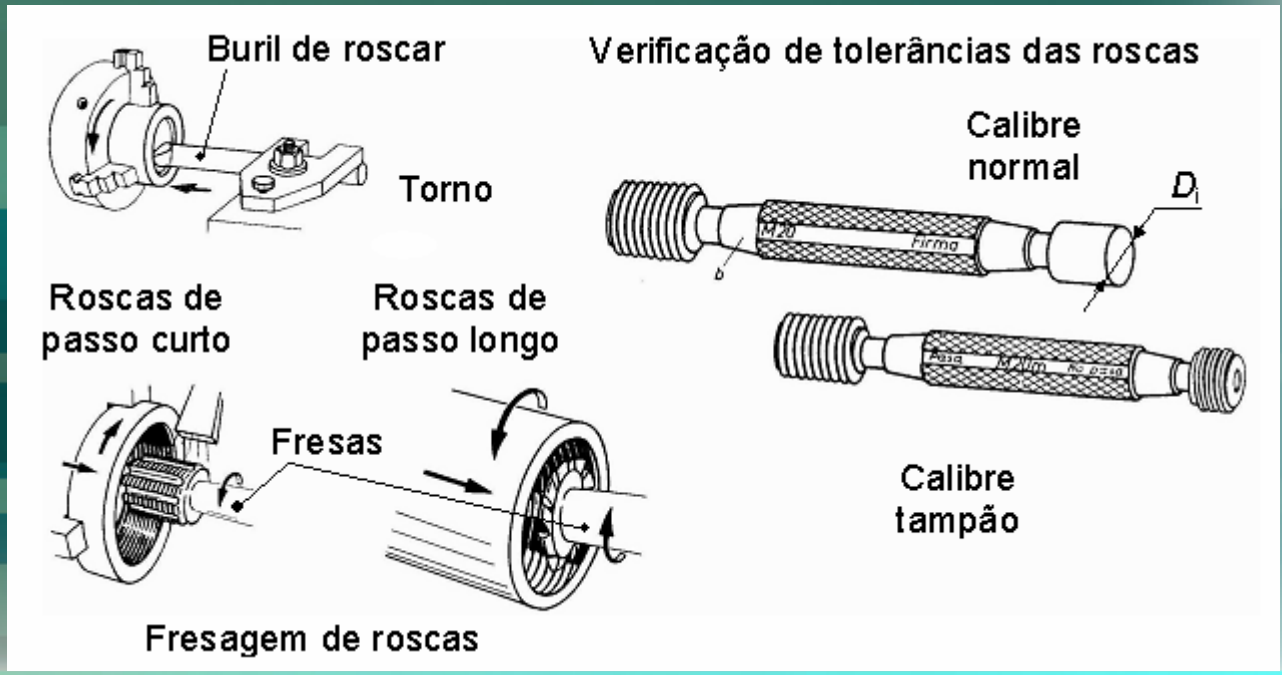


Ligações com Peças Roscadas

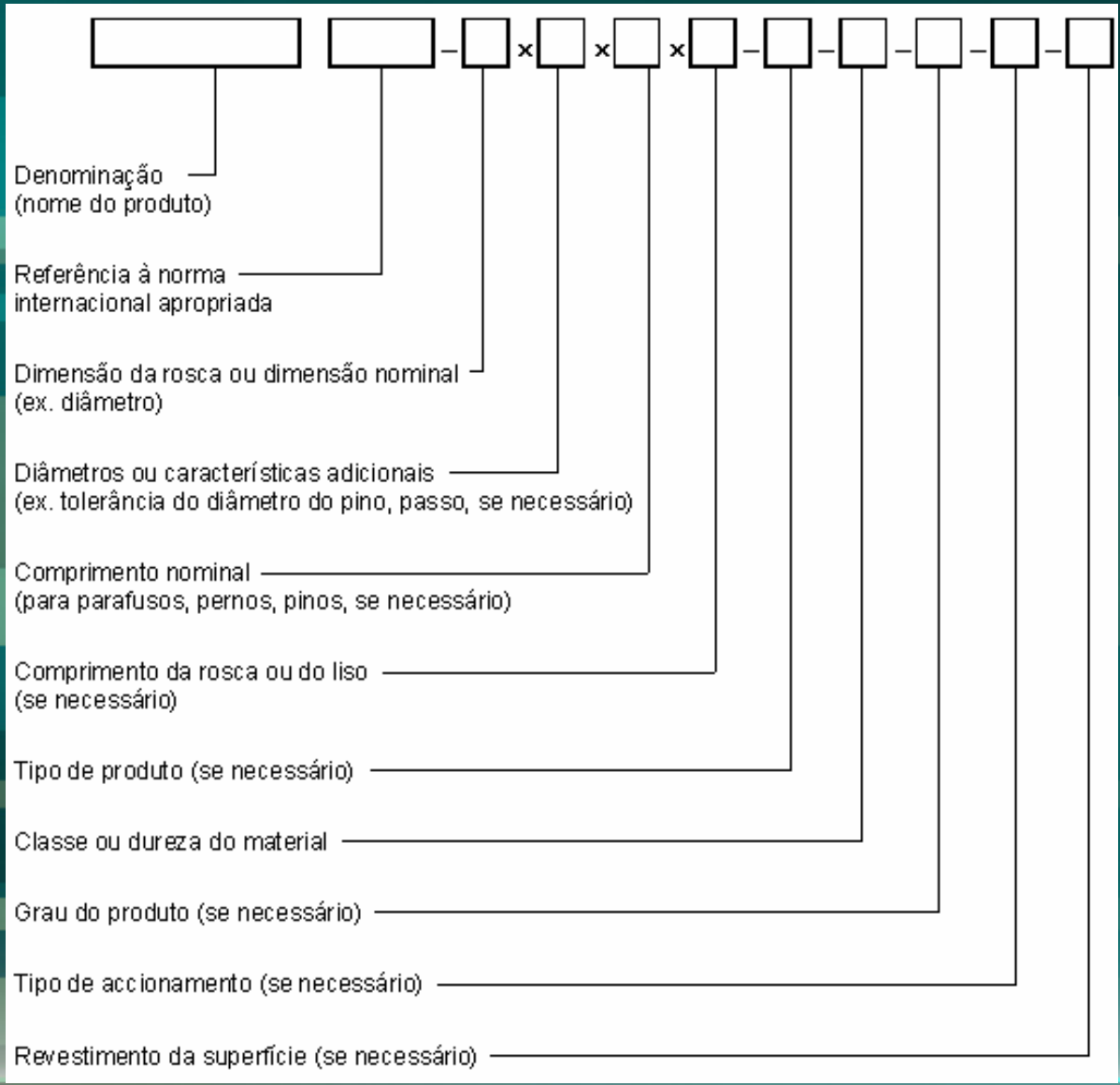
- Produção de rosca interior:



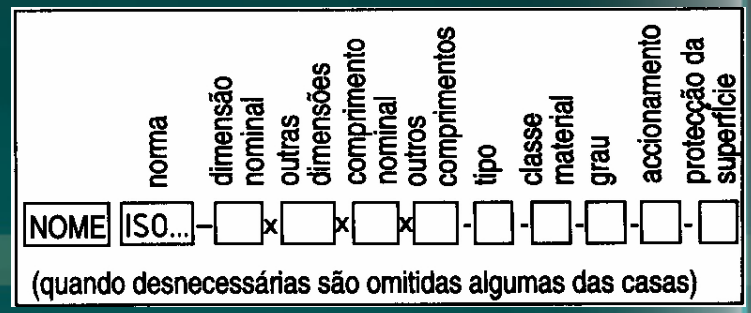




Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)



Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)

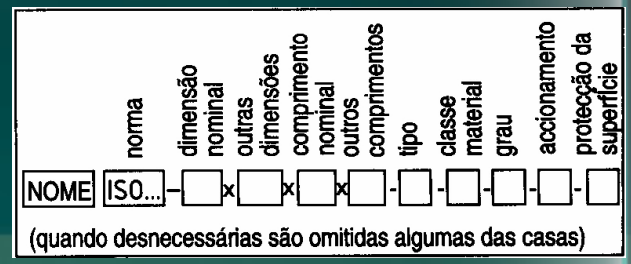


•Exemplos:

Parafuso H ISO 4014 - M12 x 80 - 8.8
Parafuso de cabeça hexagonal (H)
Norma ISO 4014 (c/ corpo parcialmente roscado)
Rosca métrica (M) de diâmetro nominal d = 12 mm
Comprimento nominal l = 80 mm
Classe do material 8.8 (aço c/ Rm = 800 MPa e Re = 640 MPa)

Parafuso H ISO 8676 - M12 x 1,5 x 100 - 10.9
Parafuso de cabeça hexagonal (H)
Norma ISO 8676 (c/ corpo totalmente roscado)
Rosca métrica (M) de diâmetro nominal d = 12 mm
Passo fino P = 1,5 mm
Comprimento nominal l = 100 mm
Classe do material 10.9 (aço c/ Rm = 1000 MPa e Re = 900 MPa)

Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)



•Exemplos:

Parafuso H ISO 4014 - M12 x 80 - 8.8 - A2P

Parafuso de cabeça hexagonal (H)

Norma ISO 4014 (c/ corpo parcialmente roscado)

Rosca métrica (M) de diâmetro nominal d = 12 mm

Comprimento nominal l = 80 mm

Classe do material 8.8 (aço c/ Rm = 800 MPa e Re = 640 MPa)

Revestimento electrolítico, segundo ISO 4042, símbolo A2P [zincado, espessura mínima de revestimento de 5 µm, acabamento opcional e passivação por tratamento com cromato, de cor típica B, C ou D (protecção por oxidação)]

Porca H ISO 4032 - M12 - 8

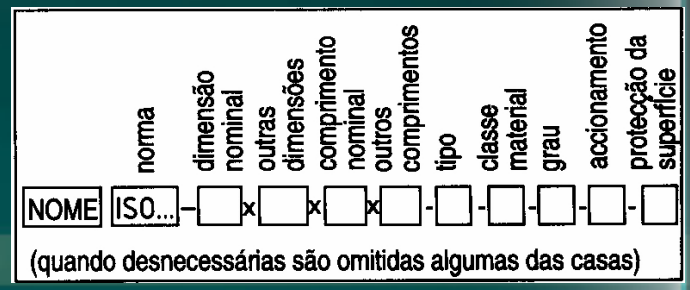
Porca hexagonal (H)

Norma ISO 4032 [porca de estilo 1 (corrente)]

Rosca métrica (M) de diâmetro nominal d = 12 mm

Classe do material 8 (aço c/ Rm = 800 MPa)

Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)



•Exemplos:

Pino cilíndrico ISO 2338 - 6m6 x 30 - St
Pino cilíndrico
Norma ISO 2338 (não temperado)
diâmetro nominal d = 6 mm
Classe de tolerância m6
Comprimento nominal l = 30 mm
Material: St (aço c/ dureza de 125 HV30 a 245 HV30)

Anilha ISO 7090 - 8 - 140 HV
Anilha plana
Norma ISO 7090 (série normal, com chanfro)
tamanho nominal 8 mm
Material: aço com dureza não inferior a 140 HV

Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)

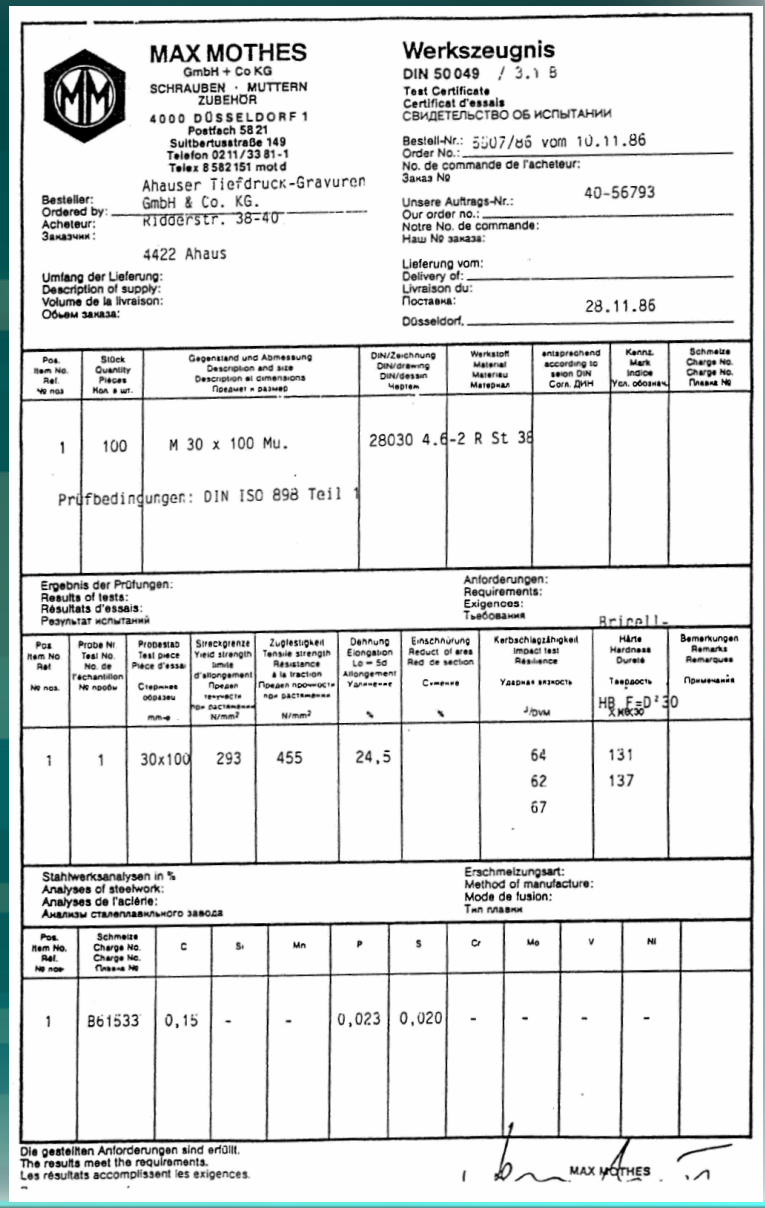
- O **Tipo do produto** é uma noção relativa ao **nível de confiança nas características quer geométricas quer mecânicas**. A norma NF E 25-003: 1982 define o **Tipo (1, 2 e 3)** como uma noção essencialmente **ligada à segurança de funcionamento**.

- O **Grau do Produto (A, B, C ou F)** refere-se à **qualidade do produto e ao tamanho das tolerâncias**, onde o grau A é o mais exacto e o grau C é o menos exacto (ISO 4759-1).

- O **Estilo (1 e 2)** baseia-se na **altura da rosca das porcas**, sendo decisivo para as propriedades mecânicas (ISO 2320), onde o estilo 1 ($0{,}8\ d \leq m < 0{,}9\ d$) é o corrente e o estilo 2, com uma altura 10% maior ($0{,}9\ d \leq m < 1{,}1\ d$) é relativo às porcas altas.

Sistema de Designação para Elementos de Fixação (ISO 8991: 1986)

- Exemplo de certificado de ensaio de um parafuso:



MAX MOTHES
GmbH + Co KG
SCHRAUBEN · MUTTERN
ZUBEHÖR
4000 DÜSSELDORF 1
Postfach 5821
Suitbertusstraße 149
Telefon 0211/3381-1
Telex 8582151 motd

Werkszeugnis
DIN 50049 / 3.1 B
Test Certificate
Certificat d'essais
СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИСПЫТАНИИ

Besteller: Ahauser Tiefdruck-Gravuren GmbH & Co. KG Ridderstr. 38-40 4422 Ahaus
Bestell-Nr.: 5507/86 vom 10.11.86
Unsere Auftrags-Nr.: 40-56793
Lieferung vom: 28.11.86
Düsseldorf,

Umfang der Lieferung:
Description of supply:
Volume de la livraison:
Объем заказа:

Pos.	Stück	Gegenstand und Abmessung	DIN/Zeichnung	Werkstoff	entsprechend	Kennz.	Schmelze
1	100	M 30 x 100 Mu.	28030 4.6-2 R St 38				
		Prüfbedingungen: DIN ISO 898 Teil 1					

Ergebnis der Prüfungen:
Results of tests:
Résultats d'essais:
Результат испытаний

Anforderungen:
Requirements:
Exigences:
Требования

Brinell-

Pos.	Probe Nr	Probestab	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Dehnung	Einschnürung	Kerbschlagzähigkeit	Härte	Bemerkungen
1	1	30x100	293	455	24,5		64 62 67	131 137	HB F=D²30 X=30

Stahlwerksanalysen in %
Analyses of steelwork:
Analyses de l'aciérie:
Анализы сталеплавильного завода

Erschmelzungsart:
Method of manufacture:
Mode de fusion:
Тип плавки

Pos.	Schmelze	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	
1	B61533	0,15	-	-	0,023	0,020	-	-	-	-	

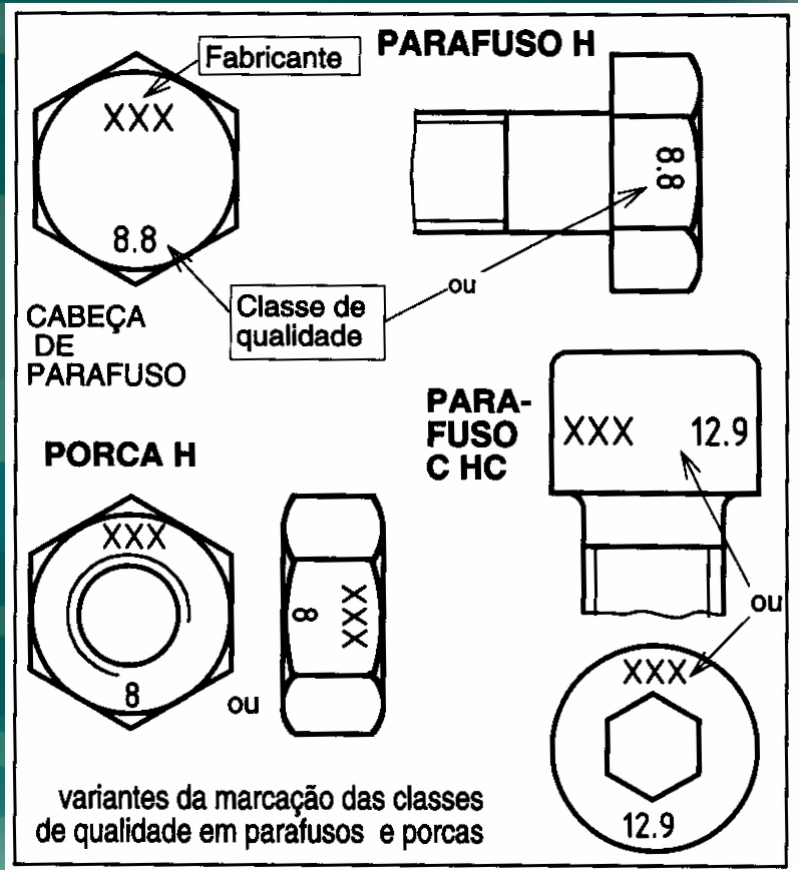
Die gestellten Anforderungen sind erfüllt.
The results meet the requirements.
Les résultats accomplissent les exigences.

MAX MOTHES

Peças Roscadas: Classe de Material

clas-ses	dureza HV	aços ao carbono	aplicações
3.6	95	baixo C ≤ 0,2%	para elementos de baixa resistência
4.6 4.8	120 130	médio C < 0,55%	
5.6 5.8	155 160		para elementos de média resistência
6.8	190		
8.8	230	C 0,25 a 0,55% c/ têmp+revenid.	
clas ses	**dureza HV**	**aços ligados** com tratament. térmico (têmp.+reven.)	
8.8	255	C 0,15 a 0,35% +B ou +Mn ou Cr	para elementos de alta resistência
9.8	280		
10.9	310	+Cr +Ni +Mo +V	para elementos de muito alta resistência
12.9	372	+Cr +Ni +Mo +V	

Classe de material



Marcação da classe de material

Peças Roscadas: Classe de Material

A **classe de material** para aços de uso corrente, é expressa por dois números separados por um ponto, que significam, com valores em N/mm² (ou MPa):

resistência nominal à tracção $R_{m,nom}$:

R_m = (1º valor) x100 (MPa = N/mm²)

limite nominal de elasticidade

$R_{p0,2}$=(2º valor/10)x R_m (MPa = N/mm²)

Exemplo, no Parafuso H ISO 4014 - M12 x 80 - 6.8 é mencionada a **classe de material 6.8** que significa tratar-se de um parafuso de aço com:

R_m = 6 x 100 = 600 MPa

$R_{p0,2}$ = 0,8 x 600 = 480 MPa

A **classe de material das porcas** é expressa apenas pelo 1º número da classe de material do parafuso conjugado. Por exemplo, a porca a usar com o parafuso antes citado, deverá ser da **classe 6**, que corresponde a R_m = 600 MPa.

clas-ses	dureza HV min.	materiais
14 H	140	St - aço ao carbono
22 H	220	aço ao carb. c/ têmpera + revenido
33 H	330	aço ao carb. c/ têmpera + revenido
45 H	450	aço ligado c/ têmpera + revenido

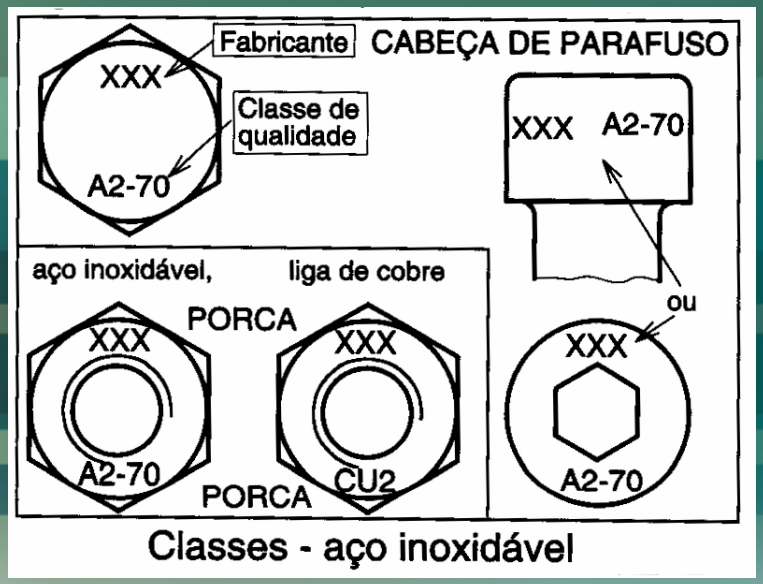
Classes - durezas

No caso das anilhas, de parafusos de pressão, a classe de material refere a dureza Vickers, expressas por um número seguido da letra H. A dureza Vickers HV é o produto do número por 10. Por exemplo, uma anilha da classe 22H apresenta uma dureza ≥220 HV.

Peças Roscadas: Classe de Material

CLASSE	R_m MPa	$R_{p\,0,2}$ MPa	DUREZA HV	características
A2 - 50	≥500	≥210		macio
A2 - 70	700	450		endurecido
A2 - 80	800	600		alta resistência
C1 - 50	500	250		macio
C1 - 70	700	410		têmpera+revenido
C3 - 80	800	640	≥220	têmpera+revenido
C4 - 50	500	250	≥240	macio
C4 - 70	700	410		têmpera+revenido
F1 - 45	450	250	≥220	macio
F1 - 60	600	410		endurecido a frio

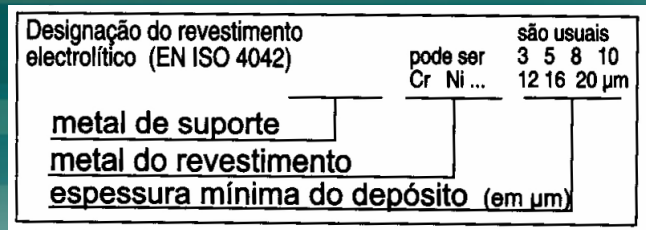
Classes em aço inox



Classes - aço inoxidável

CLASSE	R_m MPa	$R_{p\,0,2}$ MPa	Md	composição
CU1	≥240	≥160	≤39	Cu-ETP
CU2	370 440	250 340	≤6 >6; ≤39	Cu Zn 37
CU3	370 440	250 340	≤6 >6; ≤39	Cu Zn39 Pb3
CU4	400 470	200 340	≤12 >12; ≤39	Cu Sn6
CU5	590	540	≤39	Cu Ni1 Si
CU6	440	180	>6; ≤39	Cu Zn40 Mn1Pb
CU7	640	270	>12; ≤39	Cu Al10 Ni5 Fe4
AL1	270 250	230 180	≤10 >10; ≤20	Al Mg3
AL2	310 280	205 200	≤14 >14; ≤36	Al Mg5
AL3	320 310	250 260	≤6 >6; ≤39	Al Si Mg Mn
AL4	420 380	290 260	≤10 >10; ≤39	Al Cu4 Mg Si
AL5	460	380	≤39	Al Zn Mg Cu 0,5
AL6	510	440	≤39	Al Zn6 Mg Cu

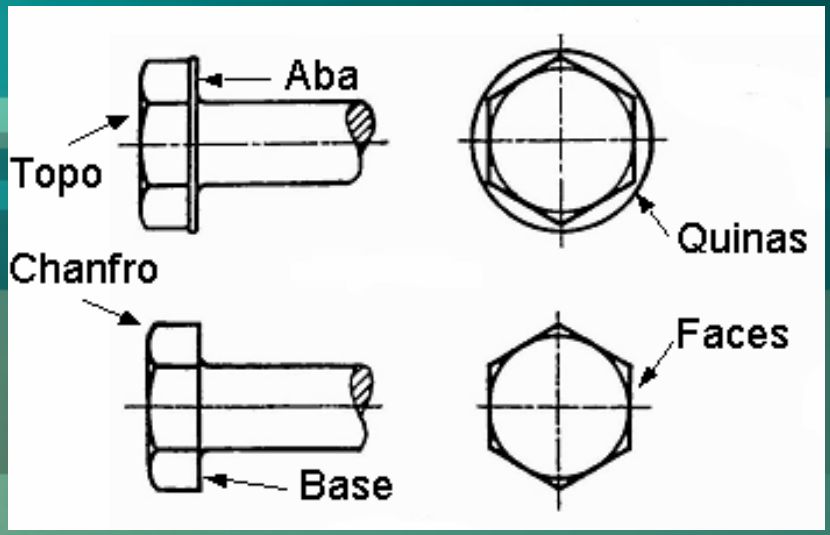
Ligas de Cu e de Al

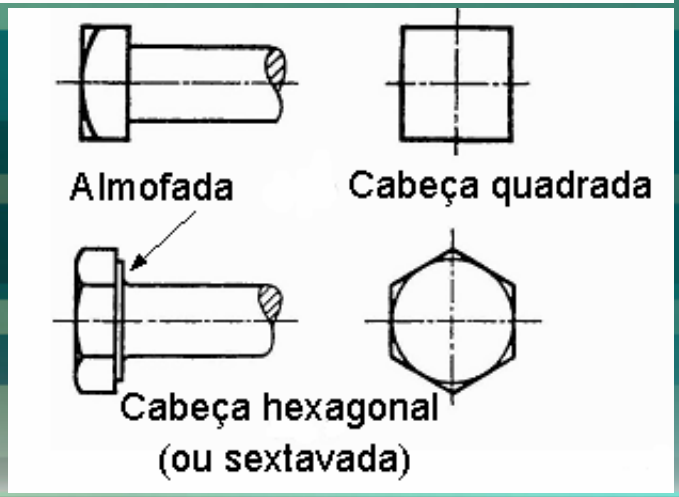


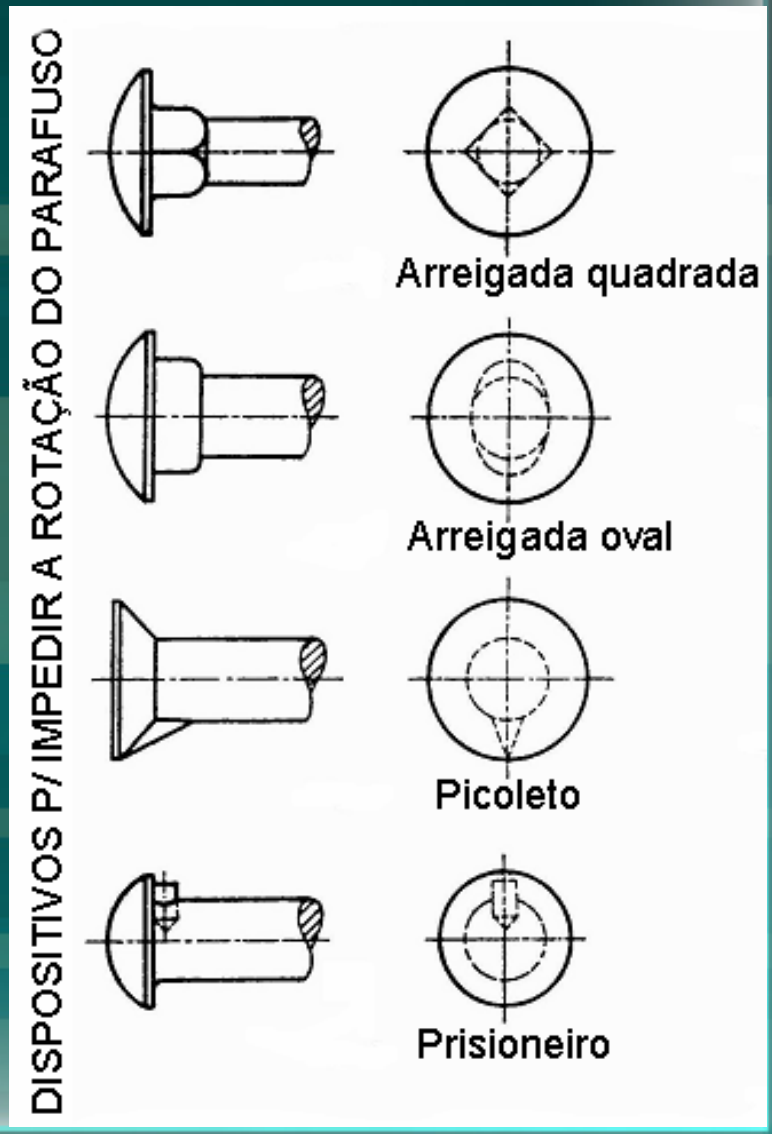
Revestimento electrolítico

Parafusos

- **Nomenclatura:**

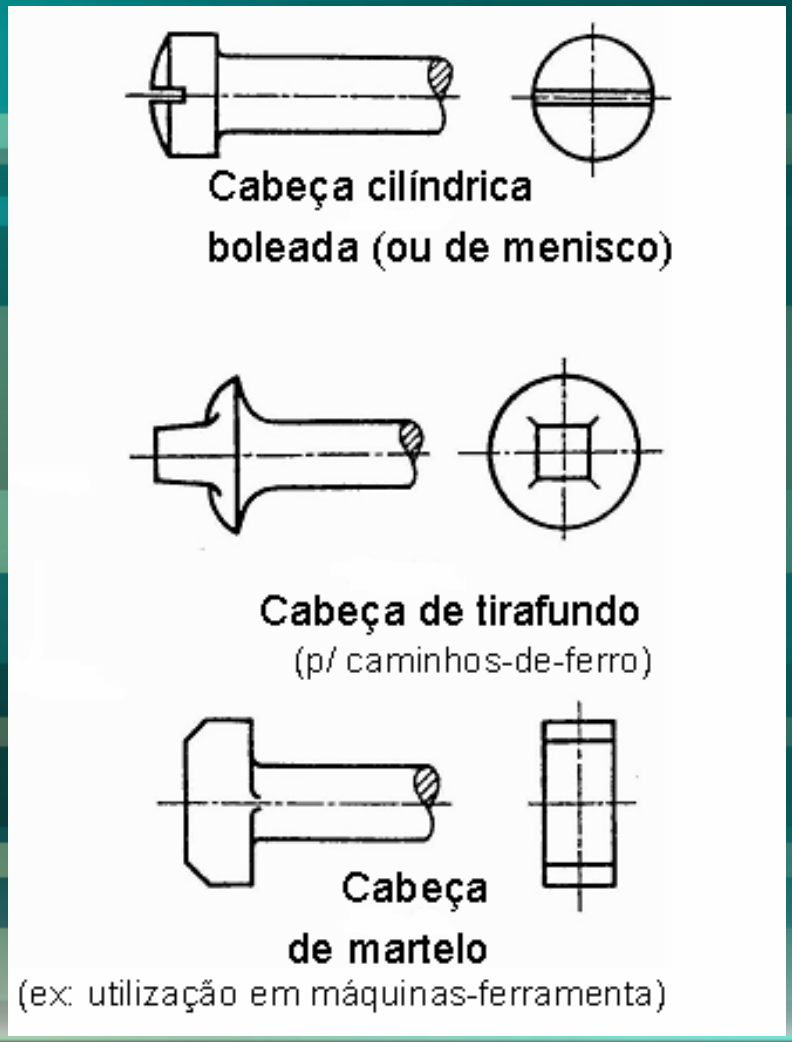


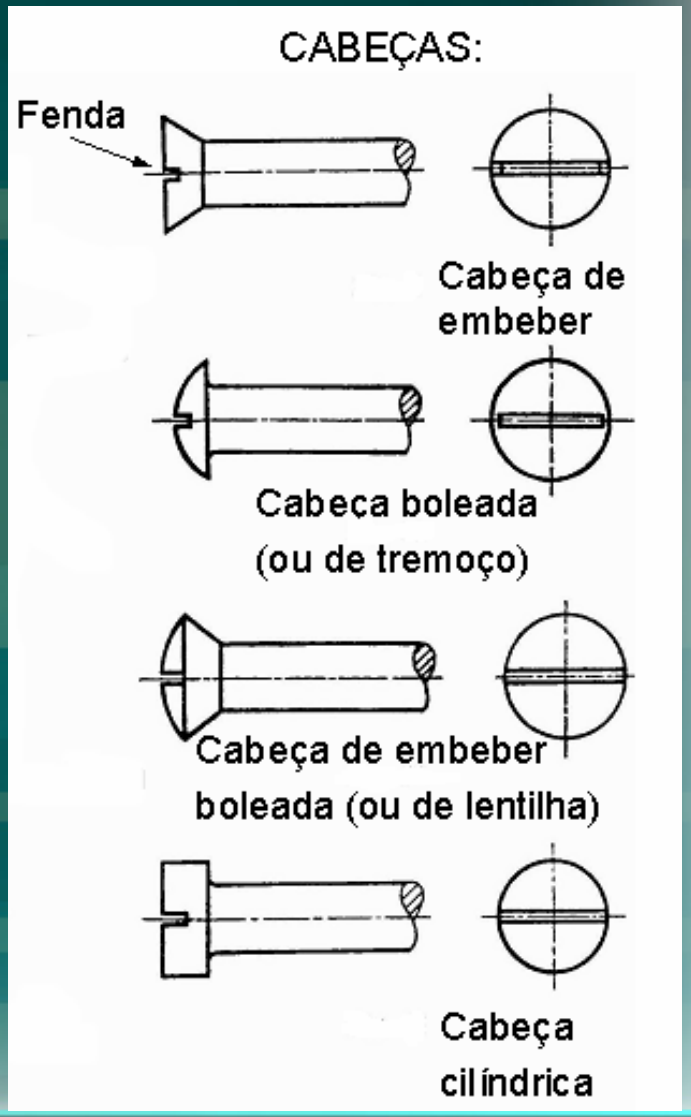




Parafusos

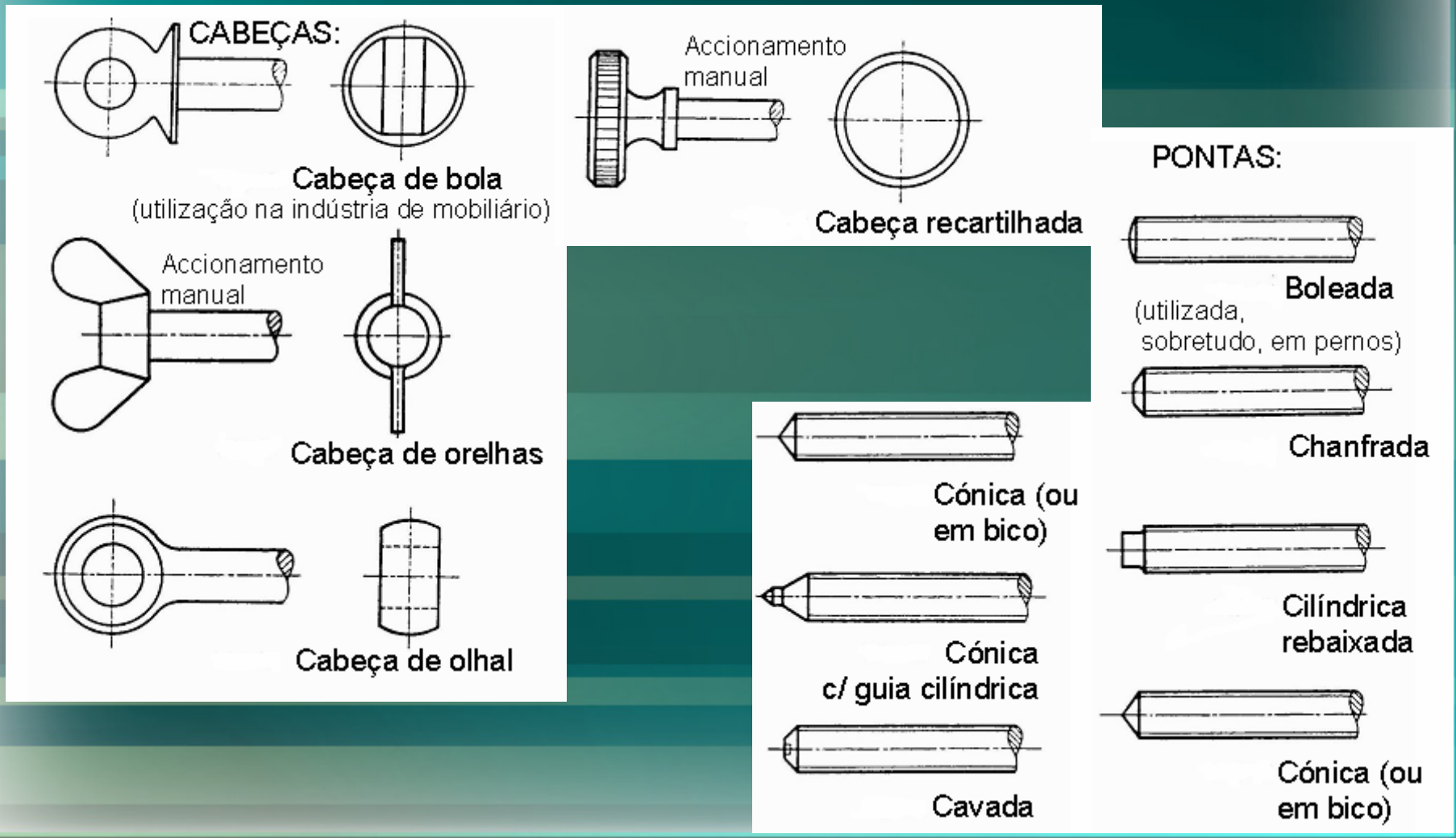
- **Nomenclatura:**





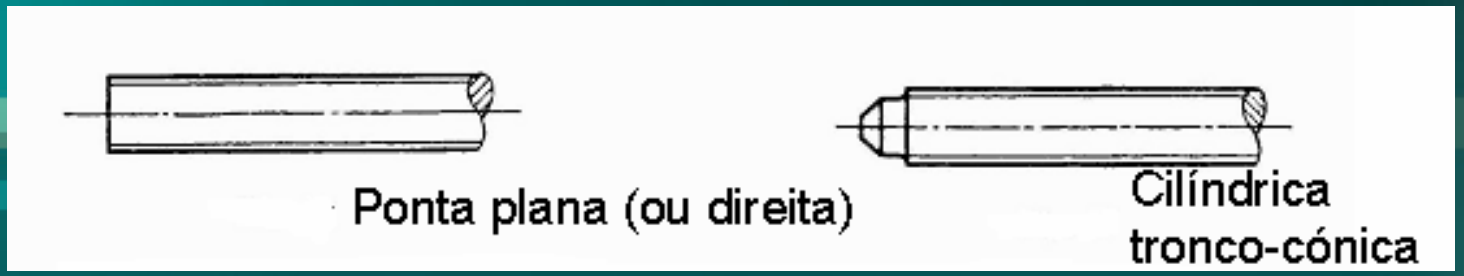
Parafusos

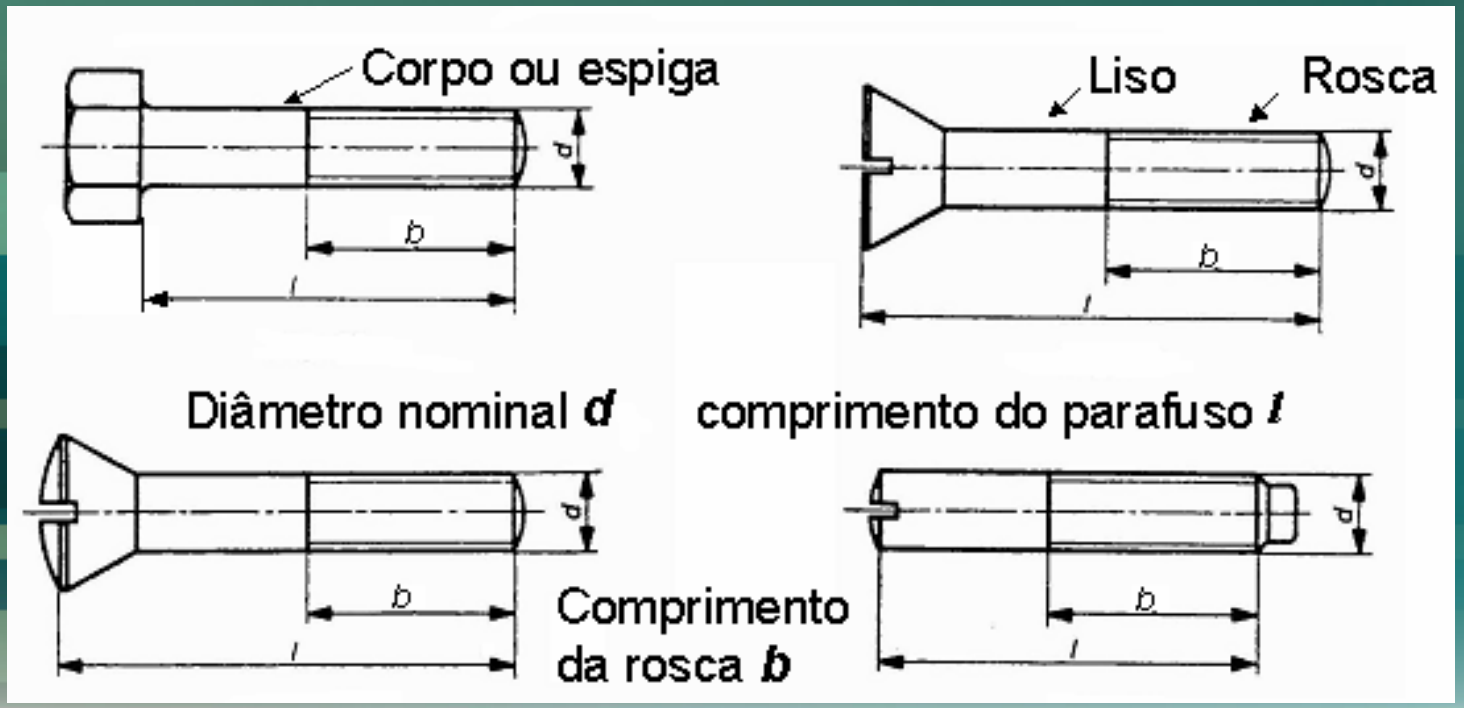
- **Nomenclatura:**



Parafusos

- **Nomenclatura:**



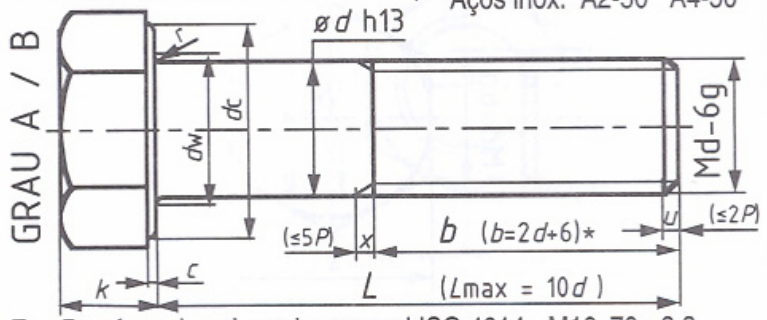


Parafusos

PARAFUSOS DE CABEÇA HEXAGONAL PARA METAIS "PARAFUSO H (PASSOS GROSSOS)

ISO 4014 - Grau A
Parafuso com liso

Classe de material:
Aços: 5.6 8.8 9.8 10.9
Aços inox. A2-50 A4-50

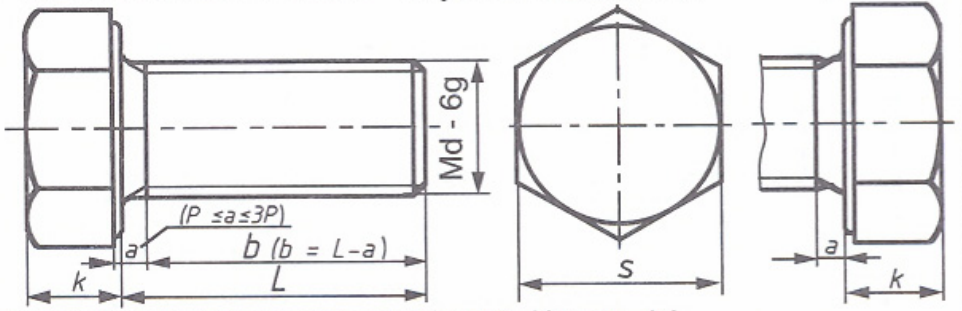


Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x70 - 8.8

ISO 4017 - Grau A
Parafuso todo roscado

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 9.8 10.9
Aços inox. A2-50, A4-50

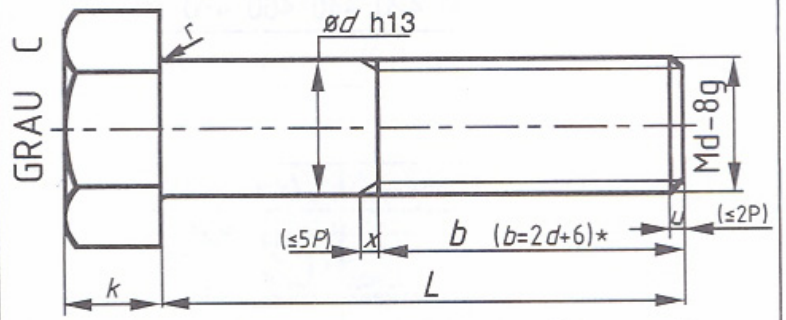
Outra forma possível



Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4017 - M10x25 - 8.8

ISO 4016 - Grau C
Parafuso com liso

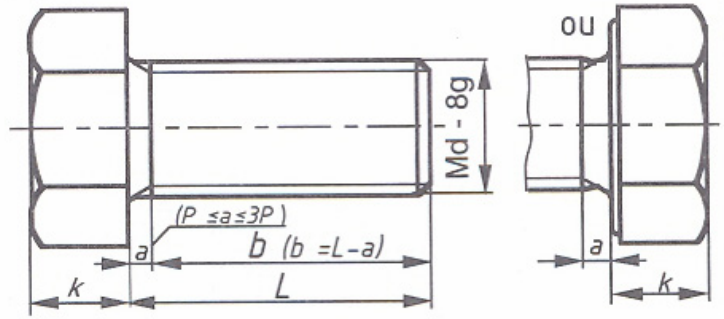
Classe material:
Aços: 3.6 4.6 4.8



Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4016 - M10x25 - 4.8

ISO 4018 - Grau C
Parafuso todo roscado

Classe material:
Aços: 3.6 4.6 4.8



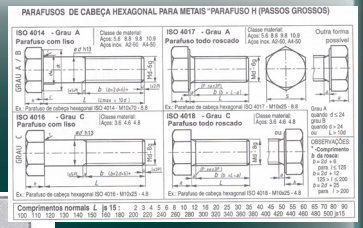
Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4018 - M10x25 - 4.8

Grau A
quando d ≤ 24
grau B
quando d > 24
ou L > 10d

OBSERVAÇÕES:
* -Comprimento **b** da rosca:
b = 2d + 6
para l ≤ 125
b = 2d + 12
125 > l ≤ 200
b = 2d + 25
para l > 200

Comprimentos normais *L* js 15 :
2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90
100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 js15

Parafusos



DIÂM	PASS	CABEÇA HEXAGONAL						GRAU A / GRAU B				GRAU C				GRAU B	
NOM.					GRAU A			ISO 4014		ISO 4017		ISO 4016		ISO 4018		ISO 4015	
Md	P	s nom	k	c max.	dw min.	r min.	dc max.	L min.	L max.	L min.	L max.	L min.	L max.	L min.	L max.	L min.	L max
1,6	0,35	3,2	1,1	0,25	2,27	0,1	2,0	12	16	2	16						
2	0,4	4	1,4	0,25	3,07	0,1	2,6	16	20	4	20						
2,5	0,45	5	1,7	0,25	4,07	0,1	3,1	16	25	5	25						
3	0,5	5,5	2	0,4	4,57	0,1	3,6	20	30	6	30					20	30
3,5	0,6	6	2,4	0,4	5,07	0,1	4,1	20	35	8	35						
4	0,7	7	2,8	0,4	5,88	0,2	4,7	25	40	8	40					20	40
5	0,8	8	3,5	0,5	6,88	0,2	5,7	25	50	10	50	25	50	10	50	25	50
6	1	10	4	0,5	8,88	0,25	6,8	30	60	12	60	30	60	12	60	25	60
8	1,25	13	5,3	0,6	11,63	0,4	9,2	40	80	16	80	40	80	16	80	30	80
10	1,5	16	6,4	0,6	14,63	0,4	11,2	45	100	20	100	45	100	20	100	40	100
12	1,75	18	7,5	0,6	16,63	0,6	13,7	50	120	25	120	55	120	25	120	45	120
14	2	21	8,8	0,6	19,37	0,6	15,7	60	140	30	140	60	140	30	140	50	140
16	2	24	10	0,8	22,49	0,6	17,7	65	160	30	200	65	160	30	160	55	150
18	2,5	27	11,5	0,8	25,34	0,6	20,2	70	180	35	200	80	180	35	180		
20	2,5	30	12,5	0,8	28,19	0,8	22,4	80	200	40	200	80	200	40	200	65	150
22	2,5	34	14	0,8	31,71	0,8	24,4	90	220	45	200	90	220	45	240		
24	3	36	15	0,8	33,61	0,8	26,2	90	240	50	200	100	240	50	240		
27	3	41	17	0,8	38,00	1	30,4	100	260	55	200	110	260	55	300	* OBSERV.	
30	3,5	46	18,7	0,8	42,75	1	33,4	110	300	60	200	120	300	60	300		
33	3,5	50	21	0,8	46,55	1	36,4	130	320	65	200	130	320	65	360	$b = 2d + 6$	
36	4	55	22,5	0,8	51,11	1	39,4	140	360	70	200	140	360	70	360	$(L \leq 125)$	
39	4	60	25	1	55,86	1	42,4	150	380	80	200	150	400	80	400		
42	4,5	65	26	1	59,95	1,2	45,6	160	420	80	200	180	420	80	420	$b = 2d + 12$	
45	4,5	70	28	1	64,70	1,2	48,6	180	440	90	200	180	440	90	440	$(125 < L \leq 200)$	
48	5	75	30	1	69,45	1,6	52,6	180	480	100	200	200	480	100	480		
52	5	80	33	1	74,20	1,6	56,6	200	480	100	200	200	500	100	500	$b = 2d + 25$	
56	5,5	85	35	1	78,66	2	63,0	220	500	110	200	240	500	110	500	$(L > 200)$	

Parafusos de cabeça hexagonal para metais – Passo grosso

Parafusos

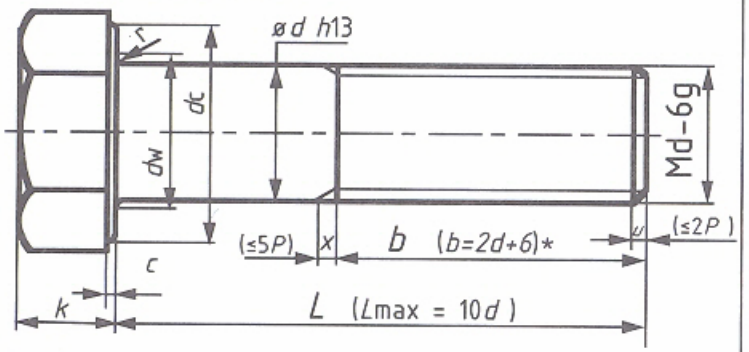
PARAFUSOS DE CABEÇA HEXAGONAL PARA METAIS - PARAFUSOS H - PASSOS FINOS

ISO 8765 -Grau A

(Grau B para $d > 24$)

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 10.9
Aços inox. A2-70 A4-70
CU2, CU3

Parafuso com liso



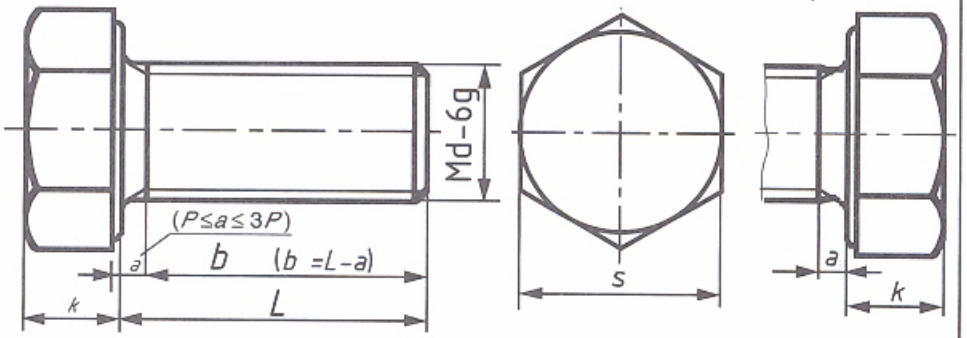
Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 8765 - M10x1x70 - 8.8

ISO 8676 -Grau A

Classe material:
Aços: 5.6 8.8 10.9
Aços inox. A2-50 A4-50
CU2, CU3

Parafuso todo roscado

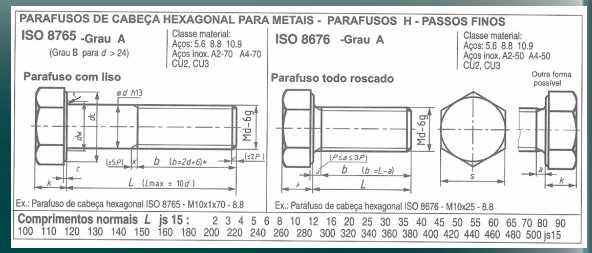
Outra forma possível



Ex.: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 8676 - M10x25 - 8.8

Comprimentos normais *L* js 15 : 2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 js15

Parafusos



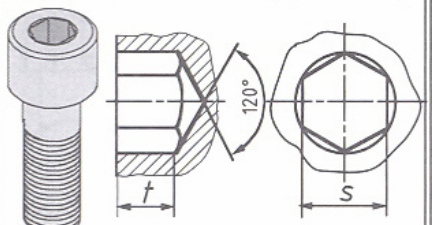
Dnom x P fino	CABEÇA HEXAGONAL Grau A / B						ISO 8765		ISO 8676	
	s	k	c	dw	r	dc	L		L	
Md x P	nom.		max.	min.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
8 x 1	13	5,3	0,6	11,63	0,4	9,2	40	80	16	80
10 x 1; 10 x 1,25	16	6,4	0,6	14,63	0,4	11,2	45	100	20	100
12 x 1,5; 12 x 1,25	18	7,5	0,6	16,63	0,6	13,7	50	120	25	120
(14 x 1,5)	21	8,8	0,6	19,37	0,6	15,7	60	140	30	140
16 x 1,5	24	10	0,8	22,49	0,6	17,7	65	160	35	160
(18 x 1,5)	27	11,5	0,8	25,34	0,6	20,2	70	180	35	180
20 x 1,5; 20 x 2	30	12,5	0,8	28,19	0,8	22,4	80	200	40	200
(22 x 1,5)	34	14	0,8	31,71	0,8	24,4	90	220	45	220
24 x 2	36	15	0,8	33,61	0,8	26,2	100	240	40	200
(27 x 2)	41	17	0,8	38,00	1	30,4	110	260	55	220
30 x 2	46	18,7	0,8	42,75	1	33,4	120	300	40	200
(33 x 2)	50	21	0,8	46,55	1	36,4	130	320	65	360
36 x 3	55	22,5	0,8	51,11	1	39,4	140	360	40	200
42 x 3	65	26	1	59,95	1,2	45,6	160	440	90	420
(45 x 3)	70	28	1	64,70	1,2	48,6	180	440	90	440
48 x 3	75	30	1	69,45	1,6	52,6	200	480	100	480
56 x 4	85	35	1	78,66	2	63,0	220	500	120	500
(60 x 4)	90	38	1	83,41	2	67,0	240	500	120	500
64 x 4	95	40	1	88,16	2	71,0	260	500	130	500

Parafusos de cabeça hexagonal- Passo fino

Parafusos

PARAFUSOS COM OCO HEXAGONAL PARA LIGAÇÕES

ISO 23429- OCO HEXAGONAL HC



CHC



FHC

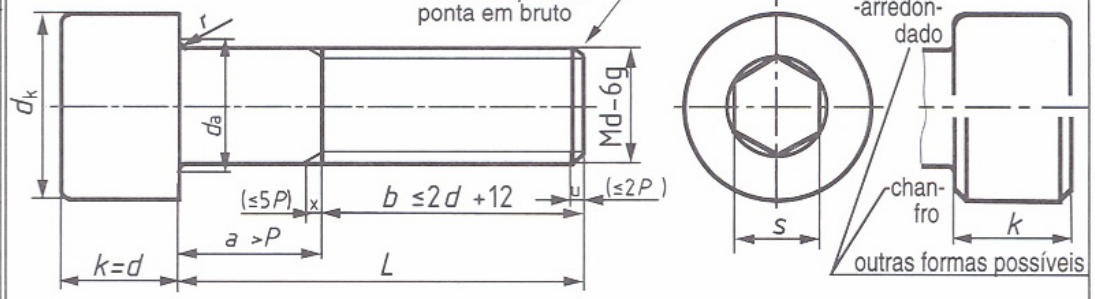
O oco hexagonal é caracterizado pelo valor entre-faces s = 0,7 0,9 1,3 1,5 2 2,5 3 4 5 6 8 10 12 14 17 19 22 27 32 36 41 46 (chaves HC)

PARAFUSOS DE CABEÇA CILÍNDICA DE OCO HEXAGONAL - PARAFUSOS CHC

ISO 4762 GRAU A
ISO 21269 (passos finos)

Ponta com chanfro (para $d \leq 4$ em rosca laminada pode ter ponta em bruto

Classe de material:
Aços: 8.8 10.9 12.9
A2-70, A4-70 para ≤M24



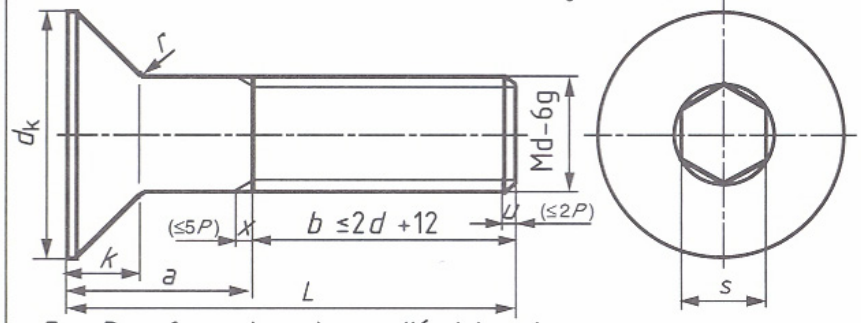
Ex.: Parafuso de cabeça cilíndrica com oco hexagonal ISO 4762-M10x70-12.9

Comprimentos normais L **js 15 :** 2 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 js15

PARAFUSOS DE CABEÇA DE EMBEBER DE OCO HEXAGONAL - FHC

ISO 10 642 GRAU A

Classe de material:
Aços: 8.8 10.9 12.9

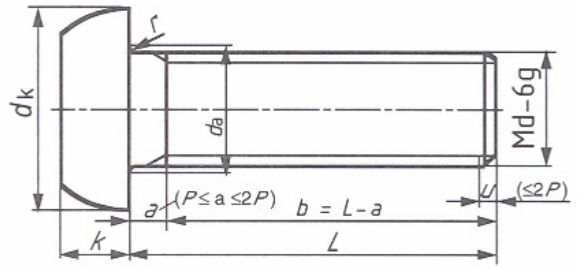


Ex.: Parafuso de cabeça cilíndrica de oco hexagonal ISO 10642-M10x70-12.9

PARAFUSOS DE CABEÇA BOLEADA DE OCO HEXAGONAL - BHC

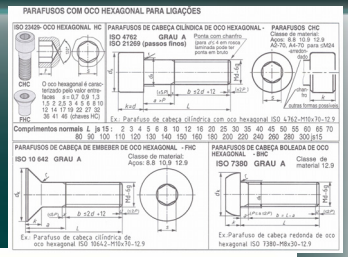
ISO 7380 GRAU A

Classe de material 12.9



Ex.:Parafuso de cabeça redonda de oco hexagonal ISO 7380-M8x30-12.9

Parafusos



DIÂM. NOM Md	PASSO GROSS e FINO P Pf	PARAFUSO CHC - ISO 4762 ISO21269 cabeça (k= d) dk nom.	da min.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max
1,6	0,35	3	2,0	0,1	1,5	0,7	2,5	–
2	0,4	3,8	2,6	0,1	1,5	1	3	20
2,5	0,45	4,5	3,1	0,1	2	1,1	4	25
3	0,5	5,5	3,6	0,1	2,5	1.3	5	30
4	0,7	7	4,7	0,2	3	2	6	40
5	0,8	8,5	5,7	0,2	4	2,5	8	50
6	1	10	6,8	0,25	5	3	10	60
8	1,25; 1	13	9,2	0,4	6	4	12	80
10	1,5; 1	16	11,2	0,4	8	5	16	100
12	1,75;1,5	18	13,7	0,6	10	6	20	120
14	2	21	15,7	0,6	12	7	25	140
16	2; 1,5	24	17,7	0,6	14	8	25	160
20	2,5; 1,5	30	22,4	0,8	17	10	30	200
24	3; 2	36	26,4	0,8	19	12	40	200
30	3,5; 2	45	33,4	1	22	15,5	45	200
36	4; 3	54	39,4	1	27	19	55	200
42	4,5; 3	63	45,6	1,2	32	24	60	300
48	5; 3	72	52,6	1,6	36	28	70	300
56	5,5; 4	84	63,0	2	41	33	80	300
64	6; 4	96	71,0	2	46	38	90	300

PARAFUSO FHC - ISO 10 642 cabeça dk max.	k max.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max
O comprimento do parafuso ISO 10642 FHC inclui a altura *k* da cabeça						
6,72	1,86	0,1	2	1,1	16	30
8,96	2,48	0,2	2,5	1,5	16	40
11,2	3,10	0,2	3	1,9	16	50
13,4	3,72	0,25	4	2,2	16	60
17,9	4,86	0,4	5	3	16	80
22,4	6,20	0,4	6	3,6	16	100
26,9	7,44	0,6	8	4,3	20	100
30,8	8,40	0,6	10	4,5	25	100
33,6	8,80	0,6	10	4,8	30	100
40,3	10,16	0,8	12	5,6	35	100
$b \leq 2d+12$ com $x \leq 5P$						
O parafuso ISO 4762						

PARAFUSO BHC - ISO 7380 cabeça dk max.	k max.	r min.	oco s nom.	t min.	comprim. L min.	max
O parafuso ISO 7380 BHC é todo roscado						
5,7	1,65	0,1	2	1,04	6	12
7,6	2,20	0,2	2,5	1,3	8	16
9,5	2,75	0,2	3	1,56	10	30
10,5	3,30	0,25	4	2,08	10	30
14	4,40	0,4	5	2,6	10	40
17,5	5,50	0,4	6	3,12	12	40
21	6,60	0,6	8	4,16	12	50
—	—	—	—	—	—	—
28	8,80	0,6	10	5,2	16	50
$b = L - P$ ... $b = L - 2P$						
Parafuso ISO 7380, BHC , é roscado até à distância: $a \leq 2P$ ... $a \geq P$ da base da cabeça, tem rosca b entre L- P = 28,75 e L- 2P = 27,5						

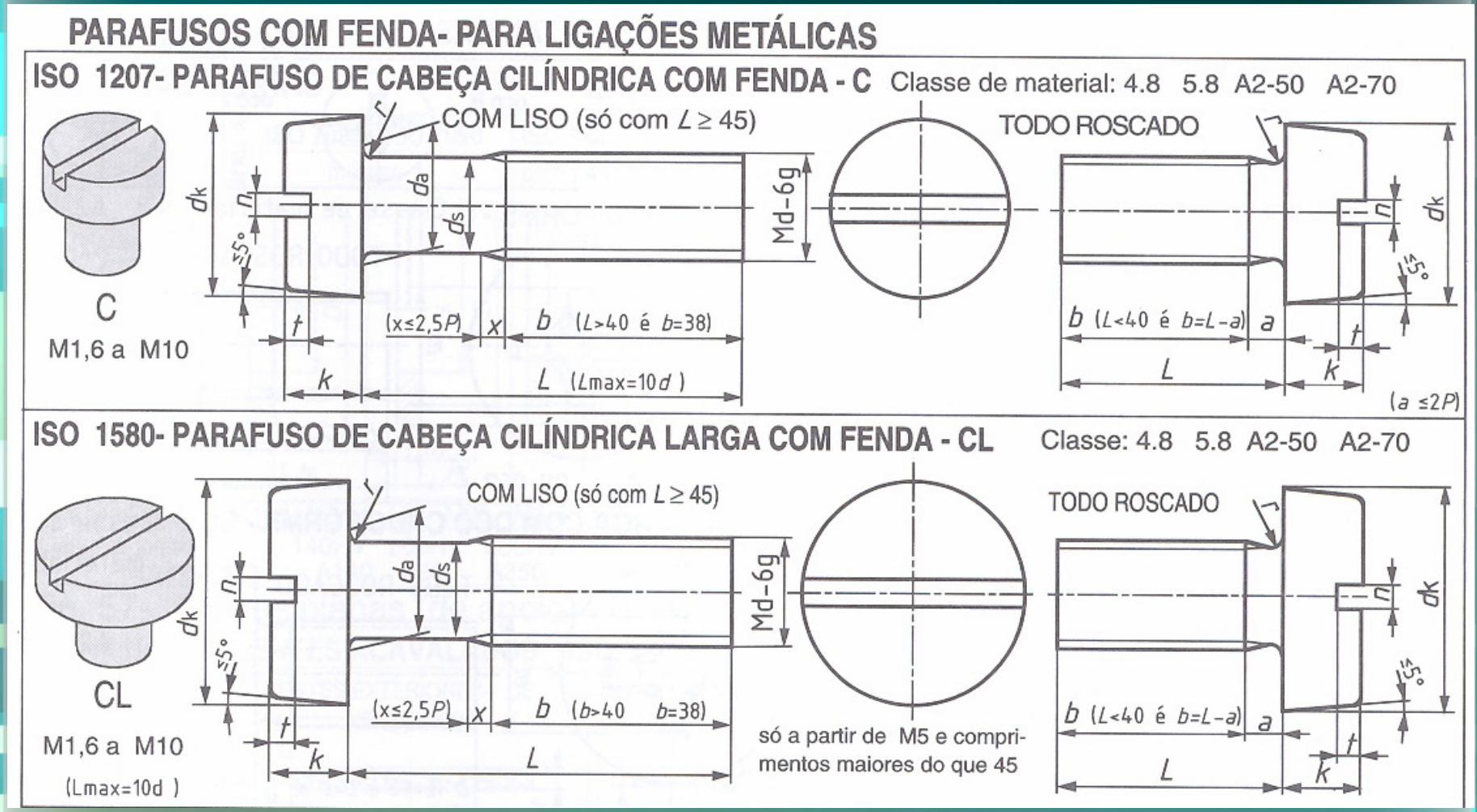
Exemplos de designação:

Parafuso de cabeça boleada plana, de oco hexagonal ISO 7380-M8x30-12.9

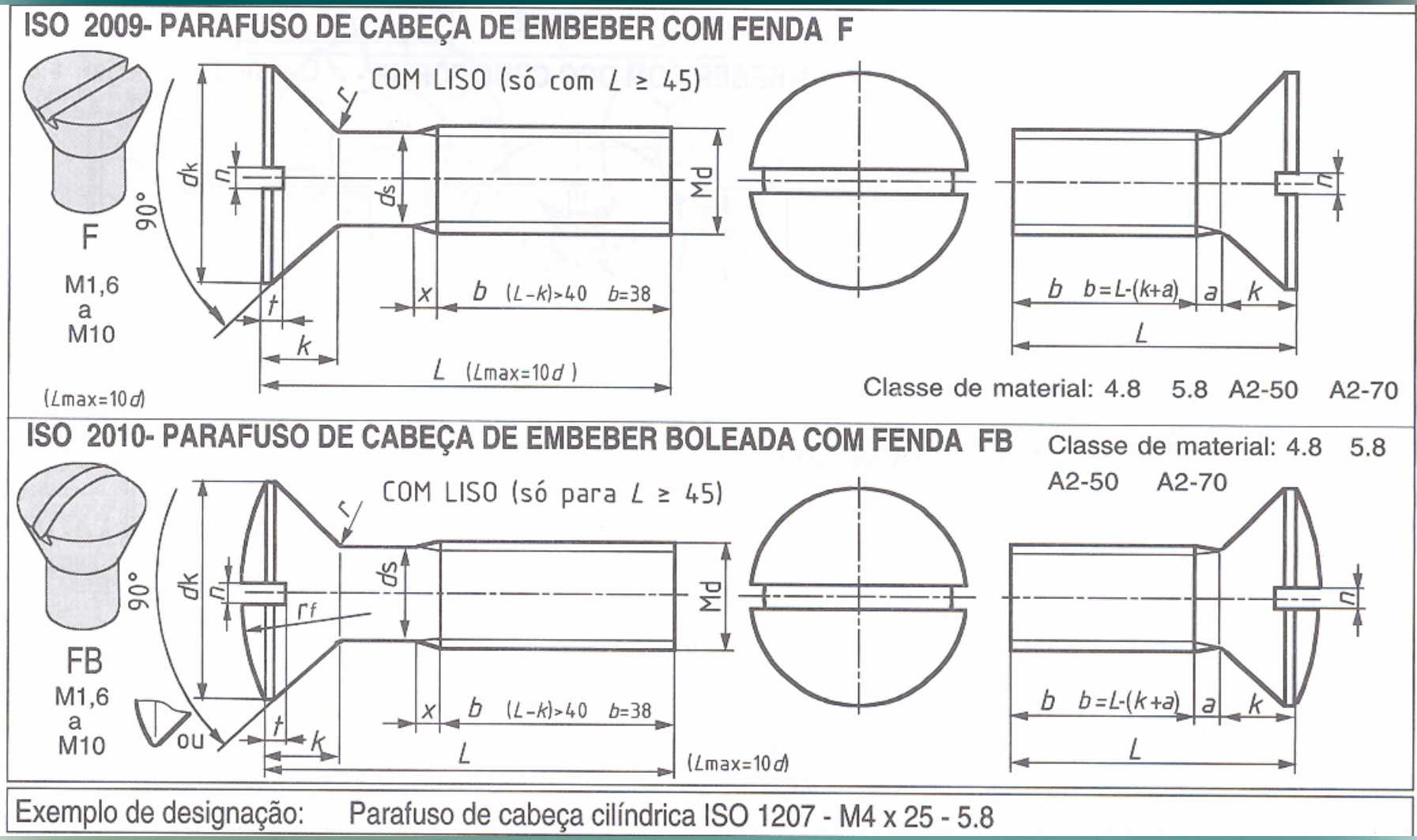
Parafuso de cabeça cilíndrica, de oco hexagonal ISO 21269-M10x1x50-12.9

Parafusos com oco hexagonal: CHC, FHC, BHC

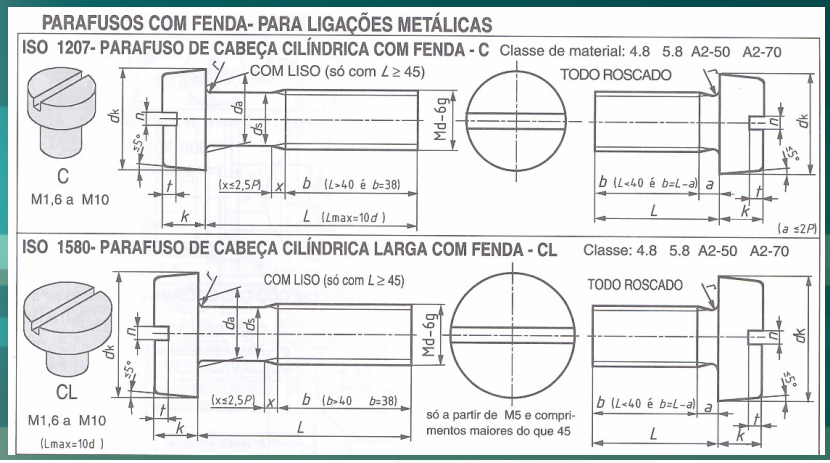
Parafusos

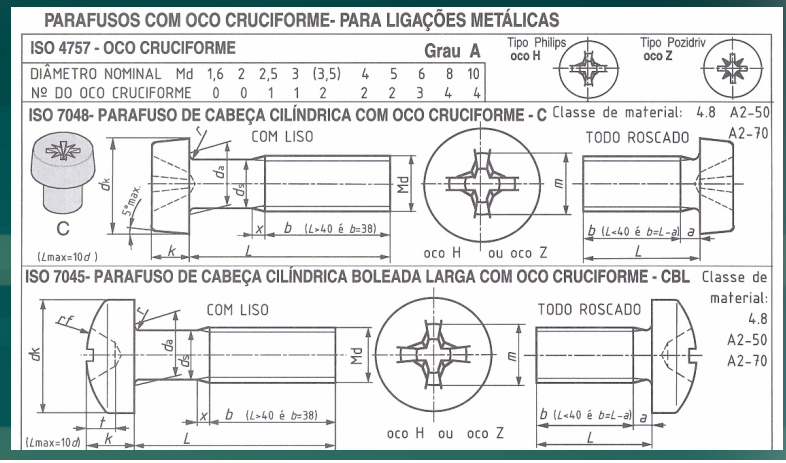

PARAFUSOS COM FENDA- PARA LIGAÇÕES METÁLICAS
ISO 1207- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA COM FENDA - C
Classe de material: 4.8 5.8 A2-50 A2-70
COM LISO (só com L ≥ 45)
TODO ROSCADO
C
M1,6 a M10
dk
n
≤5°
da
ds
Md-6g
t
k
(x≤2,5P)
x
b (L>40 é b=38)
L (Lmax=10d)
b (L<40 é b=L-a)
a
≤45°
(a ≤2P)
ISO 1580- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA LARGA COM FENDA - CL
Classe: 4.8 5.8 A2-50 A2-70
COM LISO (só com L ≥ 45)
TODO ROSCADO
CL
M1,6 a M10
(Lmax=10d)
b (b>40 b=38)
só a partir de M5 e comprimentos maiores do que 45

Parafusos


ISO 2009- PARAFUSO DE CABEÇA DE EMBEBER COM FENDA F
COM LISO (só com L ≥ 45)
F
M1,6 a M10
90°
dk
n
ds
Md
r
t
k
x
b (L-k)>40 b=38
L (Lmax=10d)
(Lmax=10d)
b b=L-(k+a) a k
Classe de material: 4.8 5.8 A2-50 A2-70
ISO 2010- PARAFUSO DE CABEÇA DE EMBEBER BOLEADA COM FENDA FB
Classe de material: 4.8 5.8 A2-50 A2-70
COM LISO (só para L ≥ 45)
FB
M1,6 a M10
90°
dk
n
ds
Md
rf
t
k
x
b (L-k)>40 b=38
L
(Lmax=10d)
ou
b b=L-(k+a) a k
Exemplo de designação: Parafuso de cabeça cilíndrica ISO 1207 - M4 x 25 - 5.8

Parafusos





PARAFUSO ISO 1207								ISO 1580				rosca $b = L-a$			ISO 2009 e ISO 2010					rosca $b=L-(k+a)$	
ROSCA		CABEÇA C fenda						CABEÇA CL fenda				comprim. L		$b \leq 38$	CABEÇA F e FB					comp. L	
Md	P	dk	k	n	t	da	r	dk	k	n	t	Lmin	Lmax	amax	dk	k	n	t	rf	Lmin	Lmax
1,6	0,35					2,1	0,1	3,2	1	0,4	0,3	2	16	0,7	3	1	0,4	0,32	3	2,5	16
2	0,4					2,6	0,1	4	1,3	0,5	0,5	2,5	20	0,8	3,8	1,2	0,5	0,4	4	3	20
2,5	0,45	4,5	1,8	0,6		3,1	0,1	5	1,5	0,6	0,6	3	25	0,9	4,7	1.5	0,6	0,5	5	4	25
3	0,5	5,5	2	0,8		3,6	0,1	5,6	1,8	0,8	0,7	4	30	1	5,5	1,65	0,8	0,6	6	5	30
3,5	0,6	6	2,4	1	1	4,1	0,1	7	2,1	1,1	0,8	5	35	1,2	7,3	2,35	1	0,9	8,5	6	35
4	0,7	7	2,6	1,2	1,1	4,7	0,2	8	2,4	1,2	1	5	40	1,4	8,4	2,7	1,2	1	9,5	6	40
5	0,8	8,5	3,3	1,2	1,3	5,7	0,2	9,5	3	1,2	1,2	6	50	1,6	9,3	2,7	1,2	1,1	9,5	8	50
6	1	10	3,9	1,6	1,6	6,8	0,25	12	3,6	1,6	1,4	8	60	2	11,3	3,3	1,6	1,2	12	8	60
8	1,25	13	5	2	2	9,2	0,4	16	4,8	2	1,9	10	80	2,5	15,8	4,65	2	1,8	16,5	10	80
10	1,5	16	6	2,5	2,4	11,2	0,4	20	6	2,5	2,4	12	80	3	18,3	5	2,5	2	19,5	12	80

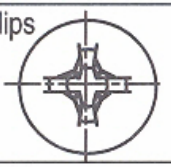
Parafusos de cabeça com fenda (para metais) - Grau A

Parafusos

PARAFUSOS COM OCO CRUCIFORME- PARA LIGAÇÕES METÁLICAS

ISO 4757 - OCO CRUCIFORME — Grau A

Tipo Philips **oco H**



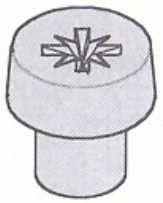
Tipo Pozidriv **oco Z**



DIÂMETRO NOMINAL Md	1,6	2	2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	10
Nº DO OCO CRUCIFORME	0	0	1	1	2	2	2	3	4	4

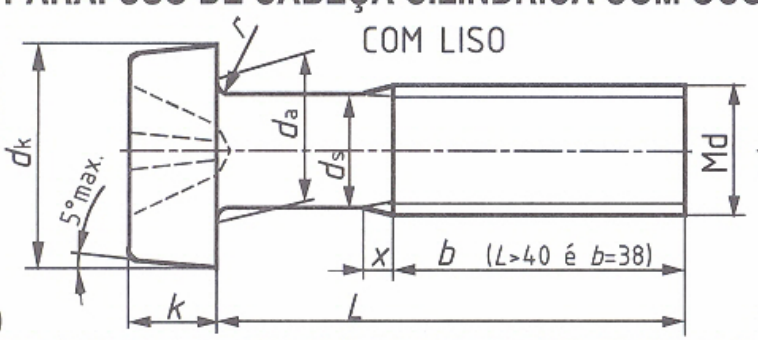
ISO 7048- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA COM OCO CRUCIFORME - C

Classe de material: 4.8 A2-50 A2-70

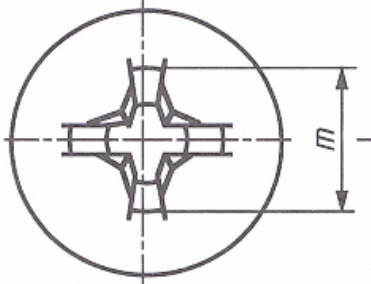


C

(Lmax=10d)

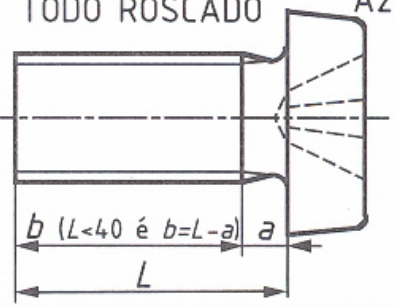


COM LISO



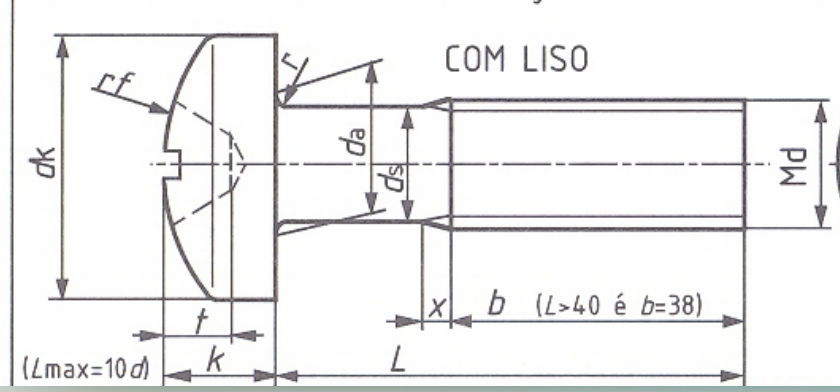
oco H ou oco Z

TODO ROSCADO

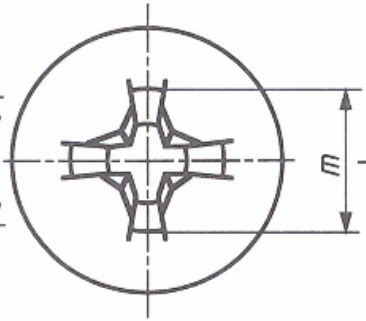


ISO 7045- PARAFUSO DE CABEÇA CILÍNDRICA BOLEADA LARGA COM OCO CRUCIFORME - CBL

Classe de material: 4.8 A2-50 A2-70

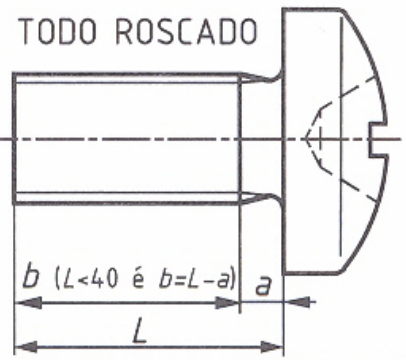


COM LISO

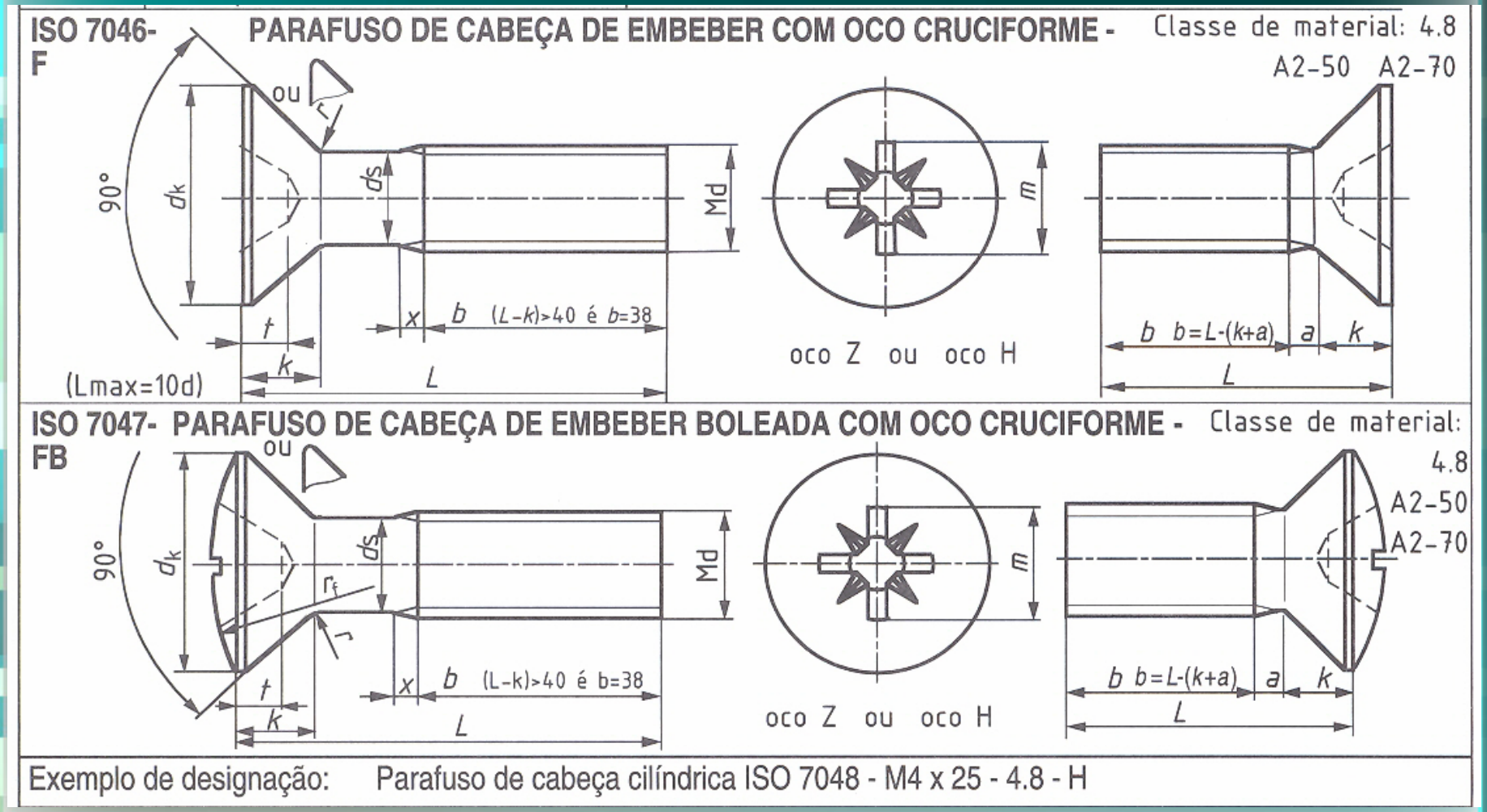


oco H ou oco Z

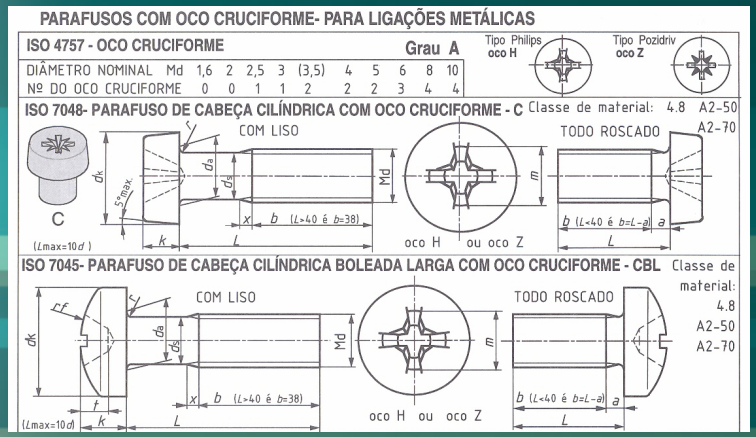
TODO ROSCADO

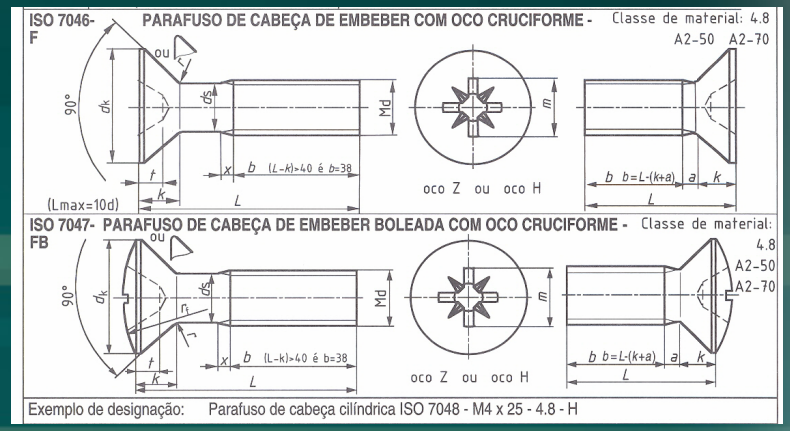


Parafusos


ISO 7046-F
PARAFUSO DE CABEÇA DE EMBEBER COM OCO CRUCIFORME -
Classe de material: 4.8
A2-50 A2-70
ou
90°
dk
ds
Md
m
t
x
b
(L-k)>40 é b=38
k
L
(Lmax=10d)
oco Z ou oco H
b
b=L-(k+a)
a
k
L
ISO 7047-FB
PARAFUSO DE CABEÇA DE EMBEBER BOLEADA COM OCO CRUCIFORME -
Classe de material:
4.8
A2-50
A2-70
ou
90°
dk
ds
Md
m
rf
r
t
x
b
(L-k)>40 é b=38
k
L
oco Z ou oco H
b
b=L-(k+a)
a
k
L
Exemplo de designação: Parafuso de cabeça cilíndrica ISO 7048 - M4 x 25 - 4.8 - H

Parafusos





PARAFUSOS		ISO 4757		ISO 7048			ISO 7045			rosca $b=L-a$			ISO 7046			ISO 7047			rosca $b=L-(k+a)$		
ROSCA	OCO	oco H	oco Z	CABEÇA C			CABEÇA CBL			comp.. L		$b \leq 38$	CABEÇA F			CABEÇA FB			comp. L		b≤38
Md	P	oco nº	m_H	m_Z	d_k	k	d_a	d_k	k	d_a	L_{min}	L_{max}	a_{max}	d_k	k	r	d_k	k	r_1	L_{min}	L_{max}	a_{max}
1,6	0,35	0	1,7	1,7	–	–	–	3,5	1,3	2,3	3	16	0,7	3,6	1	0,4	3,6	1	3	3	16	0,7
2	0,4	0	1,9	1,9	–	–	–	4	1,6	2,6	3	20	0,8	4,4	1,2	0,5	4,4	1,2	4	3	20	0,8
2,5	0,45	1	2,7	2,4	4,,5	1,8	3,1	5	2,1	3,1	3	25	0,9	5,5	1,5	0.6	5,5	1,5	5	3	25	0,9
3	0,5	2	3,5	3,5	5,5	2	3,6	5,6	2,4	3,6	4	30	1	6,3	1,65	0,8	6,3	1,65	6	4	30	1
3,5	0,6	2	3,8	3,7	6	2,4	4,1	7	2,6	4,1	5	35	1,2	8,2	2,35	0,9	8,2	2,35	8,5	5	35	1,2
4	0,7	2	4,1	4	7	2,6	4,7	8	3.1	4,7	5	40	1,4	9,4	2,7	1	9,4	2,7	9,5	5	40	1,4
5	0,8	2	4,8	4,6	8,5	3,3	5,7	9,5	3,7	5,7	6	45	1,6	10,4	2,7	1,3	10,4	2,7	9,5	6	50	1,6
6	1	3	6,2	6,1	10	3,9	6,8	12	4,6	6,8	8	60	2	12,6	3,3	1,5	12,6	3,3	12	8	60	2
8	1,25	3	7,7	7,5	13	5	9,2	16	6	9,2	10	80	2,5	17,3	4,65	2	17,3	4,65	16,5	10	60	2,5
10	1,5	4	9	8,8	–	–	–	20	7,5	11,2	12	80	3	20	5	2,5	20	5	19,5	12	60	3

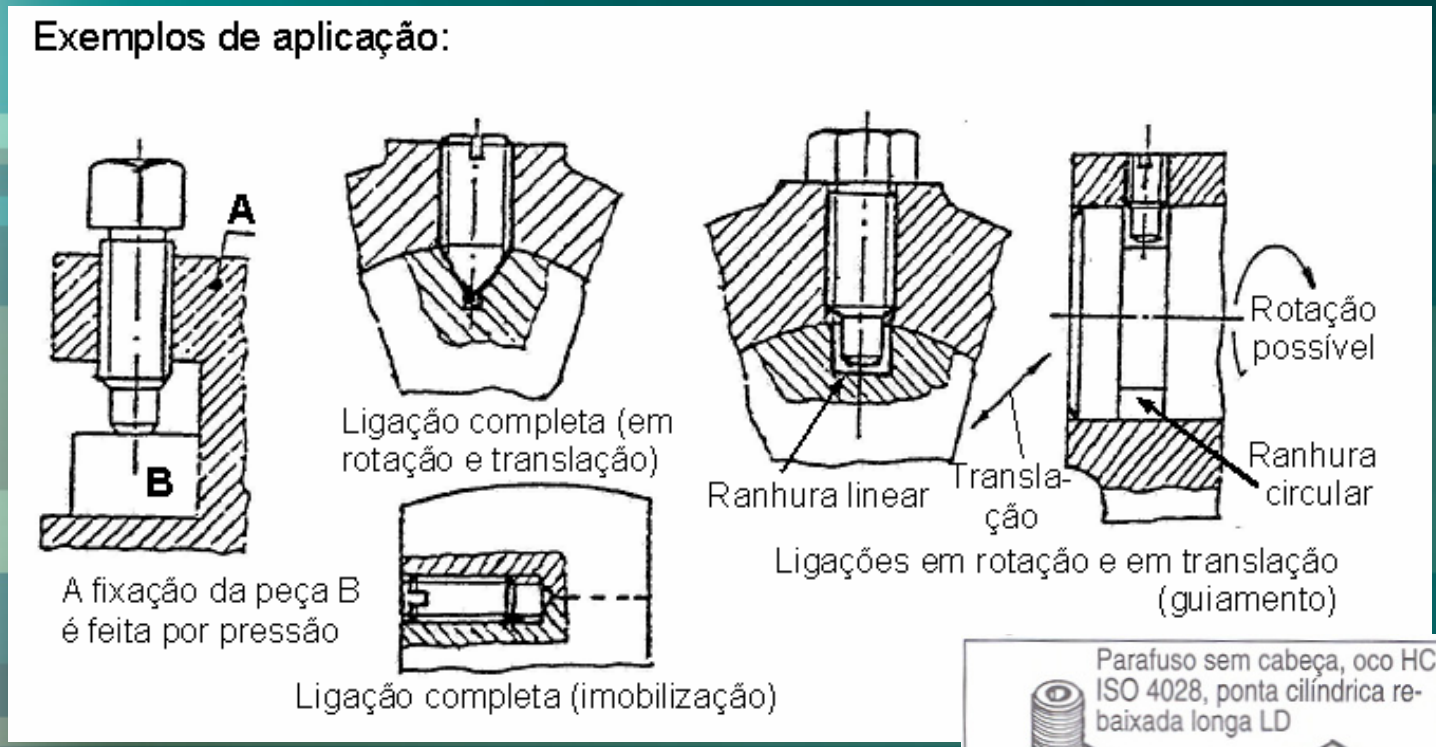
Parafusos de cabeça com oco cruciforme

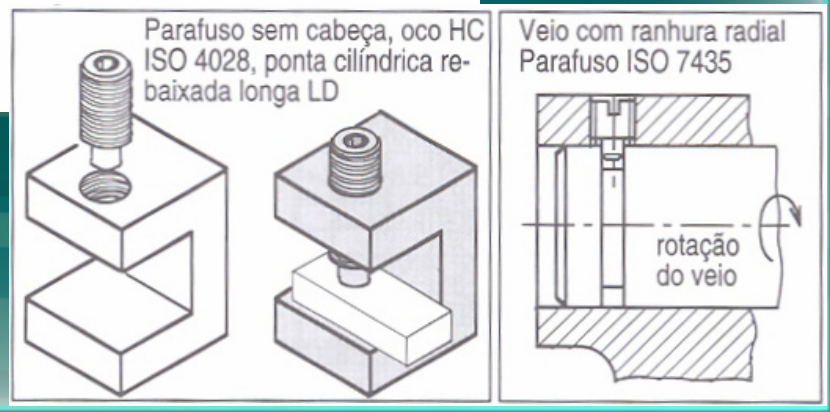
Parafusos

- Parafusos **de pressão e de guiamento** (“set screws”):
  - Para **aplicações especiais** (ex.: fixação por pressão, guiamento, regulação, etc.) , utilizam-se parafusos com pontas de características apropriadas.
  - As **pontas têm formas apropriadas** ao funcionamento pretendido (pontas rebaixadas, chanfradas, cavadas, etc.).
  - As **cabeças destinam-se, apenas, à manobra dos parafusos**. Logo, as suas **dimensões são reduzidas ou pode mesmo não haver cabeça**.
  - O **corpo (ou espiga) é, em geral, roscado ao longo de todo o seu comprimento**, sendo habitual haver uma gola junto à cabeça. A rosca é métrica de perfil ISO.
  - O comprimento dos parafusos deve ser escolhido de entre a série de comprimentos normalizados até 160 mm.
  - **Por vezes, as pontas têm tratamentos especiais** (endurecimento por têmpera) para melhor poderem satisfazer as funções mecânicas que lhes são impostas.

Parafusos

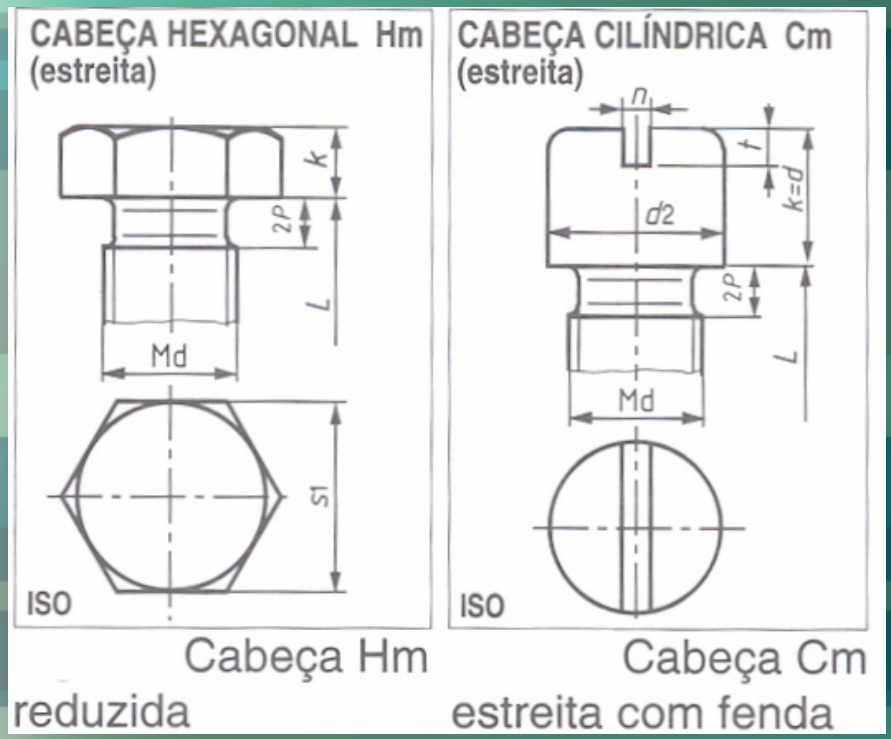
- Parafusos de pressão e de guiamento (“set screws”):





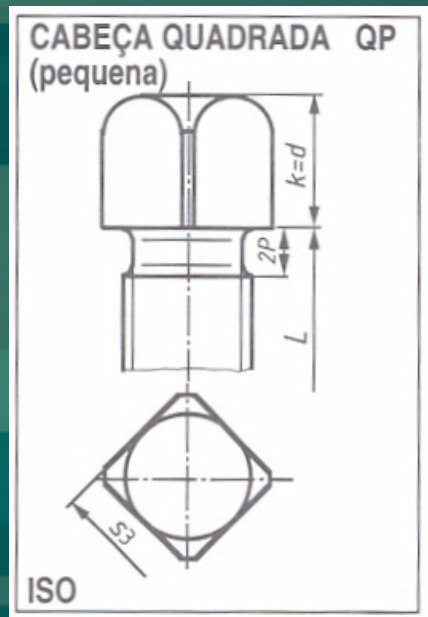
Parafusos

- Parafusos de pressão e de guiamento (“set screws”):

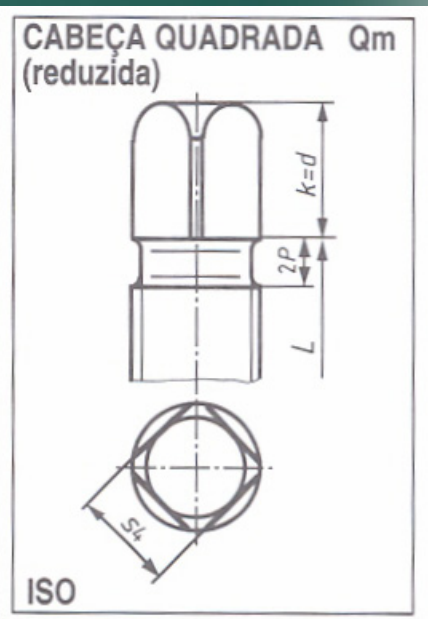


Cabeça Hm reduzida

Cabeça Cm estreita com fenda



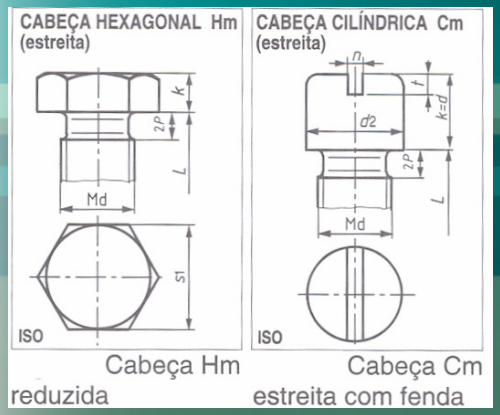
Cabeça QP quadrada

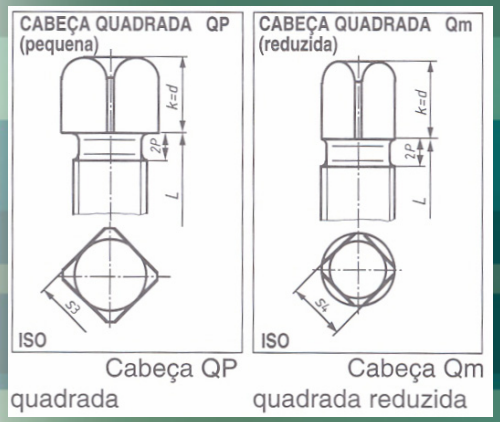


Cabeça Qm quadrada reduzida

Parafusos

- Parafusos de pressão e de guiamento (“set screws”):





Cabeças:	Hm			Cm			QP	Qm
Md	P	b	s1	n	t	d2	s3	s4
2	0,4			0,6	1	4,5	3,2	2,2
2,5	0,45			0,6	1,2	6	4	3,2
3	0,3			0,8	1,4	7	5	4
4	0,7			1	1,6	9	6	5
5	0,8			1,2	2,2	11	8	6
6	1	4	8	1,6	2,4	14	10	8
8	1,25	5,5	11	2	3,2	18	13	10
10	1,5	7	13	2	4	20	17	11
12	1,75	8	17	2,5	4	22	17	13
16	2	10	22	3	5	24	19	13
20	2,5	13	27	3	5	27	22	17
24	3	15	32	4	6	30	24	17

Em desenho de conjunto, a representação de artigos normalizados pode ser simplificada e usar valores aproximados.

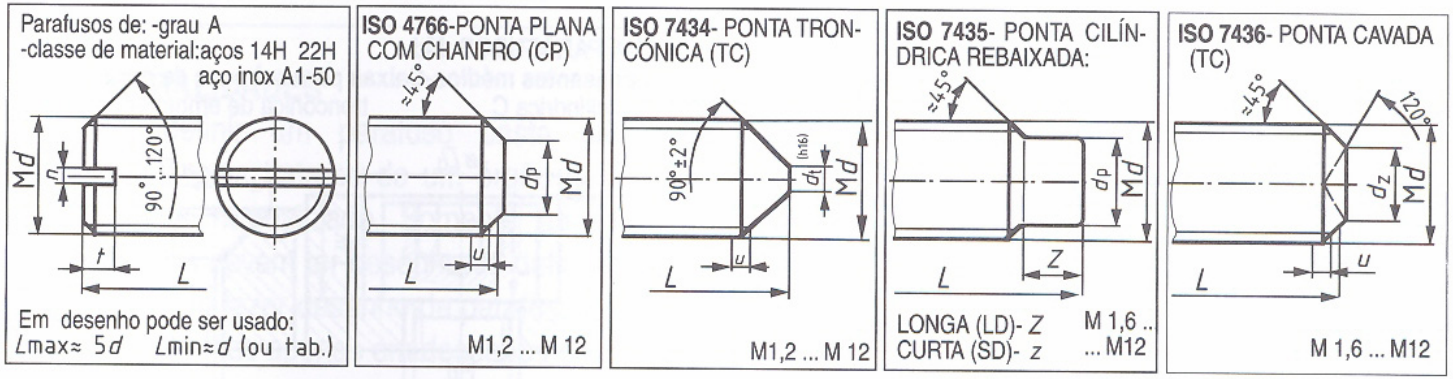
O local do alojamento de artigos tem de ser completo, nos desenhos de definição de peças das máquinas.

Comprimentos: $L = 2$ 2,5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 70 80 90 100... js 15

Parafusos

- Parafusos de pressão e de guiamento (“set screws”):

PONTAS DE PARAFUSOS SEM CABEÇA- COM FENDA



Rosca		fenda		ISO 4766			ISO 7434			ISO 7435					ISO 7436		
Md	P	n	t	dp	Lmin	Lmax	d t	Lmin	Lmax	dp	z	Z	Lmin	Lmax	dz	Lmin	Lmax
1,2	0,25	0,2	0,4	0,6	2	6	0,12	2	6	–	–	–	–	–	–	–	–
1,6	0,35	0,25	0,56	0,8	2	8	0,16	2	8	0,8	0,65	1,05	2,5	8	0,8	2	8
2	0,4	0,25	0,64	1	2	10	0,2	3	10	1	0,75	1,25	3	10	1	2,5	10
2,5	0,45	0,4	0,72	1,5	2,5	12	0,25	3	12	1,5	0,88	1,5	4	12	1,2	3	12
3	0,5	0,4	0,8	2	3	16	0,3	4	16	2	1	1,75	5	16	1,4	3	16
3,5	0,6	0,5	0,96	2,2	4	20	0,35	5	20	2,2	2,5	2	5	20	1,7	4	20
4	0,7	0,6	1,12	2,5	4	20	0,4	6	20	2,5	1,25	2,25	6	20	2	4	20
5	0,8	0,8	1,28	3,5	5	25	0,5	8	25	3,5	1,5	2,75	8	25	2,5	5	25
6	1	0,1	1,6	4	6	30	1,5	8	30	4	1,75	3,25	8	30	3	6	40
8	1,25	1,2	2	5,5	8	40	2	10	40	5,5	2,25	4,3	10	40	5	8	50
• 10	1,5	1,6	2,4	7	10	50	2,5	12	50	7	2,75	5,3	12	50	6	10	60
12	1,75	2	2,8	8,5	12	60	3	14	60	8,5	3,25	6,3	14	60	8	12	60

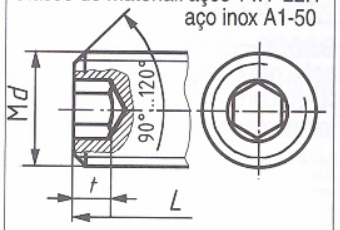
Parafusos sem cabeça com fenda; pontas dos parafusos

Parafusos

- Parafusos de pressão e de guiamento (“set screws”):

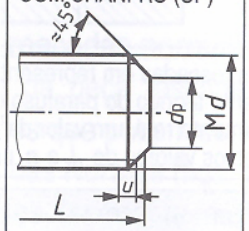
PONTAS DE PARAFUSOS SEM CABEÇA- COM OCO HEXAGONAL

PARAFUSOS: Grau A
Classe de material: aços 14H 22H aço inox A1-50

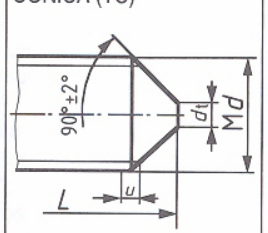


Em desenho pode-se usar:
Lmax≈ 5d Lmin≈d (ou tab.)

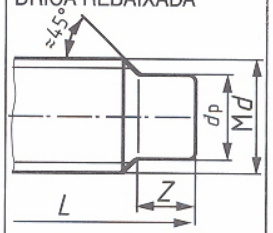
ISO 4026-PONTA PLANA COM CHANFRO (CP)



ISO 4027- PONTA TRONCÓNICA (TC)

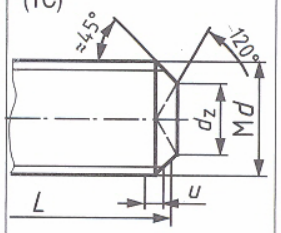


ISO 4028- PONTA CILÍNDRICA REBAIXADA



LONGA (LD)- Z
CURTA (SD)- z

ISO 4029- PONTA CAVADA (TC)



Rosca		oco H		ISO 4026			ISO 4027			ISO 4028					ISO 4029		
Md	P	t	s	dp	Lmin	Lmax	dt	Lmin	Lmax	dp	z	Z	Lmin	Lmax	dz	Lmin	Lmax
1,6	0,35	0,7	0,7	0,80	2	8	0,4	2	8	0,80	0,65	1,05	2	8	0,80	2	8
2	0,4	0,8	0,9	1,00	2	10	0,5	2	10	1,00	0,75	1,25	2,5	10	1,00	2	10
2,5	0,45	1,2	1,3	1,50	2,5	12	0,65	2,5	12	1,50	0,88	1,5	3	12	1,50	2,5	12
3	0,5	1,2	1,5	2,00	3	16	0,75	3	16	2,00	1	1,75	4	16	2,00	3	16
4	0,7	1,5	2	2,50	4	20	1	4	20	2,50	1,25	2,25	5	20	2,50	4	20
5	0,8	2	2,5	3,50	5	25	1,25	5	25	3,50	1,5	2,75	6	25	3,50	5	25
6	1	2	3	4,00	6	30	1,5	6	30	4,00	1,75	3,25	8	30	4,00	6	30
8	1,25	3	4	5,50	8	40	2	8	40	5,50	2,25	4,3	8	40	5,50	8	40
10	1,5	4	5	7,00	10	50	2,5	10	50	7,00	2,75	5,3	10	50	7,00	10	50
12	1,75	4,8	6	8,50	12	60	3	12	60	8,50	3,25	6,3	12	60	8,50	12	60
16	2	6,4	8	12,0	16	60	4	16	60	12,0	4,3	8,36	16	60	12,0	16	60
20	2,5	8	10	15,0	20	60	5	20	60	15,0	5,3	10.36	20	60	15,0	20	60
24	3	10	12	18,0	25	60	6	25	60	18,0	6,3	12,43	25	60	18,0	25	60

Parafusos sem cabeça com oco hexagonal HC

Pernos

PERNO DIN -Grau A (Grau B para $d > 24$)

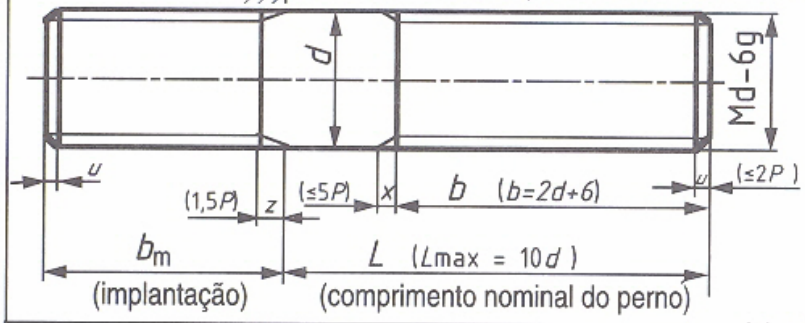
Classe material: Aços: 5.6 8.8 10.9

Perno

RAIZ

O perno com rosca produzida por corte, tem: $d_s = d$

CORPO (como parafuso ISO 4014)



Para implantar em materiais:

Raiz curta	$b_m = 1d$	DIN 938 duros
Raiz média	$b_m = 1{,}25d$	DIN 939 semiduro
Raiz longa	$b_m = 2d$	DIN 835 macios

PERNOS DIN -Grau A

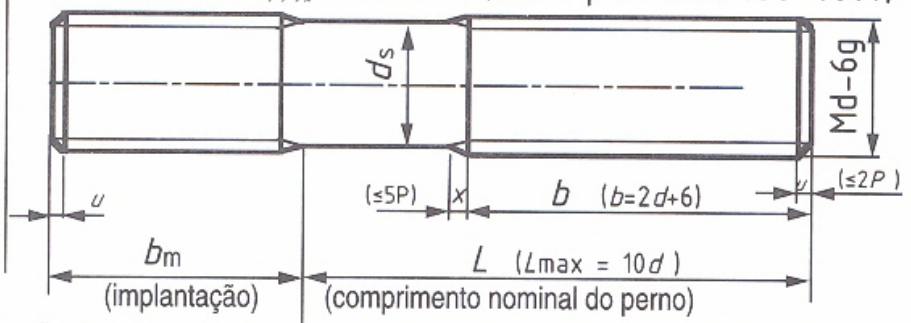
Classe material: Aços: 5.6 8.8 10.9 Aços inox. A2-50 A4-50

Perno

RAIZ

O perno com rosca produzida por laminagem, tem: $d_s = d - 0{,}65P$

CORPO (como parafuso ISO 4014)



A implantação da raiz do perno inclui os filetes incompletos

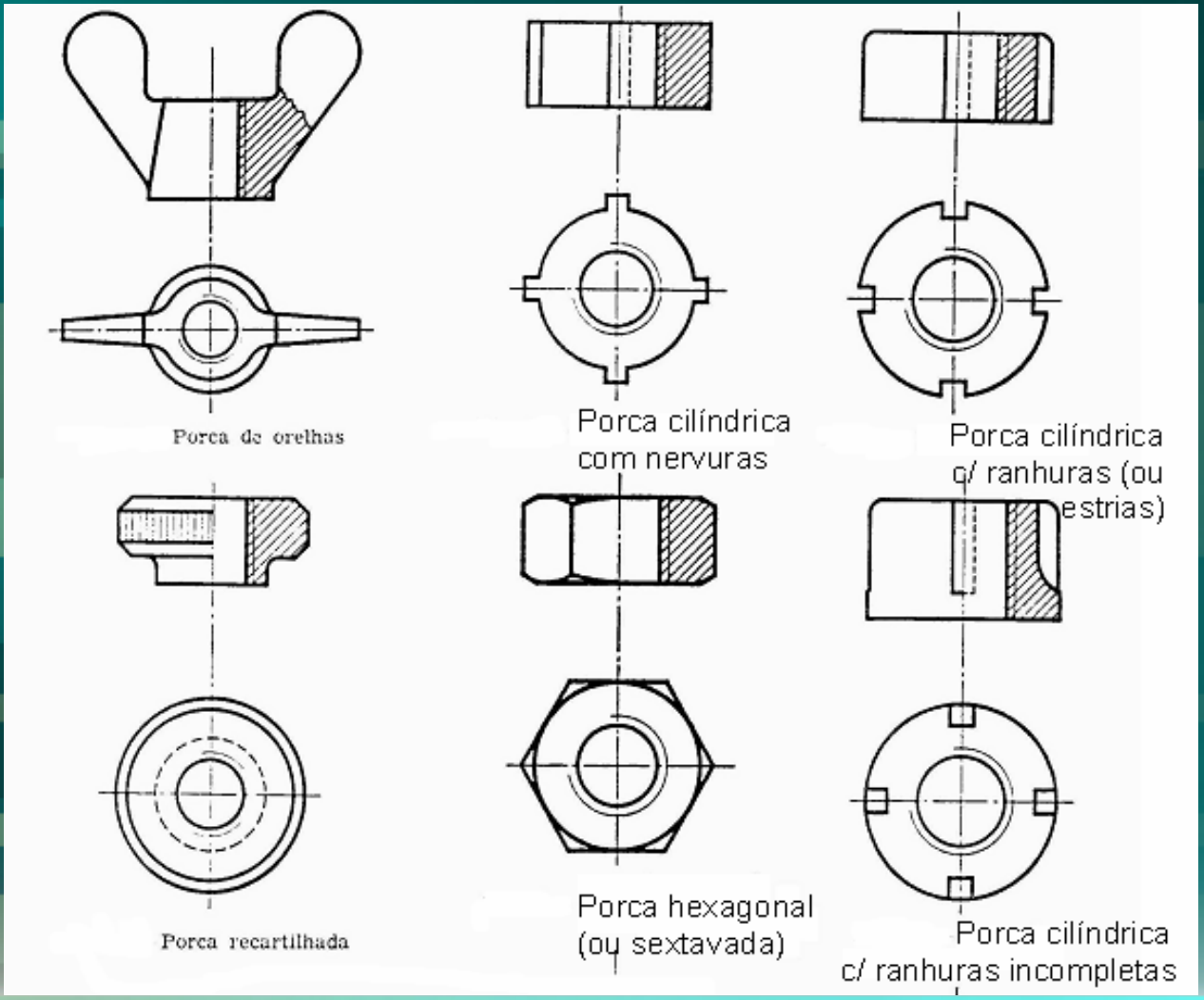
O corpo do perno corresponde ao corpo de um parafuso com igual diâmetro nominal (tabelas anteriores)

Exemplo de designação: **Perno M10 x 1,25 x 70 DIN 835 - 8.8**

é um perno de raiz longa (b_m= 20) e corpo de L=70, rosca de passo fino (P=1,25) e b=32

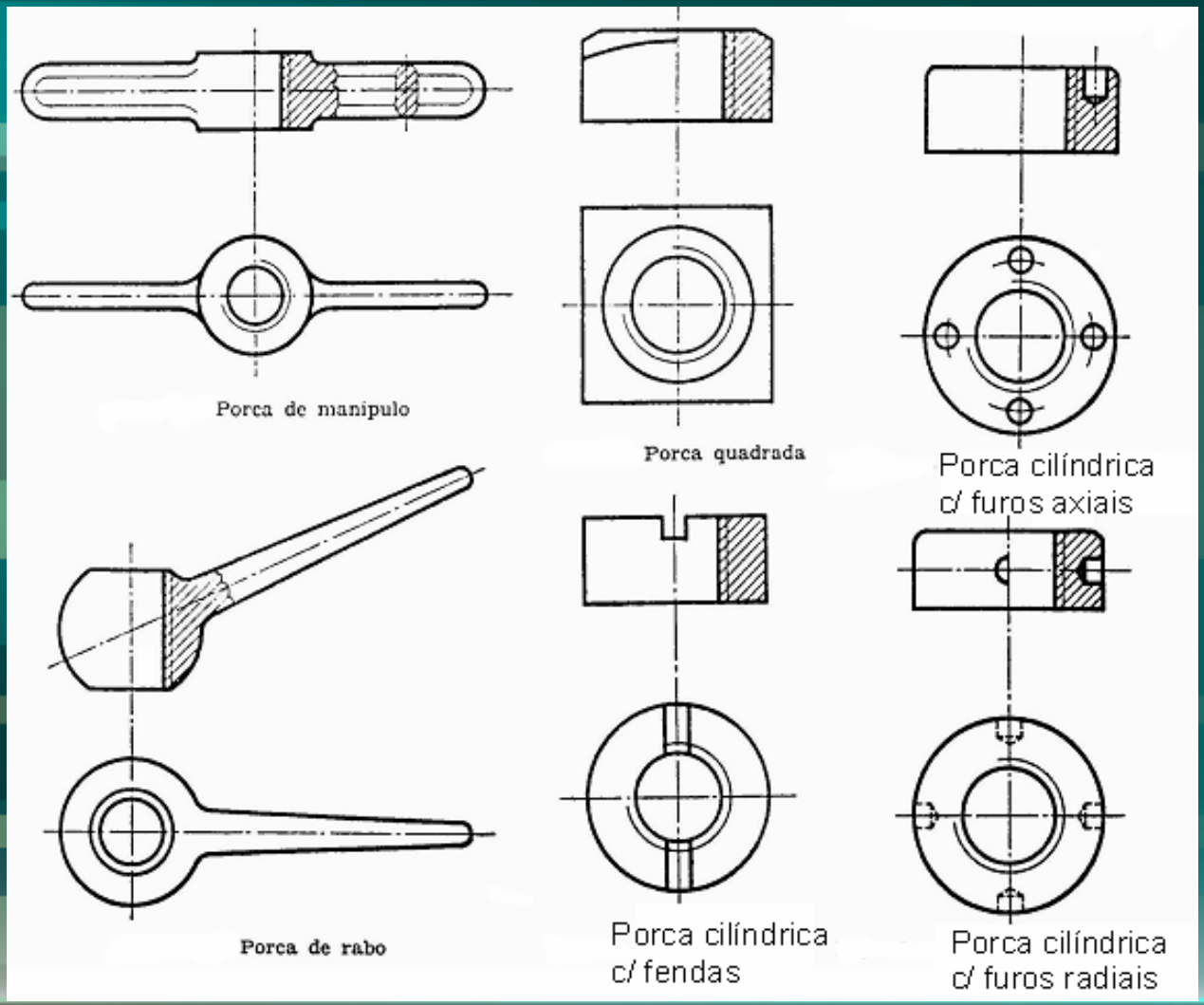
Porcas

- Nomenclatura:



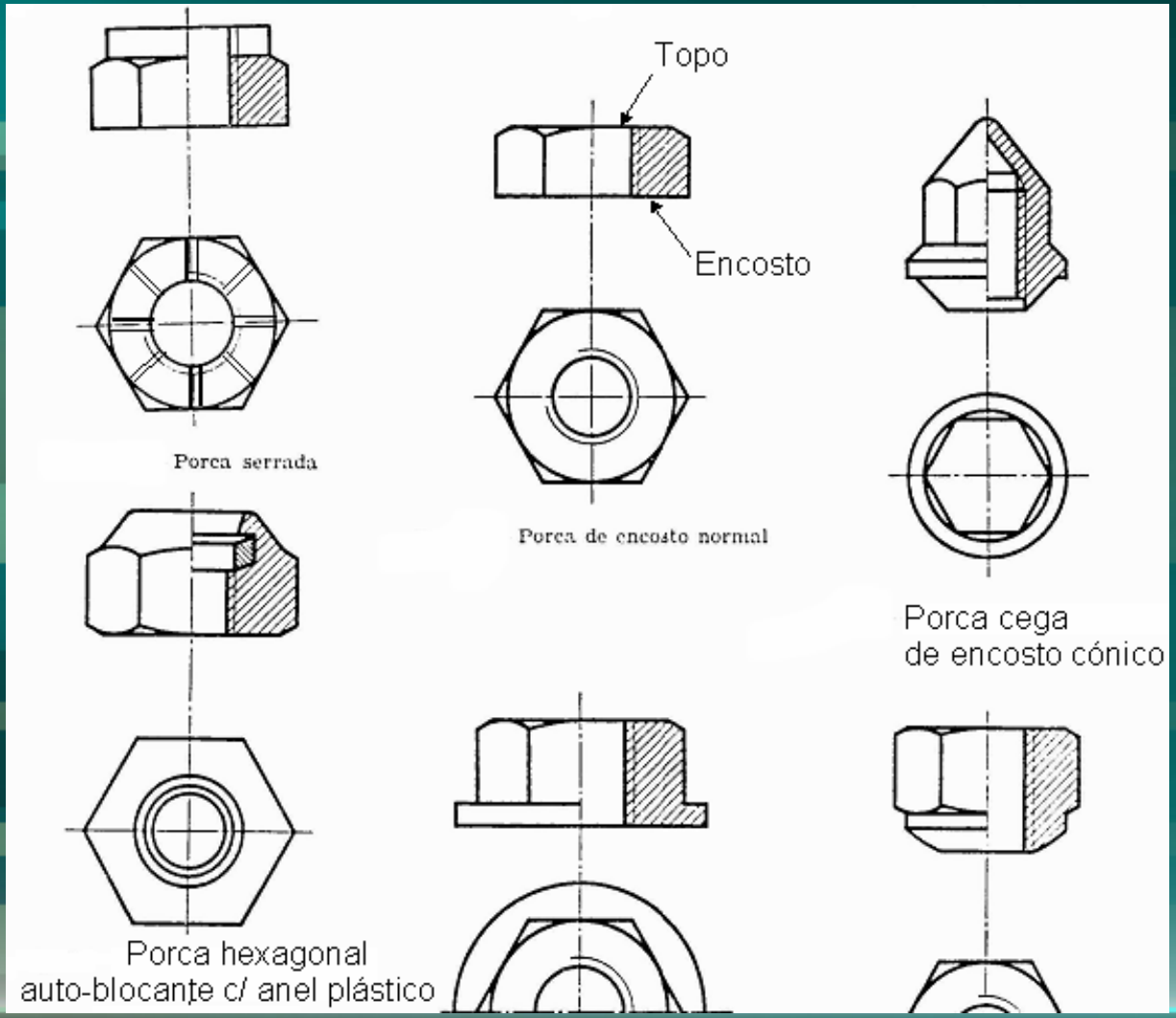
Porcas

- Nomenclatura:



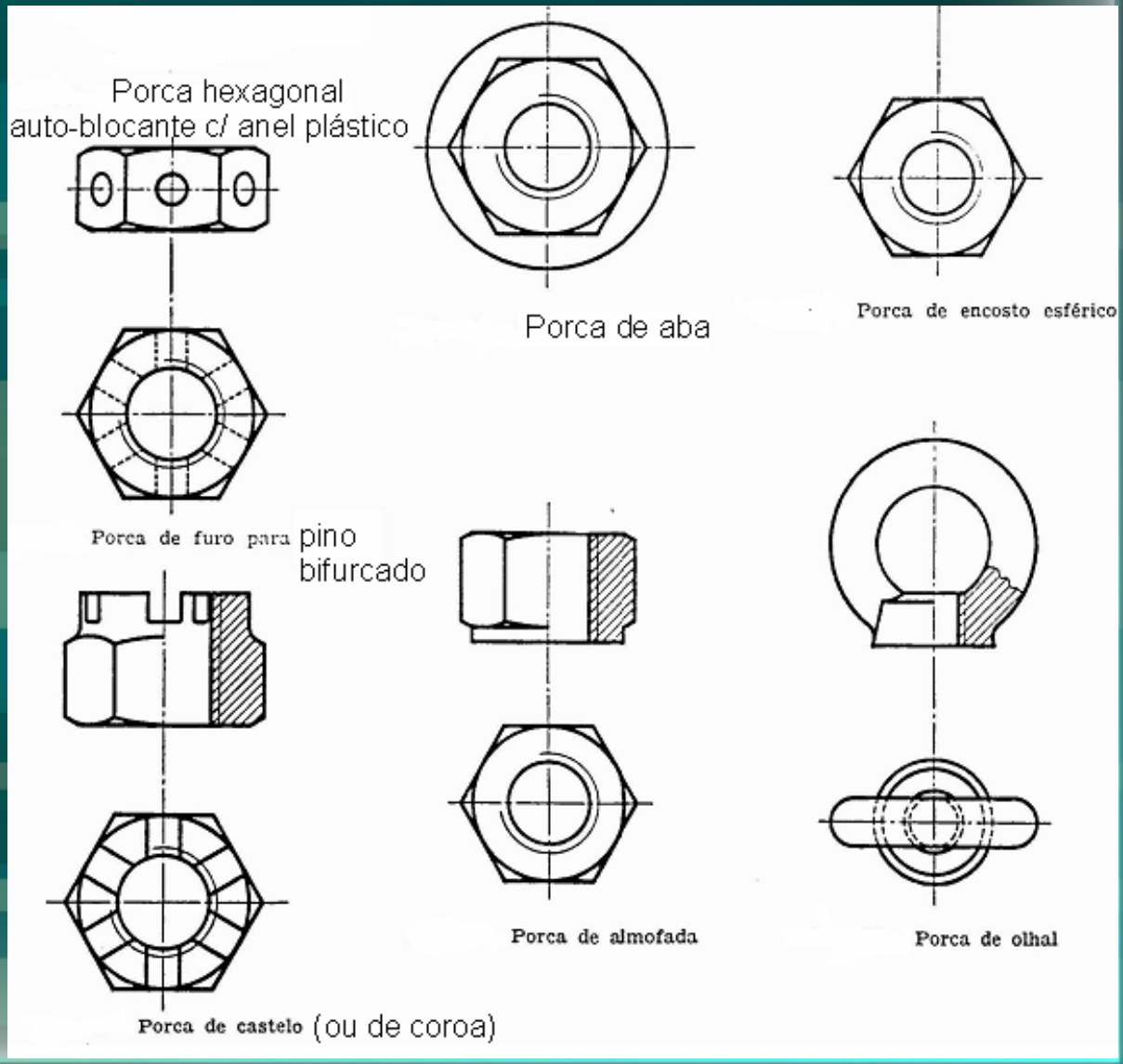
Porcas

- Nomenclatura:



Porcas

- Nomenclatura:



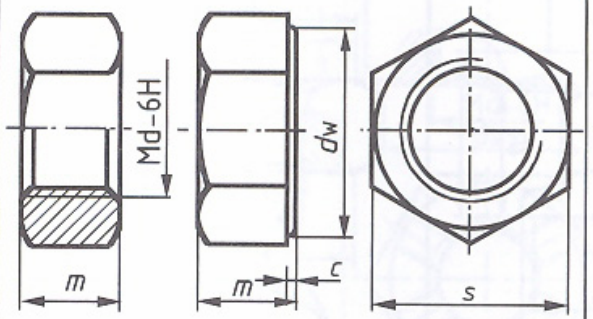
Porcas

PORCAS HEXAGONAIS DE PASSO GROSSO E DE PASSO FINO

PORCAS HEXAGONAIS (ou PORCAS H): PASSO GROSSO

ISO 4032 - Graus A (para $d \leq 16$) B (para $d > 16$)

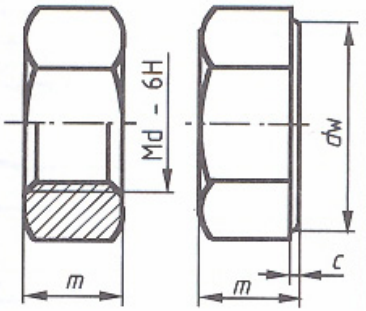
Estilo 1



Classe material:
Aços: 6 8 10
Aços inox. A2-70 e A4-70

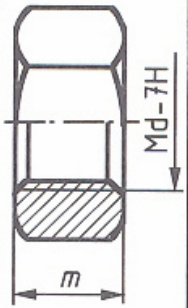
ISO 4033 Graus A (d≤16) B (d>16)

Estilo 2



Classe de material:
Aços: 9 12

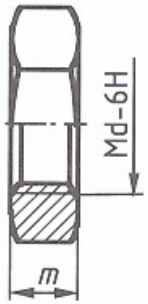
ISO 4034 - Grau C



Classe material: 4 5

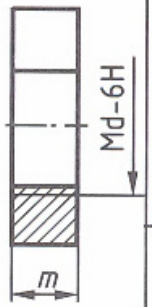
PORCAS BAIXAS

ISO 4035 -Graus A /B com chanfro



Classe material:
04 05
A2-035
A4-035(para d≤24)

ISO 4036 -Grau B sem chanfro



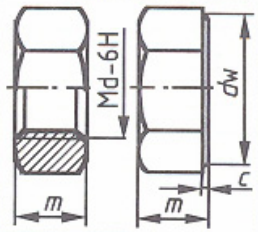
Classe material:
110 HV30

Ex.: Porca hexagonal ISO 4032-M10-8

PASSO FINO

ISO 8673-estilo 1 (igual a ISO 4032)

ISO 8674-estilo 2 (igual a ISO 4033)

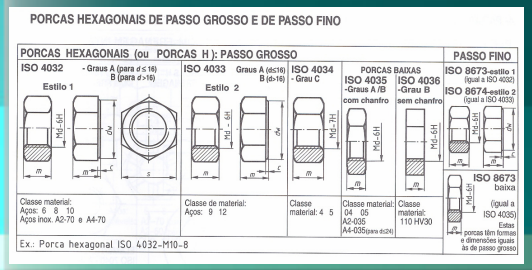


ISO 8673 baixa (igual a ISO 4035)



Estas porcas têm formas e dimensões iguais às de passo grosso

Porcas



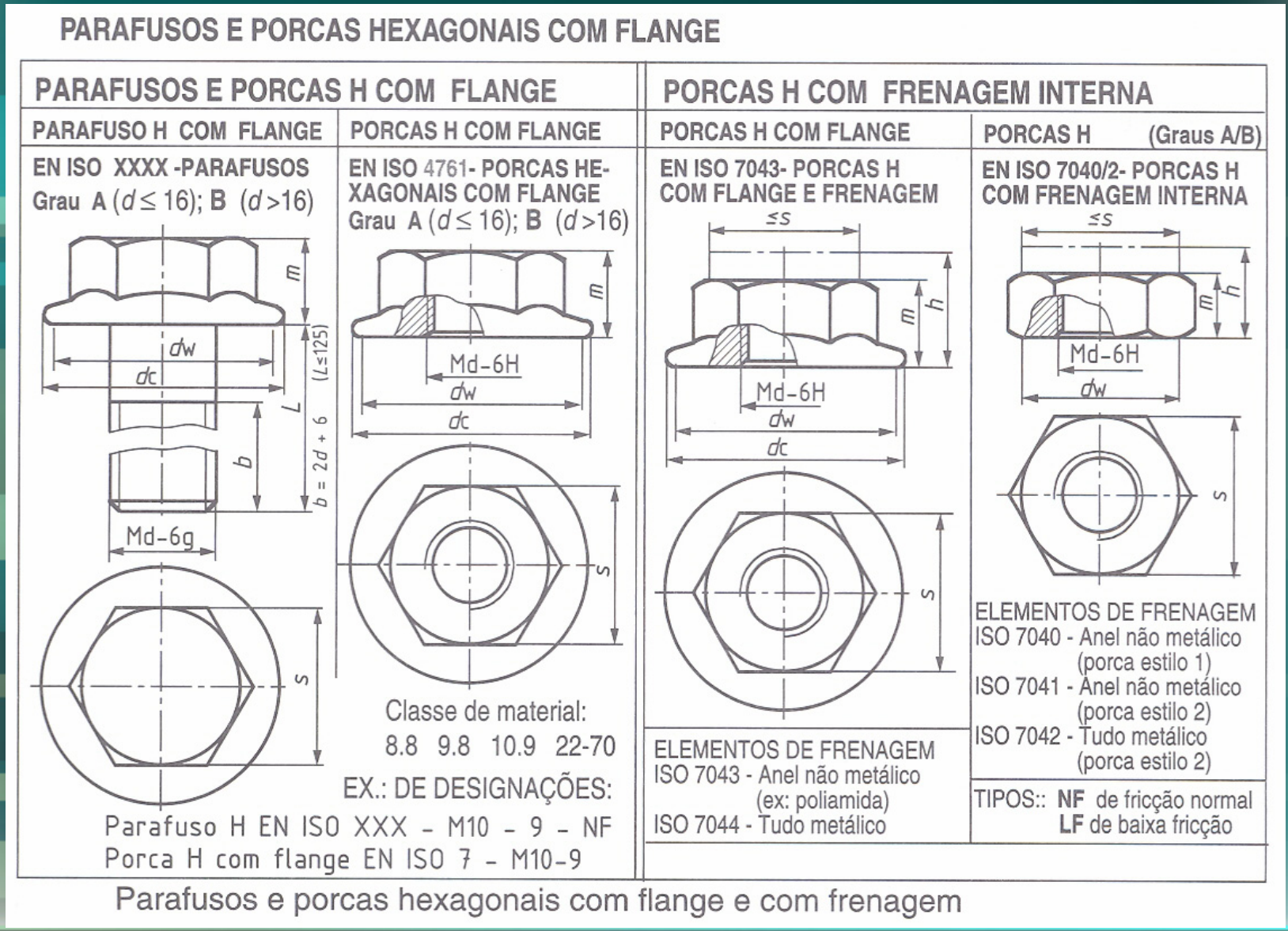
DIÂM. NOM. Md	PASSO GROSS P	PORCA HEXAGN Graus A / B s nom.	dw min.	c max.	ISO 4032 Grau A/B estilo 1 m	ISO 4033 Grau A/B estilo 2 m	ISO 4034 Grau C m	ISO 4035 Grau A/B PORCAS BAIXAS m	ISO 4036 Grau B m
1,6	0,35	3,2	2,4	0,2	1,3	–	–	1	1
2	0,4	4	3,1	0,2	1,6	–	–	1,2	1,2
2,5	0,45	5	4,1	0,3	2	–	–	1,6	1,6
3	0,5	5,5	4,6	0,4	2,4	–	–	1,8	1,8
3,5	0,6	6	5,0	0,4	2,8	–	–	2	2
4	0,7	7	5,9	0,4	3,2	–	–	2,2	2,2
5	0,8	8	6,9	0,5	4,7	5,1	5,6	2,7	2,7
6	1	10	8,9	0,5	5,2	5,7	6,1	3,2	3,2
8	1,25	13	11,6	0,6	6,8	7,5	7,9	4	4
10	1,5	16	14,6	0,6	8,4	9,3	9,5	5	5
12	1,75	18	16,6	0,6	10,8	12	12,2	6	–
14	2	21	19,6	0,6	12,8	14,1	13,9	7	–
16	2	24	22,5	0,8	14,8	16	15,9	8	–
18	2,5	27	24,9	0,8	15,8	–	16,9	9	–
20	2,5	30	27,7	0,8	18	20	19	10	–
22	2,5	34	31,4	0,8	19,4	–	20,2	11	–
24	3	36	33,3	0,8	21,5	24	22,3	12	–
27	3	41	38,0	0,8	23,8	–	24,7	13,5	–
30	3,5	46	42,8	0,8	25,6	30	26,4	15	–
33	3,5	50	46,6	0,8	27,8	–	29,5	16,5	–
36	4	55	51,1	0,8	31	36	31,5	18	–
39	4	60	55,9	1	33,4	–	34,3	19,5	–
42	4,5	65	60,0	1	34	–	34,9	21	–
45	4,5	70	64,7	1	36	–	36,9	22,5	–
48	5	75	69,5	1	38	–	38,9	24	–
52	5	80	74,2	1	42	–	42,9	26	–
56	5,5	85	78,7	1	45	–	45,9	28	–
60	5,5	90	83,4	1	48	–	48,9	30	–
64	6	95	88,2	1	51	–	52,4	32	–

Porcas H de passo grosso

DIÂMETRO NOMINAL PASSOS FINOS Md x P	ISO 8673 Grau A/B estilo 1 m	ISO 8674 Grau A/B estilo 2 m	ISO 8675 Grau A/B P.BAIXA m
8 x 1	6,8	7,5	4
10 x 1; 10 x1,25	8,4	9,3	5
12 x 1,5; 12 x 1,25	10,8	12	6
14 x 1,5	12,8	14,1	7
16 x 1,5	14,8	16,4	8
18 x 1,5	15,8	17,6	9
20 x 1,5; 20 x 2	18	20,3	10
22 x 1,5	19,4	21,8	11
24 x 2	21,5	23,9	12
27 x 2	23,8	26,7	13,5
30 x 2	25,6	28,6	15
33 x 2	28,7	32,5	16,5
36 x 3	31	34,7	18
39 x 3	33,4	–	19,5
42 x 3	34	–	21
45 x 3	36	–	22,5
48 x 3	38	–	24
52 x 4	42	–	26
56 x 4	45	–	28
60 x 4	48	–	30
64 x 4	51	–	32

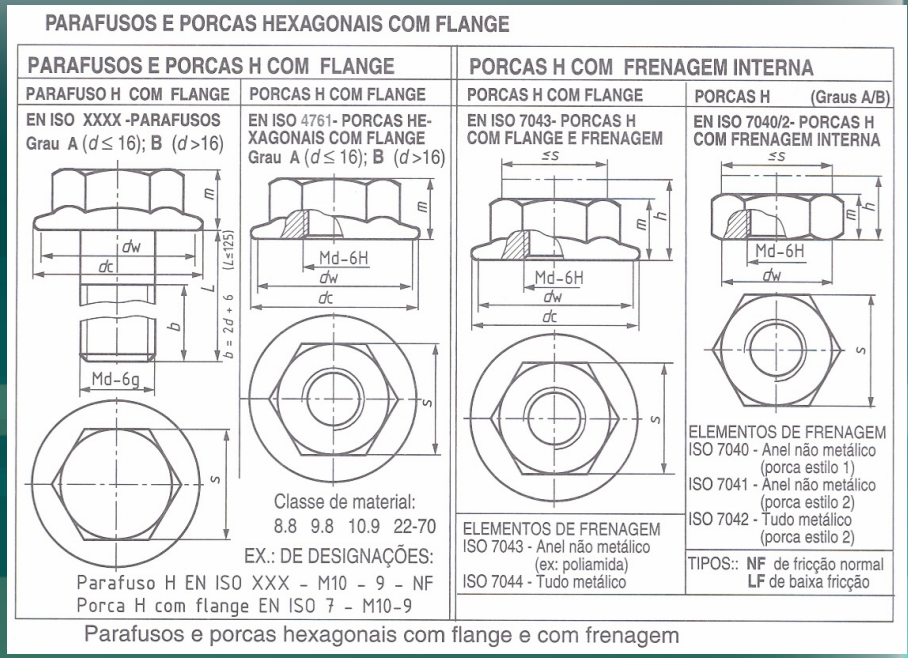
Porcas H de passo fino

Porcas



Parafusos e porcas hexagonais com flange e com frenagem

Porcas



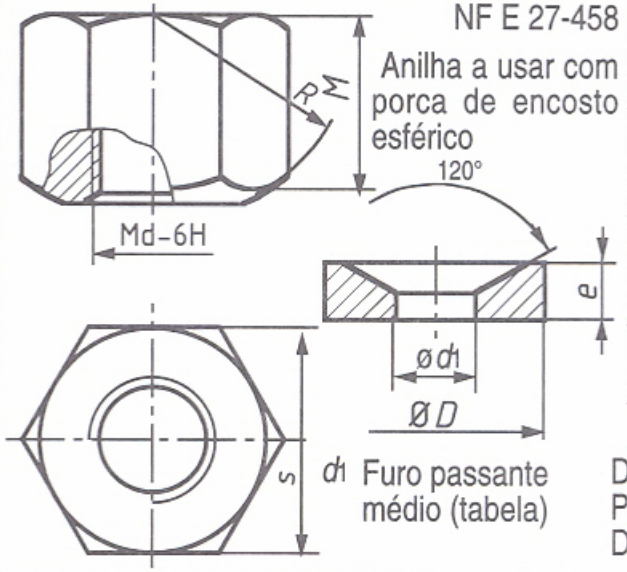
Parafusos e porcas hexagonais com flange e com frenagem

DIÂM. NOM. Md	PAS GROS P	PARAFUSO COM FLANGE ISO s largo	s peq.	dw min.	dc max.	k max.	L min.	L max	PORCA H C/ FLG s nom.	dw min.	dc max.	ISO 7043 m	h	ISO 7041/2 estilo 2 m	h	ISO 7040 estilo 1 m	h	PORCAS PASSOS FINOS MdxP
5	0,8	8	7	9,8	11,8	5,8	25	50	8	9,8	11,8	4,7	7,1	4,8	7,2	4,4	6,8	—
6	1	10	8	12,2	14,2	6,6	30	60	10	12,2	14,2	5,7	9,1	5,4	8,5	4,9	8,0	—
8	1,25	13	10	15,8	18	8,1	35	80	13	15,8	17,9	7,6	11,1	7,14	10,2	6,4	9,5	8 x 1
10	1,5	16	13	19,6	22,3	10,4	40	100	16	19,6	21,8	9,6	13,5	8,94	12,8	8,0	11,9	10 x 1; 10 x1,25
12	1,75	18	16	23,8	26,6	11,8	46	120	18	23,8	26	11,6	16,1	11,57	16,1	10,4	14,9	12 x 1,5; 12x1,25
14	2	21	18	27,6	30,5	13,7	50	140	21	27,6	29,9	13,3	18,2	13,4	18,3	12,1	17,0	14 x 1,5
16	2	24	21	31,9	35	15,4	55	160	24	31,9	34,5	15,3	20,3	15,7	20,7	14,1	19,1	16 x 1,5
20	2,5	30	27	39,9	43	18,9	65	200	30	39,9	42,8	18,9	24,8	19,0	25,1	16,9	22,6	20 x 1,5

Porcas, parafusos hexagonais de flange com frenagem; passos grosso e fino

Porcas

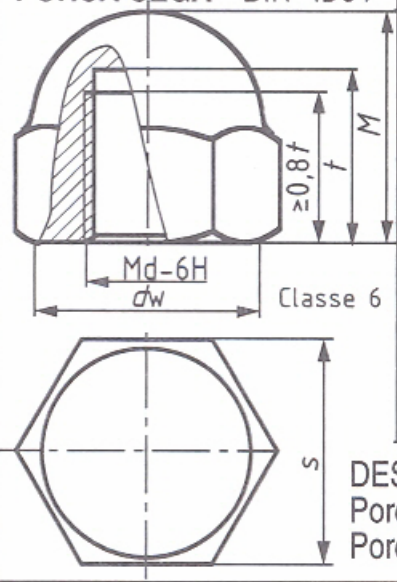
PORCA DE ENCOSTO ESFÉRICO DIN 6330
NF E 27-458



Md	s	M	R	D	e
5	8	5	7	15	2,5
6	10	8	14	17	4
8	13	11	14	23	5
10	16	13	22	28	5
12	18	15	22	35	6
14	21	18	30	40	6
16	24	21	30	45	7
20	30	25	44	50	8
24	36	29	44	60	10
30	46	35	66	68	10
36	55	41	66	80	12

DESIGNAÇÃO:
Porca de encosto esférico
DIN 6330 - M10-6

PORCA CEGA DIN 1587



Md; Mdx P	s	M	t	m
4	7	8	5,5	3,2
5	8	10	7,5	4
6	10	12	8	5
8; 8x1	13	15	11	6,5
10;10x1,25	17	18	13	8
12;12x1,5	19	22	16	10
14;14x1,5	22	25	18	11
16;16x1,5	24	28	21	13
18; 18x2	27	32	25	15
20; 20x2	30	34	26	16
22; 22x2	32	39	29	18
24; 24x2	36	42	31	19

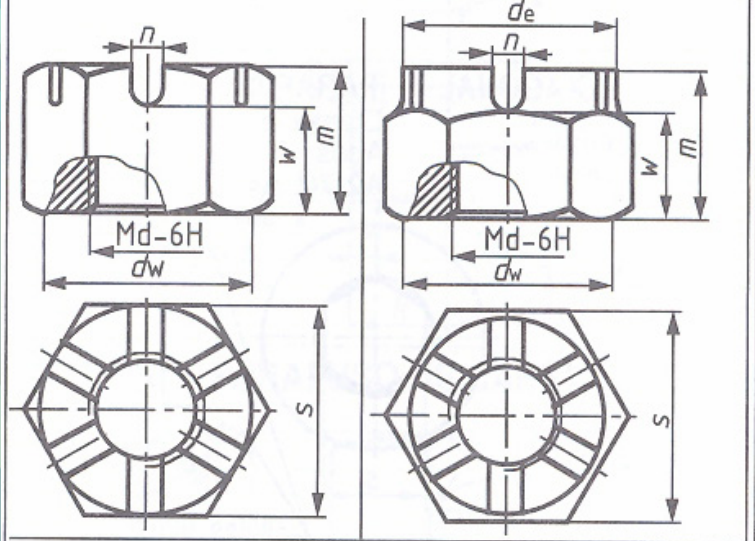
DESIGNAÇÃO:
Porca cega DIN 1587-M10-6
Porca cega -NF E 27-453 M10-6

Porca hexagonal de base esférica e porca hexagonal cega

Porcas

PORCAS H DE CASTELO (OU DE COROA)

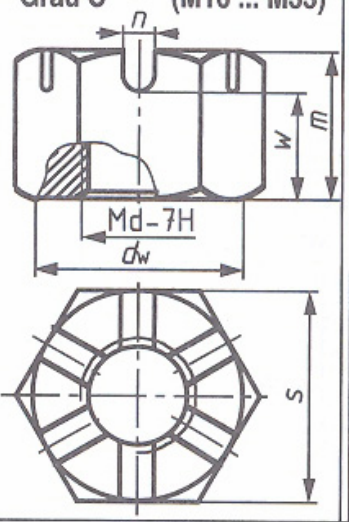
PORCAS DE CASTELO (de coroa) Grau A (para ≤ M16)
ISO 288 (DIN 935) Grau B > M16



Classe de material: Aços: 6 8 10
aços inoxidáveis: A2–70 (para ≤ M20)
A2–50 (para ≤ M20)
ligas de cobre: CU2 CU3

Exemplo de designação:
Porca de castelo ISO 288 - M10-8

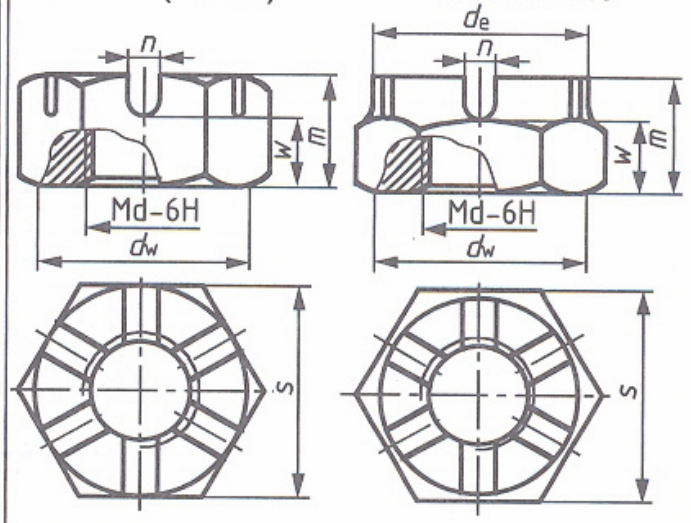
PORCAS DE CASTELO
ISO 288 (DIN 935)
Grau C (M16 ... M33)



Classe de material:
Aços:
5 (para ≤ M16)
4 (para > M16)

Exemplo de designação:
Porca DIN 935-M20-04

PORCAS DE CASTELO BAIXAS Grau A (para ≤ M16)
ISO (DIN 979) Grau B > M16

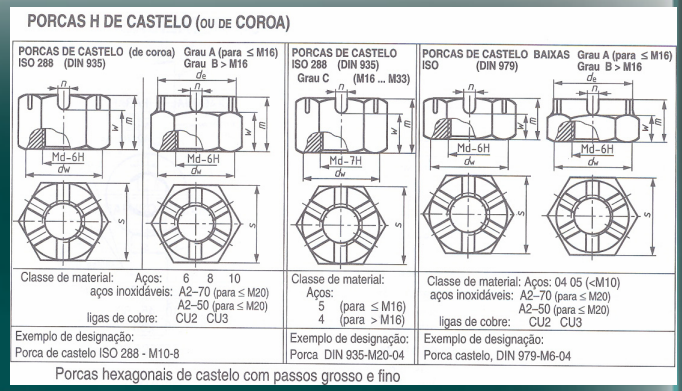


Classe de material: Aços: 04 05 (<M10)
aços inoxidáveis: A2–70 (para ≤ M20)
A2–50 (para ≤ M20)
ligas de cobre: CU2 CU3

Exemplo de designação:
Porca castelo, DIN 979-M6-04

Porcas hexagonais de castelo com passos grosso e fino

Porcas

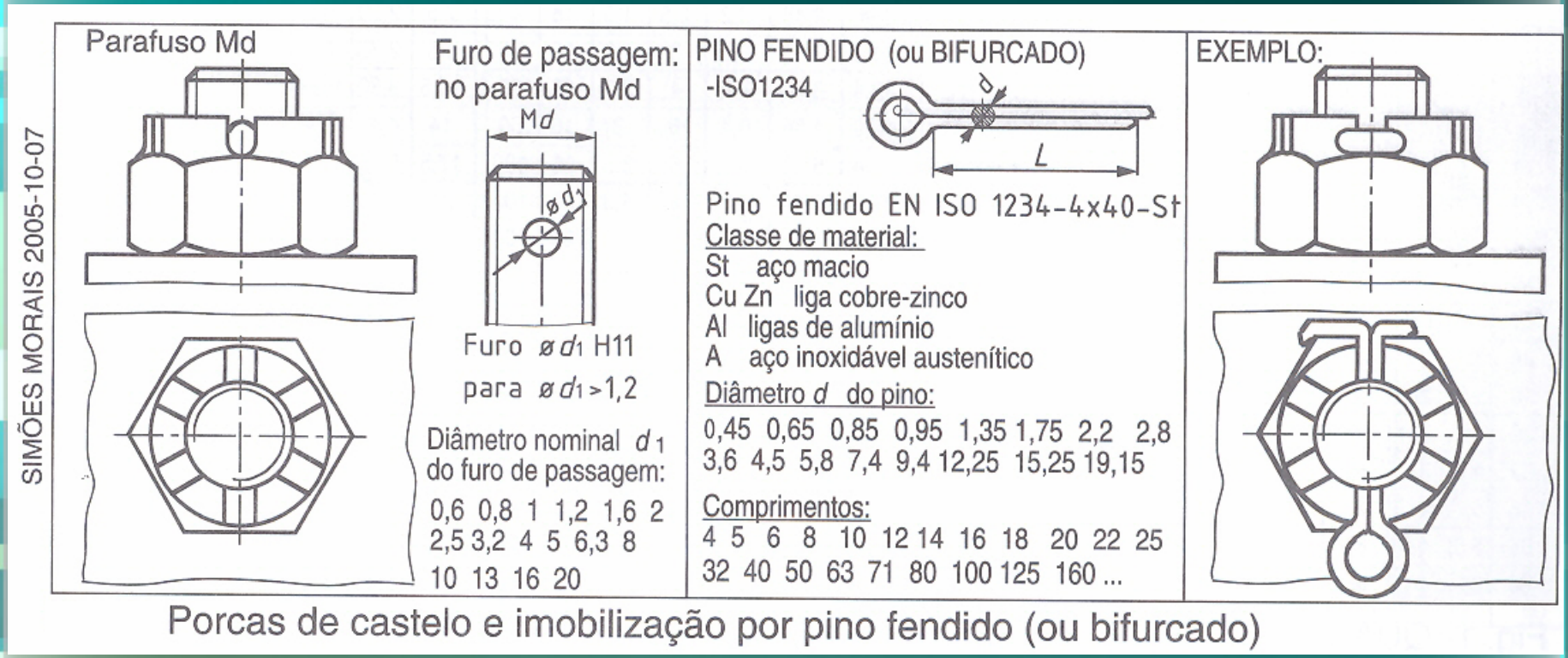


Porcas hexagonais de castelo com passos grosso e fino

DIÂM. NOM.	PASSOS		PORCA DE CASTELO Grau A/B						PORCA DE CASTELO Grau C						PORCA CAST. BAIXA (DIN 979)					
	GROS.	FINOS	s	m	n	w	dw	de	s	m	n	w	dw	de	s	m	n	w	dw	de
Md	P	MdxP	nom	max.	min.	max.	min.	max.	nom	max.	min.	max.	min.	max.	nom.	max.	min.	max.	min.	max.
4	0,7		7	5	1,2	3,2	5,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,8		8	6	1,4	4	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1		10	7,5	2	5	8,8	—	—	—	—	—	—	—	10	5	2	2,5	8,8	—
8	1,25	1	13	9,5	2,5	6,5	11,3	—	—	—	—	—	—	—	13	6,5	2,5	3,5	11,3	—
10	1,5	1,25; 1	16	12	2,8	8	14,3	—	—	—	—	—	—	—	16	8	2,8	4,0	14,3	—
12	1,75	1,25; 1,5	18	15	3,5	10	16,2	16	18	15	3,5	10	16,2	12	18	10	3,5	5,0	16,3	16
14	2	1,5	21	16	3,5	11	19,2	18	—	—	—	—	—	—	21	11	3,5	6,0	19,2	18
16	2	1,5	24	19	4,5	13	22,2	22	24	19	4,5	13	22,2	16	24	13	4,5	7,0	22,2	22
18	2,5	1,5; 2	27	21	4,5	15	24,8	25	—	—	—	—	—	—	27	15	4,5	9,0	24,8	25
20	2,5	2; 1,5	30	22	4,5	16	27,7	28	30	22	4,5	16	27,7	20	30	16	4,5	10	27,7	28
22	2,5	2; 1,5	32	26	5,5	18	29,5	30	—	—	—	—	—	—	32	18	5,5	10	29,5	30
24	3	2	36	27	5,5	19	33,2	34	36	27	5,5	19	33,2	24	36	19	5,5	11	33.2	34
27	3	2	41	30	5,5	22	38,0	38	41	30	5,5	22	38,0	27	41	22	5,5	14	38,0	38
30	3,5	2	46	33	7	24	42,7	42	46	33	7	24	42,7	30	46	24	7	15	42,7	42
33	3,5	2	50	35	7	26	46,6	46	49	35	7	26	46,6	33	50	26	7	17	46,6	45
36	4	3	55	38	7	29	51,1	50	—	—	—	—	—	—	55	29	7	20	51,1	50
...	...	...	...	...	...	...	...	...							...	...	...	...	...	...

Porcas de castelo com passos grosso e fino

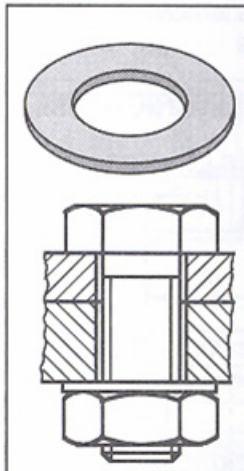
Porcas



Porcas de castelo e imobilização por pino fendido (ou bifurcado)

Anilhas

ANILHAS PLANAS



	Grau A					Grau C				
	ISO 7089	ISO 7090		ISO 7092	ISO 7093	ISO 7091	ISO 7093	ISO 7094		
	médias M			estreita Z	larga L	média M	larga L	mui larga LL		
Para parafusos:	M1,6 ..M36	M5...M36		M1,6...M36	M3...M16	M5...M36	M20...M36	M5...M36		
Classe de material: (aço inox)	140HV A140	200HV A200	300HV A350		140HV	100HV	100HV	100HV		

Md	D_M	t_M	D_Z	D_L	t_L	D_{LL}	t_{LL}
1,6	4	0,3	3,5	—	—	—	—
2	5	0,3	4,5	—	—	—	—
2,5	6	0,5	5	—	—	—	—
3	7	0,5	6	9	0,8	—	—
3,5	8	0,5	7	11	0,8	—	—
4	9	0,8	8	12	1	—	—
5	10	1	9	15	1,2	18	2
6	12	1,2	11	18	1,6	22	2
8	16	1,6	15	24	2	28	3
10	20	2	18	30	2,5	34	3
12	24	2,5	20	37	3	44	4
14	28	2,5	24	44	3	50	4
16	30	3	28	40	3	56	5
20	37	3	34	50	4	72	6
24	44	4	39	72	5	85	6
30	56	4	50	92	6	105	6
36	66	5	60	110	8	115	8

Anilhas planas (de apoio) - dimensões a usar em desenhos de conjunto

ISO 7089
ISO 7090 (Construção cuidada)
ISO 7091

} Preferíveis para parafusos e porcas H.

ISO 7092 - Preferíveis para parafusos de cabeça cilíndrica.

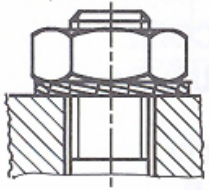
ISO 7093 - Preferíveis para parafusos e porcas H, com materiais macios ou furos passantes largos.

ISO 7094 - Preferíveis em construções de madeira.

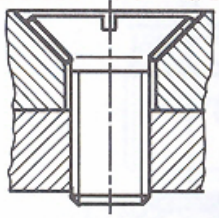
Anilhas

ANILHAS DE DENTES ACAVALADOS ISO

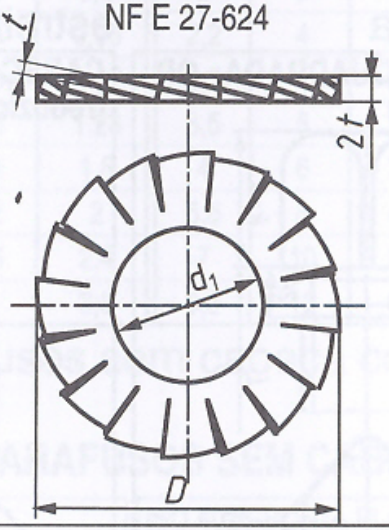
Perno porca e anilha DE



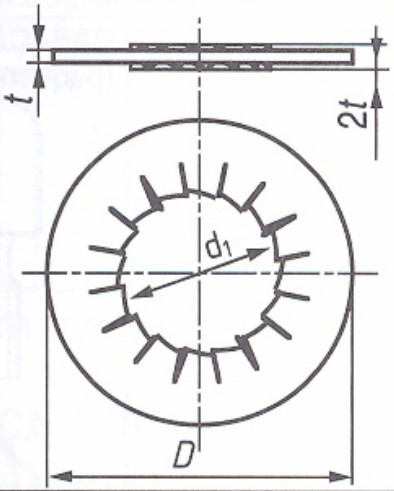
Parafuso F e anilha DD



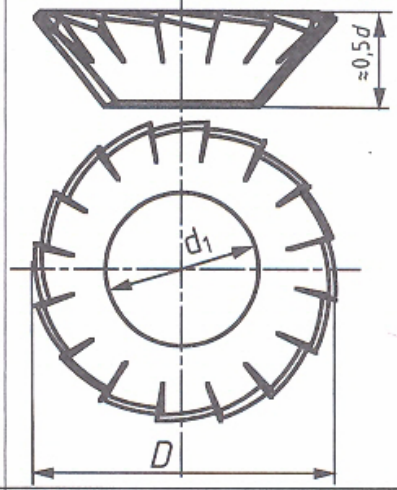
DENTES EXTERIORES- DE
NF E 27-624



DENTES INTERIORES- DI
NF E 27-512



ANILHA DENTADA CÔNCAVA- DF
NF E 27-618



Para parafusos	M2 ... M30	M2 ... M30	M2 ... M16
Classe de material	400HV	400HV	400HV

nom Md	d	D	t
2	2,2	4,5	0,3
2,5	2,7	5,2	0,4
3	3,2	6	0,4
3,5	3,7	7	0,5
4	4,3	8	0,5
5	5,3	10	0,6
6	6,4	11	0,7
8	8,4	15	0,8
10	10,5	18	0,9
12	12,5	20,5	1,0
14	14,5	24	1,0
16	16,5	26	1,2
18	19	30	1,4
20	21	33	1,4
22	23	34	1,5
24	25	38	1,5
27	28	44	1,6
30	31	49	1,6

Anilhas

Materiais: aço, bronze, aços inoxidáveis

DIN 6798

As anilhas com dentes asseguram uma boa frenagem.

ANILHAS COM DENTES:

Em desenho:

Anilha DEC apertada



Anilhas DEC

Anilhas de dentes exteriores p/ parafusos e porcas H.

Anilhas DIC

Anilhas de dentes interiores. Não se usam com porcas H correntes. Para porcas H com base reduzida.

Anilhas DD

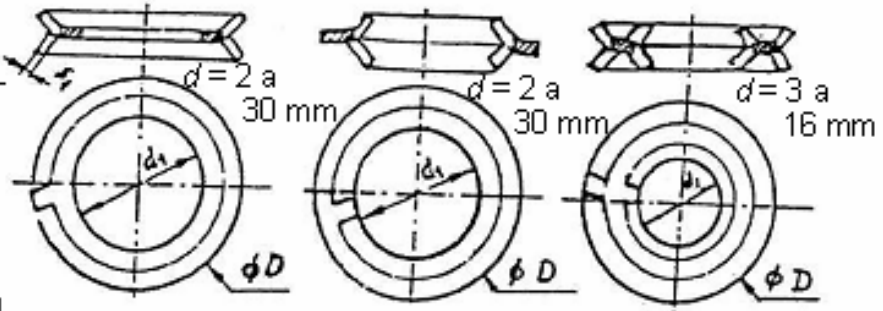
Anilhas de dentado duplo, para furos passantes largos.

Anilhas DEF

Anilhas cónicas de dentes exteriores, para parafusos de cabeça de embeber.

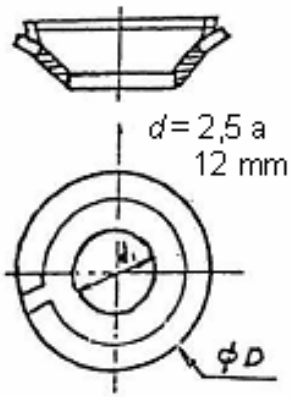
É necessário aumentar a profundidade do escariado.

Anilha DEC **Anilha DIC** **Anilha DD** NF E 27-626



Diâmetro nominal (eso mm / W in)	d_1 (fino)	D_{max} (h14)	d_1 H13	s_1	kg/1000 p
M 2	2.2	4.5	2.2	0.3	0.030
M 2.3	2.5	5.0	2.5	0.4	0.040
M 2.6	2.8	5.5	2.8	0.4	0.050
M 3	3.2	6.0	3.2	0.4	0.060
M 3.5	3.7	7.0	3.7	0.5	0.110
M 4	4.3	8.0	4.3	0.5	0.140
M 5	5.3	10.0	5.3	0.6	0.280
M 6	6.4	11.0	6.4	0.7	0.360
1/4"	1/4"	11.0	6.7	0.7	0.350
M 7	7.4	12.5	7.4	0.8	0.500
M 8	8.4	15.0	8.4	0.8	0.800
5/16"	5/16"	15.0	8.1	0.8	0.810
3/8"	3/8"	17.0	9.8	0.9	1.150
M 10	10.5	18.0	10.5	0.9	1.250
M 12	12.5	20.5	12.5	1.0	1.700
1/2"	1/2"	22.0	13.2	1.0	2.100
M 14	14.5	24.0	14.5	1.0	2.400
5/8"	16.5	26.0	16.5	1.2	3.300
M 16	19.0	30.0	19.0	1.4	5.00
3/4"	3/4"	32.0	20.0	1.4	5.50
M 20	21.0	33.0	21.0	1.4	6.00
M 22	23.0	36.0	23.0	1.5	7.50
7/8"	25.0	36.0	25.0	1.5	8.00
M 24	1"	40.0	26.0	1.6	9.00
M 27	28.0	44.0	28.0	1.6	12.00
M 30	1 1/8" 31.0	48.0	31.0	1.6	14.00

Anilha DEF





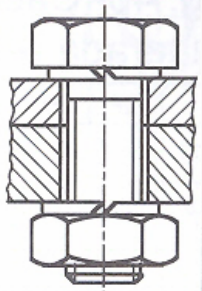
Anilha DEF

Exemplo de designação: Anilha DEF 8, NF E 27-627

Anilhas

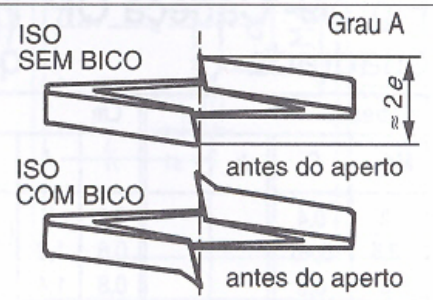
ANILHA ELÁSTICA DE ESPIRA (ANILHAS W)

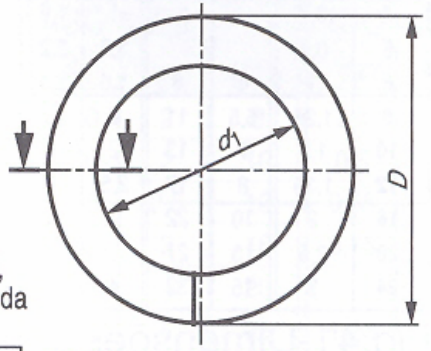
Ligação por parafuso H ISO 4017 M6 x18-8.8 e porca H ISO 4032 M6-8 com 2 anilhas W6



ANILHAS ELÁSTICAS
- Série média W (mais usada)
- Série reduzida W_Z
- Série forte W_L

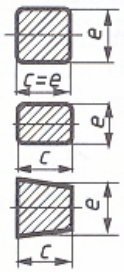
MATERIAL:
Aço de mola XC 60





Nos desenhos de conjunto de uma ligação por um parafuso Md, podem ser usados os valores da tabela:

Md	D=Dz	e / c=cz	ez	DL	cL	eL
3	5,2	1	0,6	6,2	1,5	1
4	7,3	1,5	1	8,3	2	1,2
5	8,3	1,5	1	10,3	2,5	1,5
6	10,4	2	1,2	12,4	3	1,8
7	11,4	2	1,2	13,1	3	1,8
8	13,4	2,5	1,5	5,4	3,5	2
10	16,5	3	1,8	18,5	4	2,5
12	20	3,5	2	23	5	3
14	23	4	2,5	25	5	3
16	25	4	2,5	29	6	3,5
20	31	5	3	33	7	4,5
...	...	...	...	...	...	...



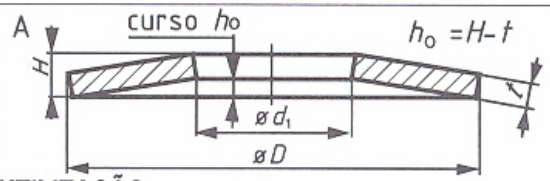
SÉRIE CORRENTE W ISO (NF E 25-515)

SÉRIE REDUZIDA WZ ISO (NF E 25-516)

SÉRIE FORTE WL ISO (NF E 25-517)

DESIGNAÇÃO:
Anilha W NF E 25-515, 10-XC60

ANILHA ELÁSTICA CÓNICA (MOLA CÓNICA)



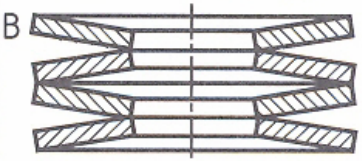
H é altura inicial da anilha antes do aperto

(usada com parafusos da classe de 8.8)

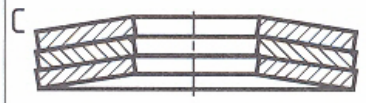
UTILIZAÇÃO:

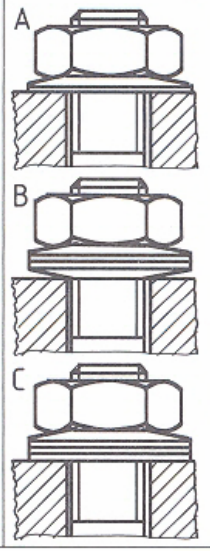
A- SIMPLES
com força de compressão F
e deformação total h_o

B- EM SÉRIE:
Força total: $F_t = F$
Deformação total: $h_t = s \times h_o$
Ex.: s = 4 elementos
$F_t = F$ $h_t = 4h_o$



C- EM PARALELO:
Força total: $F_t = p \times F$
Deformação total: $h_t = h_o$





CURSO E FORÇA:
O curso total (a anilha ficaria plana), é $h_o = H - t$
O curso máximo admissível 0,75 h_o é produzido pela força ≈ F_t (dada na tabela em newtons N).
(Ex.: a anilha para M8 com F = 1010N tem a deformação 0,75x(1,25-0,9) = 0,26 mm)

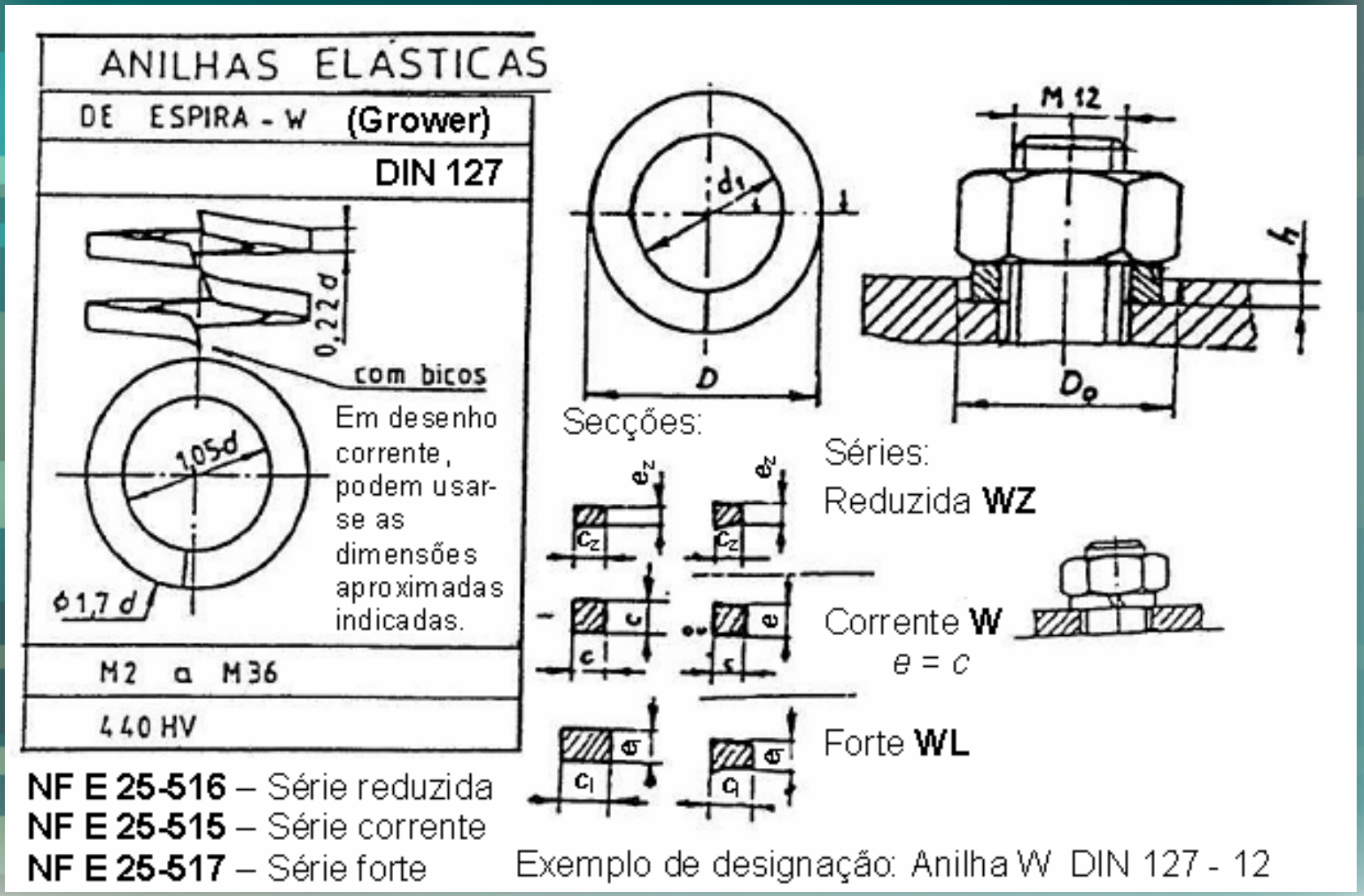
MATERIAL:
Aços de uso corrente
$R_e \geq$ MPa
Aços especiais
Aço de alta têmpera
Bronzes
dureza máx. 48 HRC

DESIGNAÇÃO:
Anilha elástica cónica DIN 2093

Md	d1	D	t	H	Ft
3	3,2	8	0,3	0,55	104
4	4,2	8	0.4	0,6	210
5	5,2	10	0,5	0,75	326
6	6,2	12,5	0,7	1,0	657
7	7,2	14	0,8	1,1	795
8	8,2	16	0,9	1,25	1010
10	10,2	20	1,1	1,55	1520
12	12,2	25	1,5	2,05	2020
14	14,2	28	1,5	2,15	2840
16	16,3	31,5	1,75	2,45	3900
20	20,4	40	2,25	3,15	6490

Anilhas de dentes, elásticas de espira e cónicas (em desenhos de conjunto)

Anilhas


ANILHAS ELÁSTICAS
DE ESPIRA - W (Grower)
DIN 127
0,22 d
com bicos
1,05d
ϕ1,7 d
Em desenho corrente, podem usar-se as dimensões aproximadas indicadas.
M2 a M36
440 HV
d1
D
M 12
h
D0
Secções:
Séries:
Reduzida WZ
Corrente W
e = c
Forte WL
NF E 25-516 – Série reduzida
NF E 25-515 – Série corrente
NF E 25-517 – Série forte
Exemplo de designação: Anilha W DIN 127 - 12

Anilhas



NF E 25-516 – Série reduzida
NF E 25-515 – Série corrente
NF E 25-517 – Série forte

		Para pequenos esforços						Para grandes esforços				
DIÂMETRO	d1	Série corrente W			Série reduzida WZ			Série forte WL			REBAIXO	
NOMINAL	H15	*D*	*c*	*e*	*Dz*	*cz*	*ez*	*DL*	*cl*	*el*	*Do*	*h*
3	3.2	5.2	1	1	5.2	1	0.6	6.2	1.5	1	6.5	
(3.5)	3.7	5.7	1	1	5.7	1	0.6	6.7	1.5	1		
4	4.3	7.3	1.5	1.5	7.3	1.5	1	8.3	2	1.2	8	
5	5.3	8.3	1.5	1.5	8.3	1.5	1	10.3	2.5	1.5	10	
6	6.4	10.4	2	2	10.4	2	1.2	12.4	3	1.8	12	1.5
(7)	7.4	11.4	2	2	11.4	2	1.2	13.4	3	1.8	14	1.5
8	8.4	13.4	2.5	2.5	13.4	2.5	1.5	15.4	3.5	2	16	1.5
(9)	9.4	14.4	2.5	2.5	14.4	2.5	1.5	17.4	4	2.5	18	2
10	10.5	16.5	3	3	16.5	3	1.8	18.5	4	2.5	20	2
12	13	20	3.5	3.5	20	3.5	2	23	5	3	23	2.5
14	15	23	4	4	23	4	2.5	25	5	3	25	3
16	17	25	4	4	25	4	2.5	29	6	3.5	28	3
18	19	29	5	5	29	5	3	31	6	3.5	32	4
20	21	31	5	5	31	5	3	33	7	4.5	35	4
22	23	33	5	5	33	5	3	37	7	4.5	37	4
24	25	37	6	6	37	6	3.5	39	7	4.5	41	4
27	28	40	6	6	40	6	3.5				45	4
30	31	45	7	7	45	7	4.5				50	5
33	34	48	7	7	48	7					55	5
36	37	53	8	8	53	8					60	6
39	40	56	8	8	56	8					65	6
42	43	61	9	9	61	9						
45	46	64	9	9	64	9						
80	82	110	14	14	110	14						

Anilhas elásticas de espira

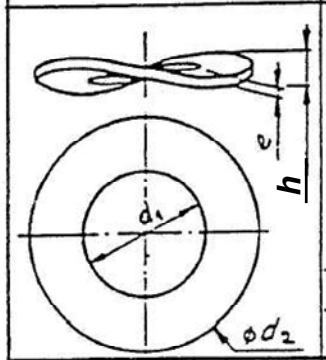
As anilhas elásticas de espira **W** são mais eficientes do que as anilhas dentadas, mas têm uma espessura maior.

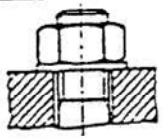
Anilhas

ANILHAS ELÁSTICAS ONDULADAS

ONDULADA

NP ISO





DIN 137; NF E 27-620

Anilhas com actuação idêntica à das anilhas de mola cónica, mas com resultados mais modestos.

ROSCA	M2 a M24
CLASSE	440 HV 520 HV

Diam. Parafuso M d D nominal	d_1 H14	d_2 js15	e nom.	e tol.	h max.	h min.	altura d'utilisação média hj (1)	Força aproxim. para hj F (2) emN
2	2,2	4,5	0,3	± 0,02	0,9	0,6	0,4	40
2,5	2,7	5	0,3	–	1,0	0,7	0,45	50
3	3,2	6	0,4	± 0,03	1,2	0,8	0,6	70
(3,5)	3,7	6,5	0,5	–	1,4	0,9	0,7	120
4	4,3	9	0,5	–	1,5	1,0	0,75	90
5	5,3	10	0,5	–	1,7	1,2	0,85	90
6	6,4	12	0,5	–	2,0	1,3	0,9	80
(7)	7,4	14	0,8	–	2,4	1,5	1,15	200
8	8,4	17	0,8	–	2,8	1,7	1,25	200
10	10,5	21	1,0	± 0,04	3,4	2,1	1,5	300
12	13	24	1,2	–	3,8	2,5	1,8	400
(14)	15	28	1,5	± 0,05	4,4	3,0	2,2	650
16	17	30	1,5	–	4,8	3,2	2,3	650
(18)	19	34	1,5	–	5,4	3,3	2,4	550
20	21	36	1,6	–	5,6	3,7	2,6	650
(22)	23	40	1,8	–	6,0	3,9	2,8	700
24	25	44	1,8	–	6,4	4,1	2,9	650

Exemplo de designação:

Anilha elástica ondulada, de 2 ondas NF E 27-620 – 10 – 440 HV

Ligações com Peças Roscadas

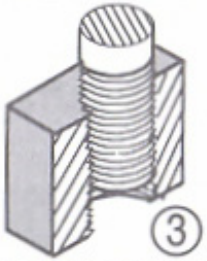
LIGAÇÕES POR PARAFUSOS

FUROS PASSANTES:

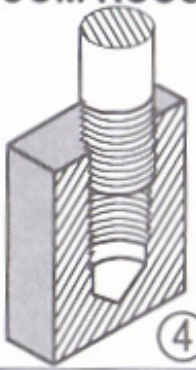
LISO



ROSCADO

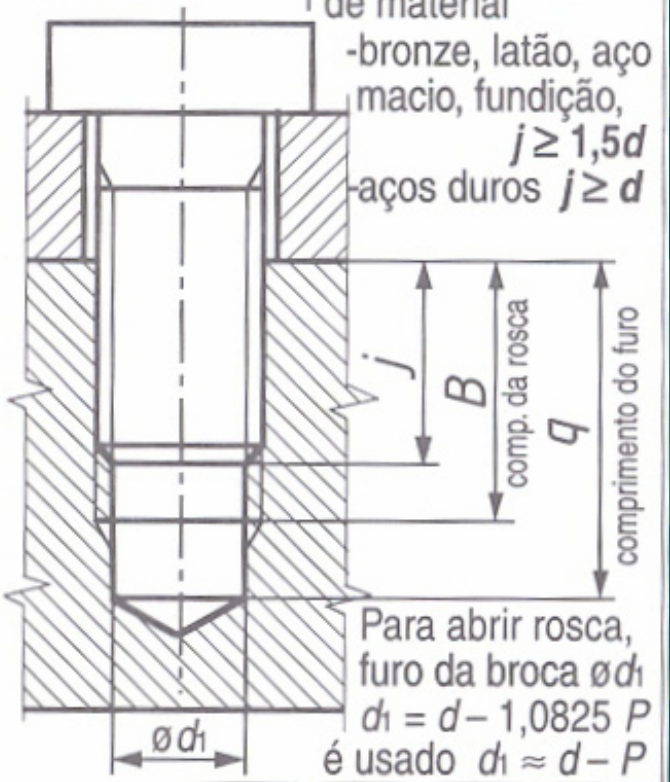


FURO CEGO COM ROSCA



FURO CEGO ROSCADO E PARAFUSO

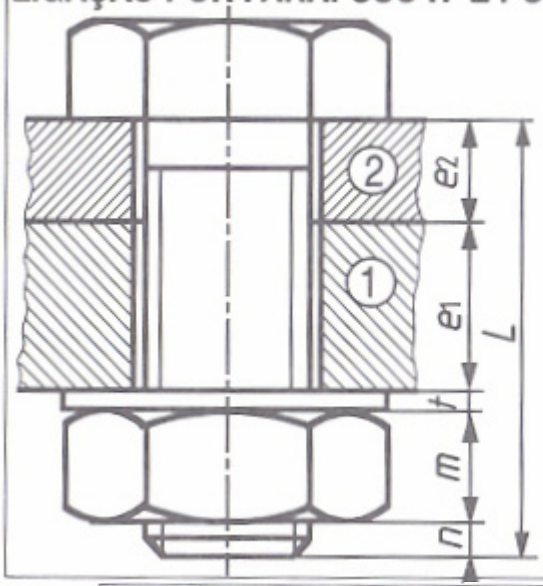
Implantação *j*
da rosca nas peças de material
-bronze, latão, aço macio, fundição, $j \geq 1{,}5d$
-aços duros $j \geq d$



Para abrir rosca, furo da broca ød_1
$d_1 = d - 1{,}0825\ P$
é usado $d_1 \approx d - P$

Comprimentos: -do furo
$q \geq j + 10P \quad (\approx j + 1{,}5d)$
-da rosca Md
$B \geq j + 4P \quad (\approx j + 0{,}7d)$

LIGAÇÃO POR PARAFUSO H E PORCA H



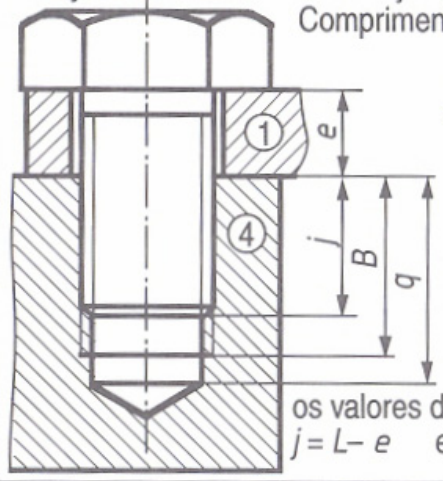
Comprimento do parafuso Md

$L \geq e_1 + e_2 + t + m + n$

O saliente n deve ser $n \geq 2P$

Tomar para L um comprimento de entre os valores normais da tabela que seja próximo.

LIGAÇÃO POR PARAFUSO E PEÇA ROSCADA



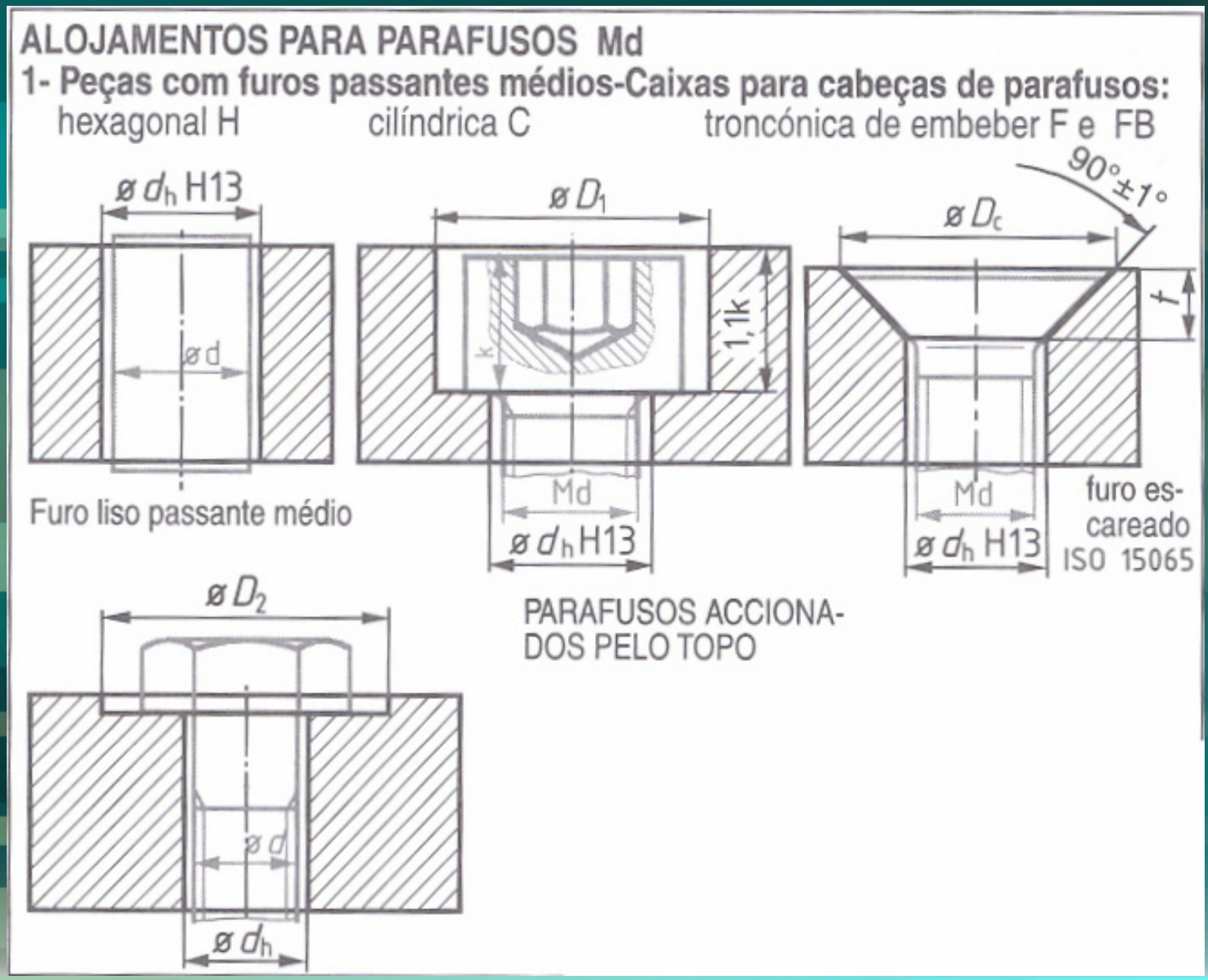
Comprimento do parafuso Md

$L \geq e + j$

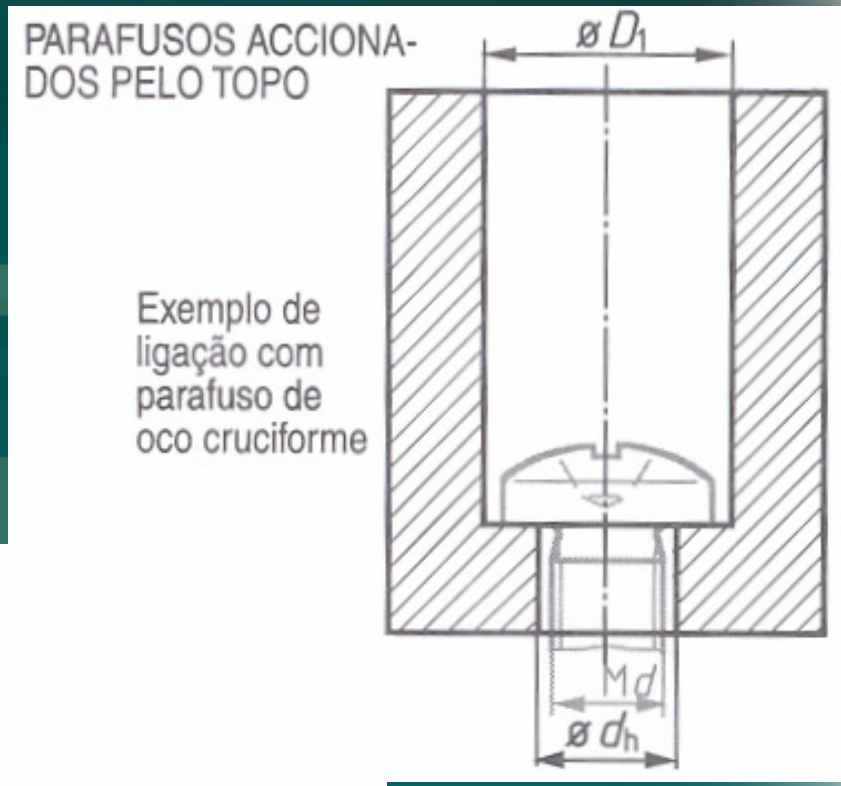
com 1 em metal duro- $j \geq d$
macio- $j \geq 1{,}5d$

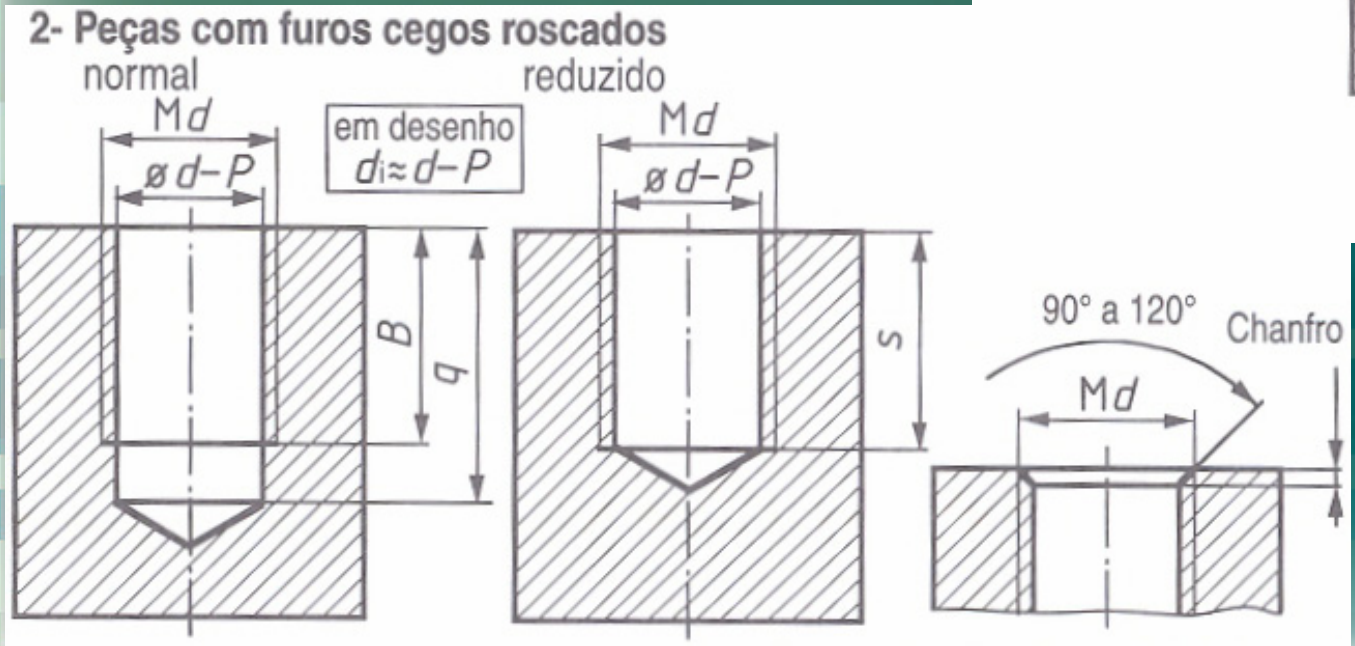
Tomar para L, o comprimento normal mais próximo.
Estabelecido L são determinados os valores de j, B, q efectivos:
$j = L - e$ e também p B q.

Ligações com Peças Roscadas

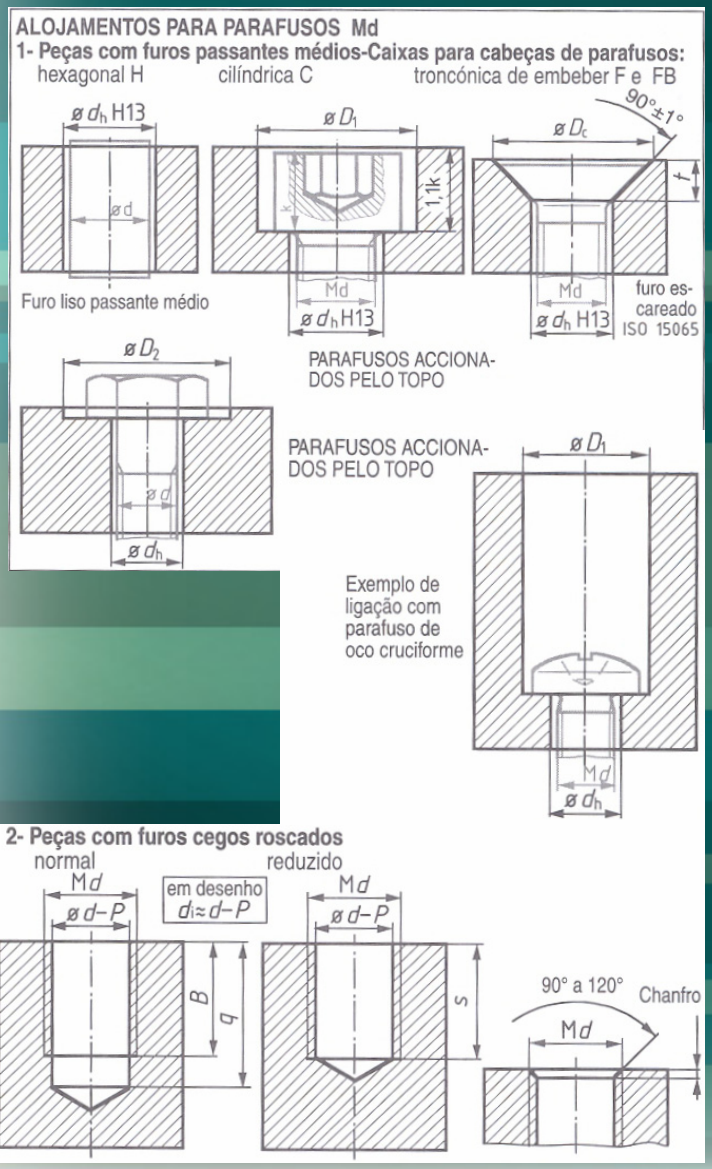


Ligações com Peças Roscadas





Ligações com Peças Roscadas

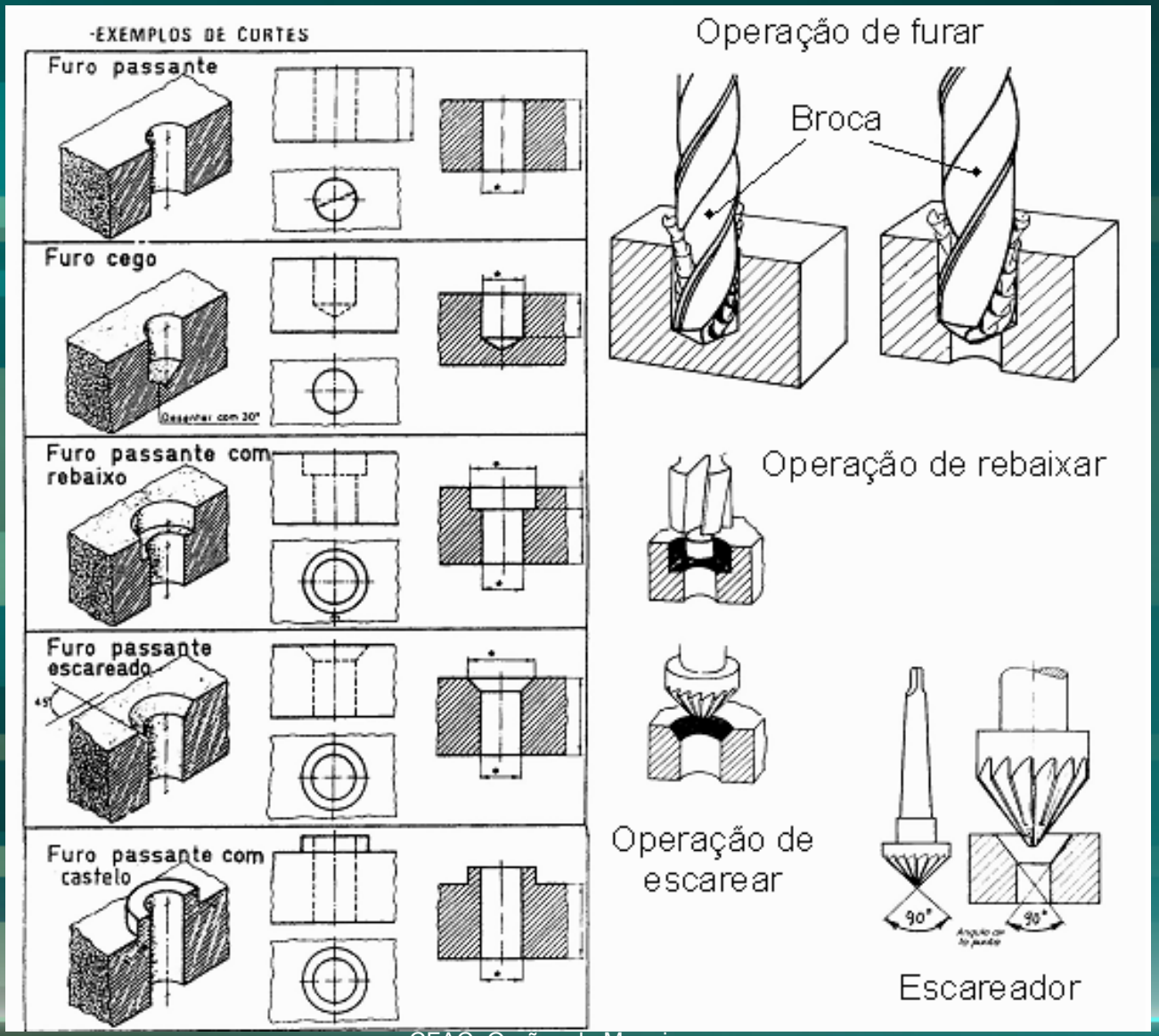


Nas ligações com peças roscadas em representação ortográfica, faz-se:
1º-Cálculo do comprimento teórico do parafuso ou do corpo do perno;
2º-Toma-se para comprimento real, um valor da tabela de comprimentos normais; e são corrigidos os valores de *j* e *n* usados inicialmente.

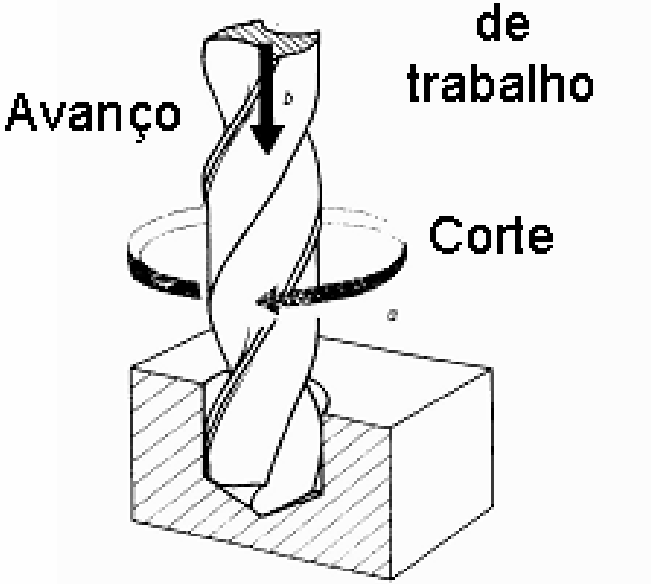
ROSCA		FURO ISO 273 *dh*			CAIXAS				FUROS CEGOS		
	passo	fino	médio	largo			ISO 15065		normal		reduzido
Md	*P*	H12	H13	H14	D_1	D_2	D_c	$t \approx$	*B*	*q*	*s*
1,6	0,35		1,8				3,6	0,95			
2	0,4		2,4				4,4	1,05			
2,5	0,45	2,7	2,9	3,1	7	12	5,5	1,35	*j*+ 1,5	*j*+ 4,5	*j*+ 1,5
3	0,5	3,2	3,4	3,6	8	12	6,3	1,,55	*j*+ 2	*j*+ 5	*j*+ 2
4	0,7	4,3	4,5	4,8	10	14	9,4	2,55	*j*+2.5	*j*+ 6	*j*+ 2.5
5	0,8	5,3	5,5	5,8	11	16	10,4	2,58	*j*+3	*j*+ 8	*j*+ 3
6	1	6,4	6,6	7	13	20	12,6	3,13	*j*+4	*j*+ 10	*j* +3,5
8	1,25	8,4	9	10	18	24	17,3	4,28	*j*+ 5	*j*+ 12	*j*+ 4
10	1,5	10,5	11	12	20	30	20	4,65	*j*+6	*j*+ 14	*j*+ 4,5
12	1,75	13	14	15	22	34			*j*+7	*j*+ 16	*j*+ 5
14	2	15	16	17	26	38			*j*+8	*j*+ 18	*j*+ 6
16	2	17	18	19	30	42			*j*+ 8	*j*+ 20	*j*+ 6
18	2,5	19	20	21	33	45			*j*+10	*j*+ 22	*j*+ 7
20	2,5	21	22	24	36	48			*j*+10	*j*+ 25	*j*+ 7,5
22	2,5	23	24	26	39	50			*j*+10	*j*+ 25	*j*+ 7,5
24	3	25	26	28	42	55			*j*+ 12	*j*+ 25	*j*+ 8,5
27	3	28	30	32	47	60			*j*+12	*j* + 27	*j*+ 9
30	3,5	31	33	35	53	65			*j*+ 14	*j*+ 30	*j*+ 10
33	3,5	34	36	38	58	70			*j*+ 14	*j*+ 33	*j*+ 11
36	4	37	39	42	63	75			*j*+ 16	*j*+ 36	*j*+ 11

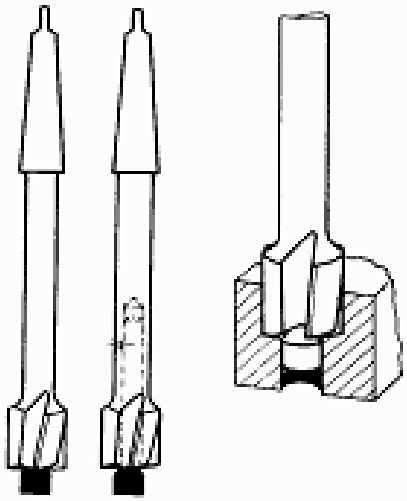
Furos para alojamento de parafusos

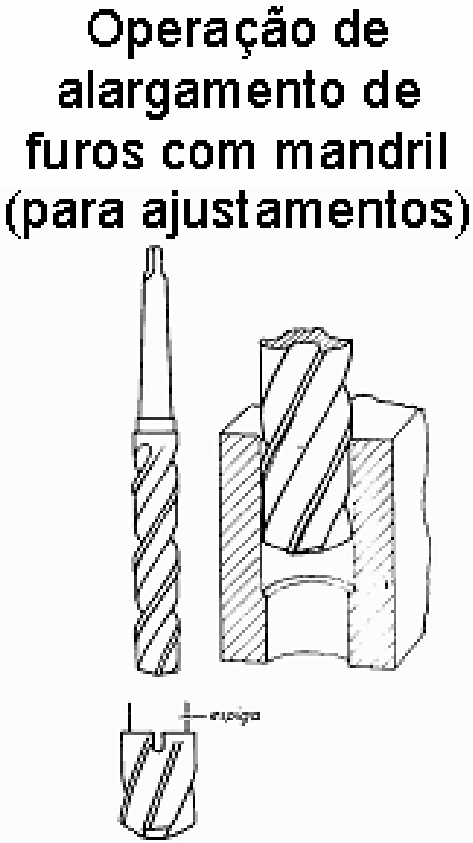
Produção de furos passantes, caixas e escareados



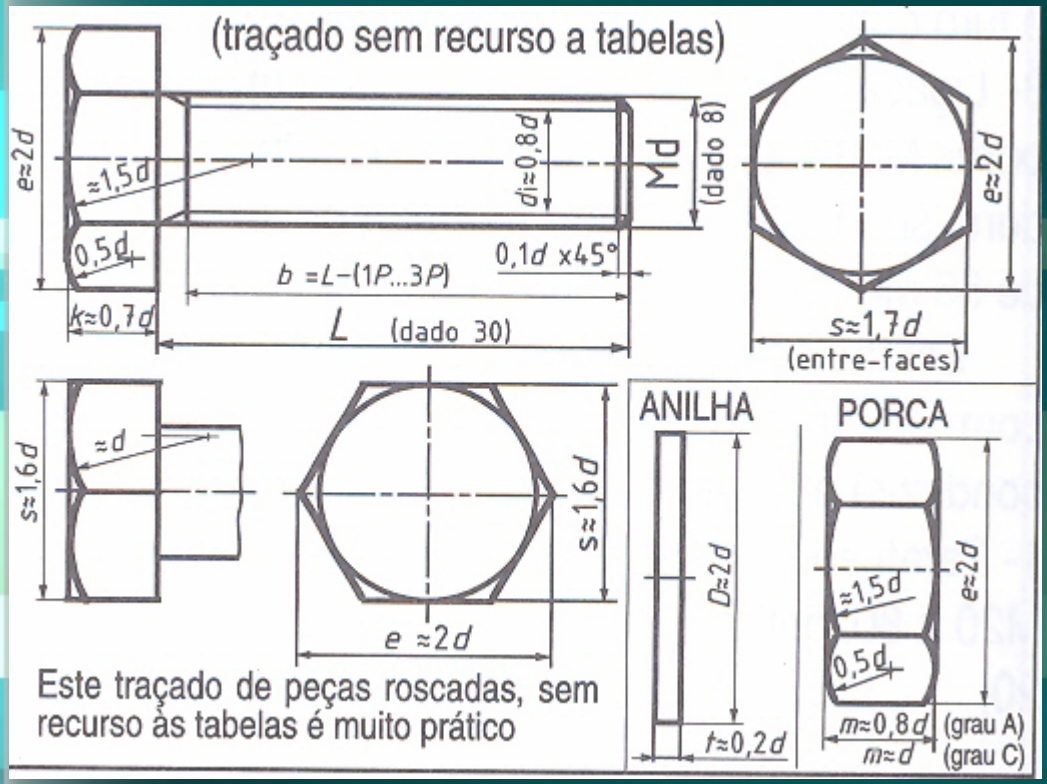
Produção de furos passantes, caixas e escareados

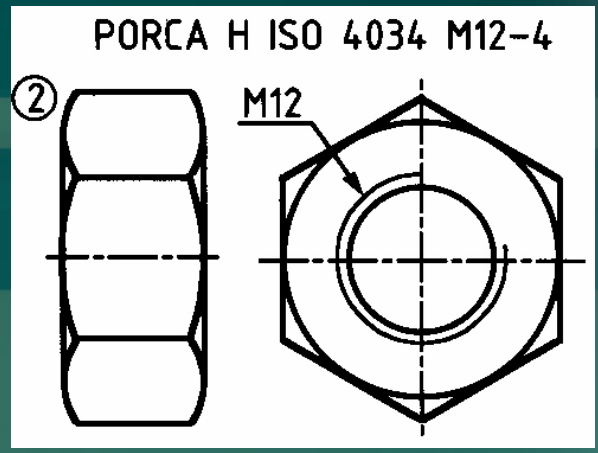


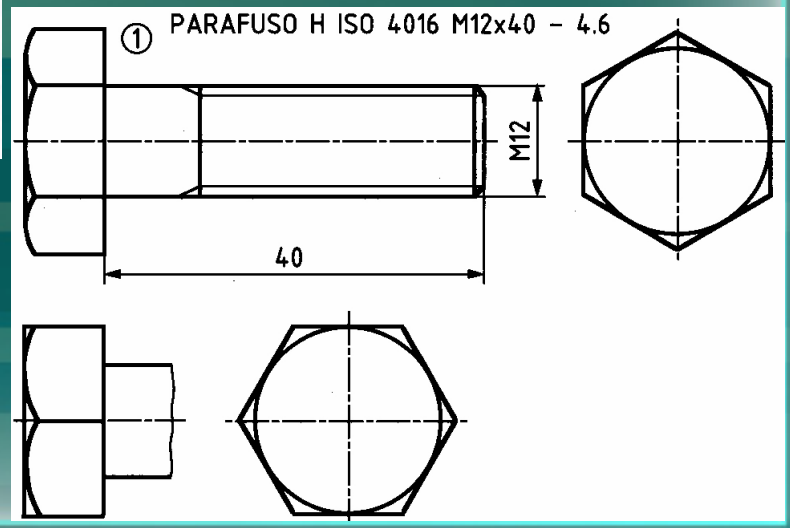


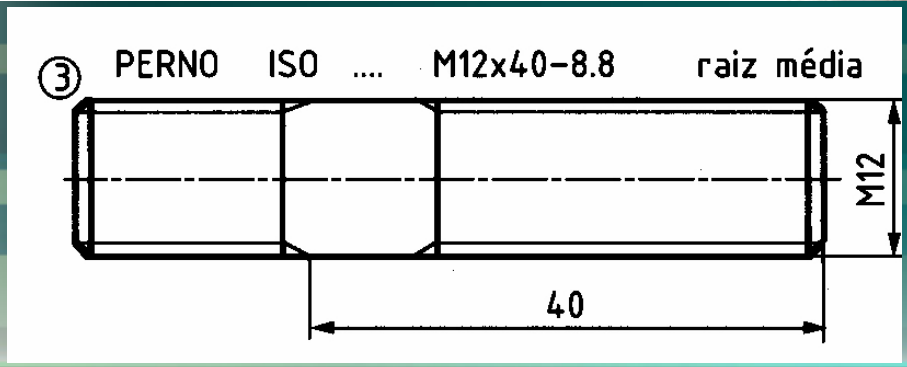


Peças Roscadas: Exemplos de Representação

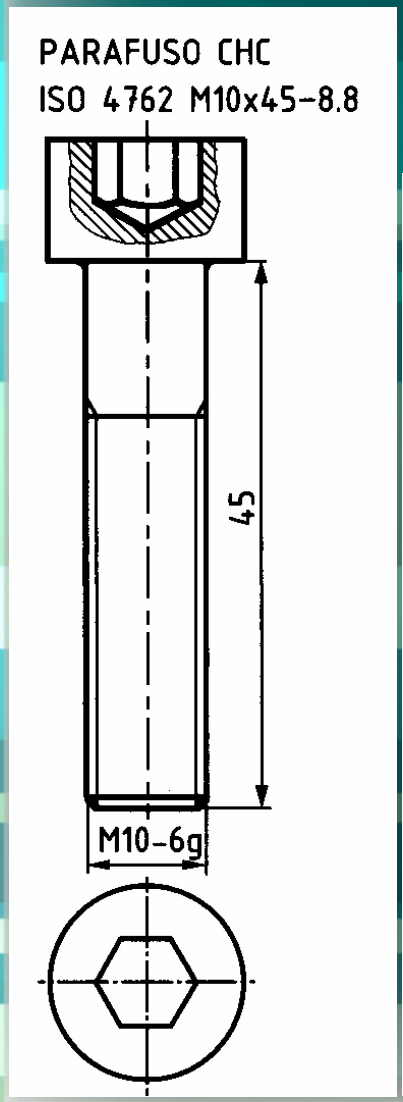


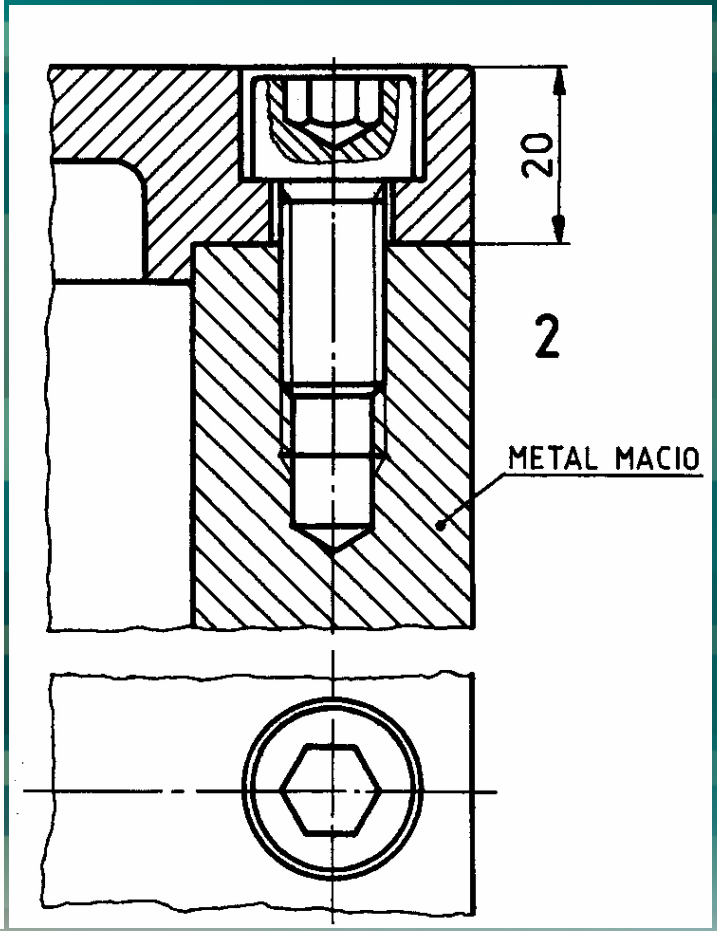


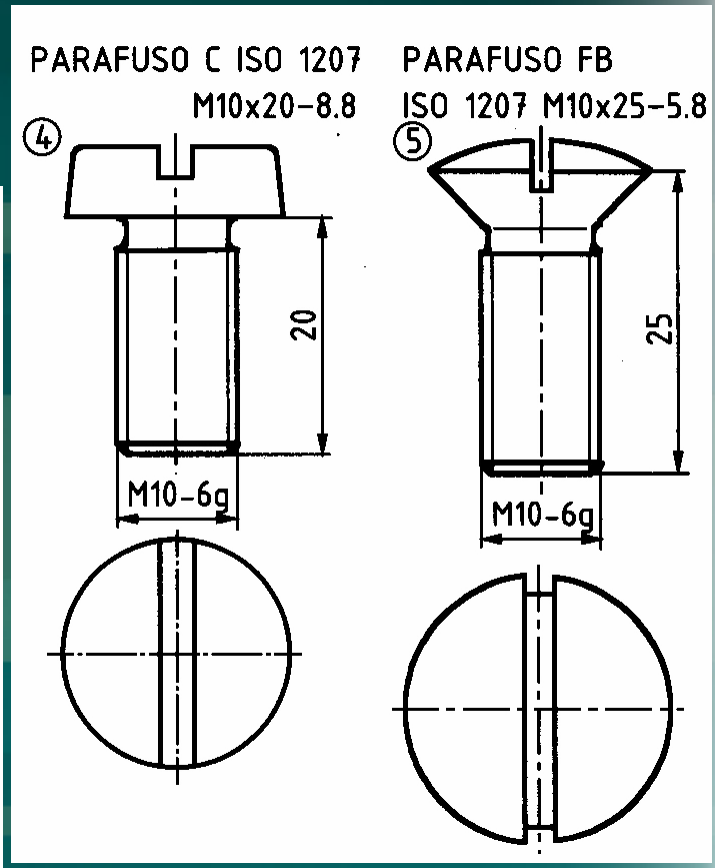




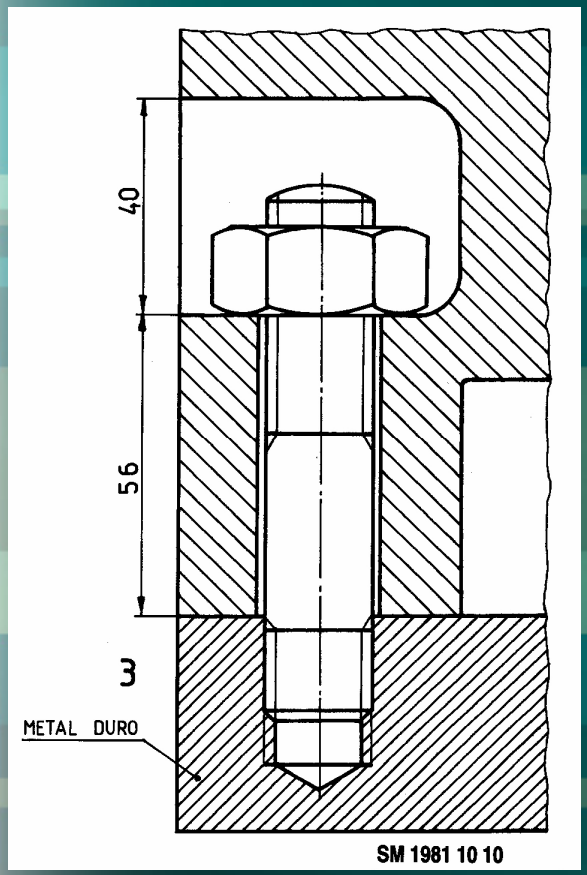
Peças Roscadas: Exemplos de Representação

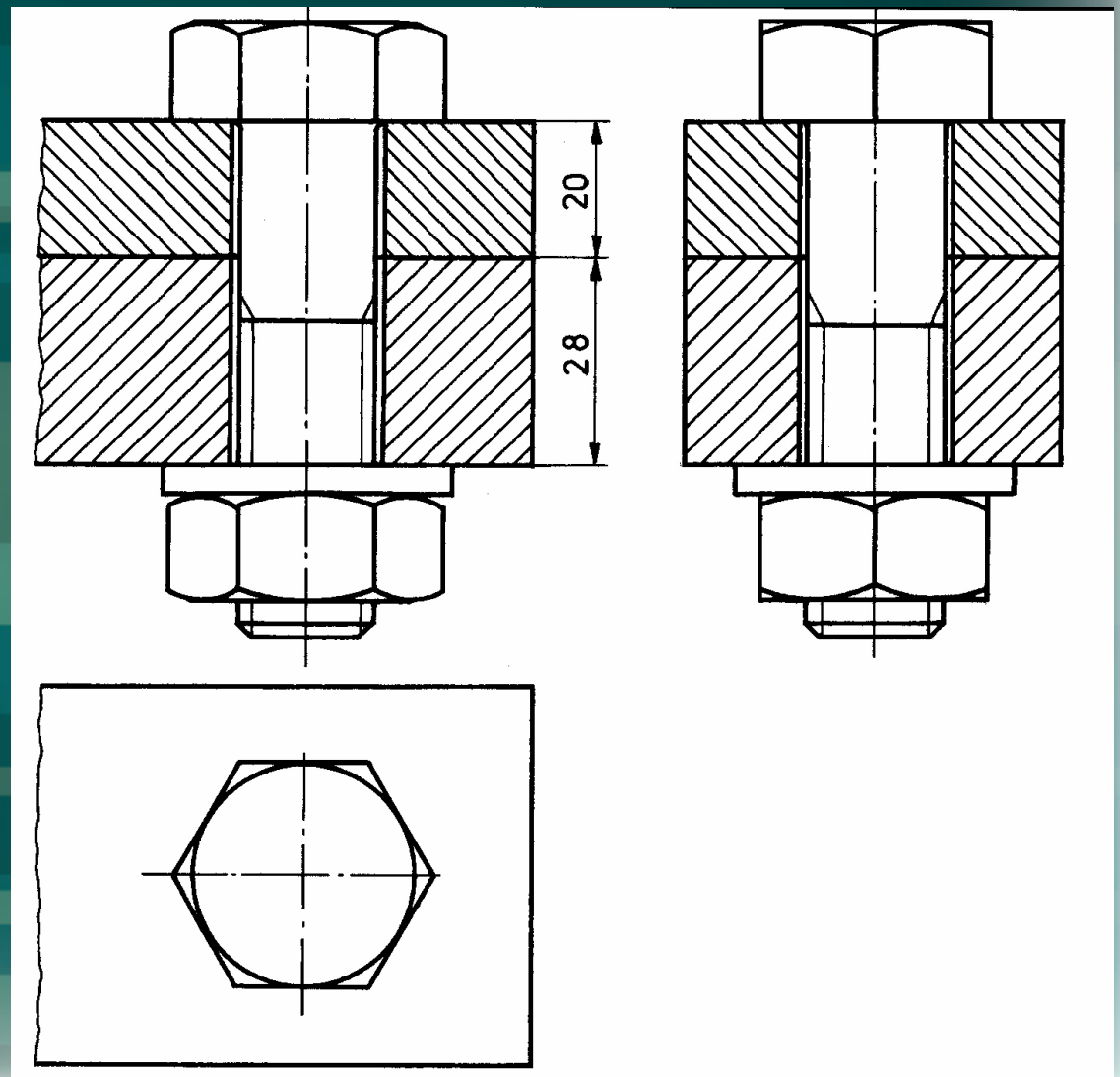






Peças Roscadas: Exemplos de Representação

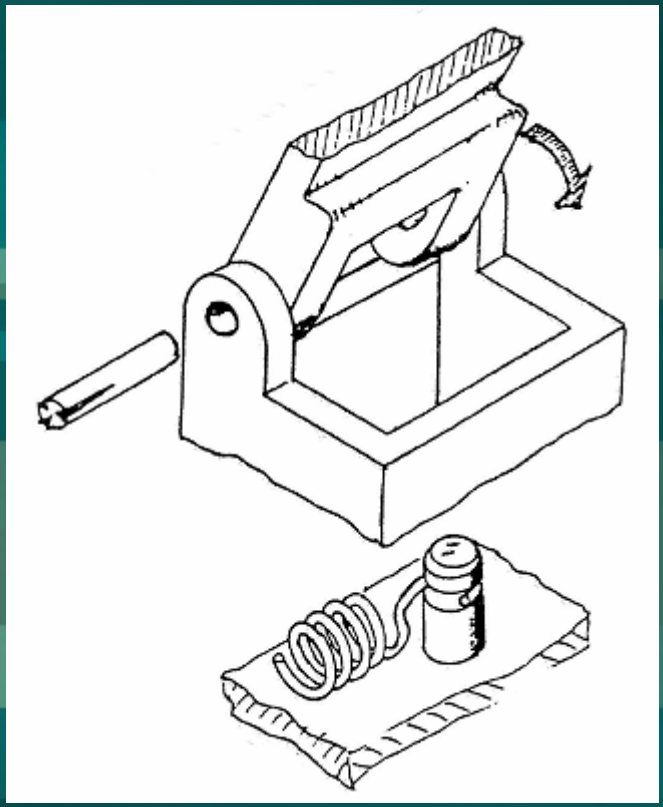


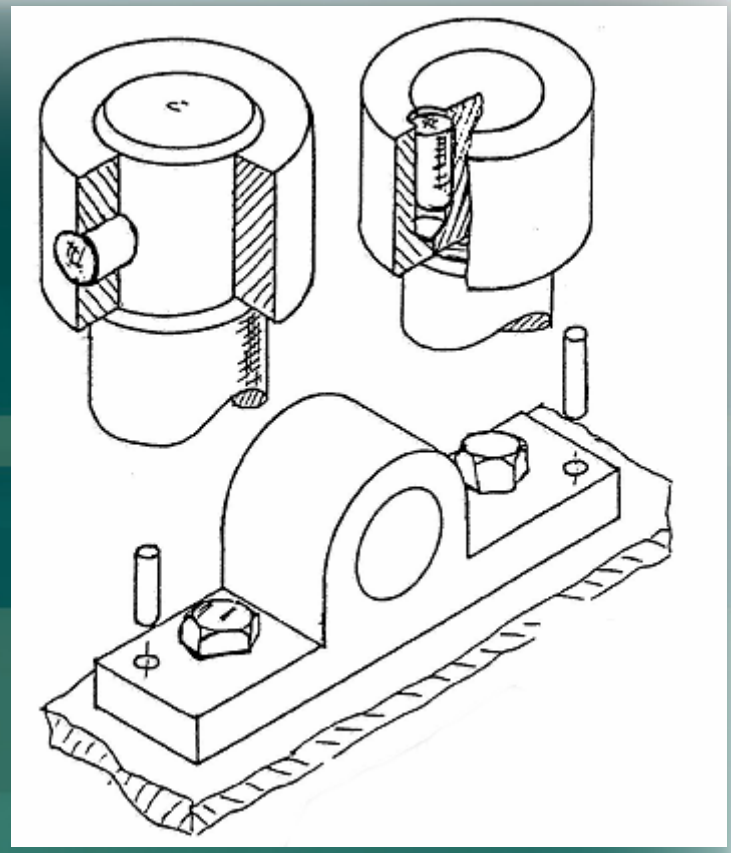


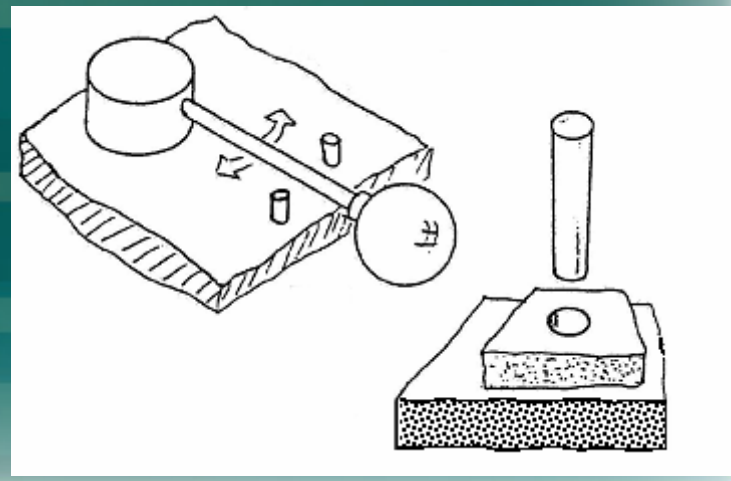
Ligações com Pinos

- **Pino (cavilha ou passador)**: pequena peça metálica, em geral, de secção circular.
- As **ligações por pinos são desmontáveis e muito simples**. Não podem ser usados em ligações sujeitas a esforços elevados.
- Um pino pode ser **utilizado como elemento de**:
  - **Fixação** (resistente à torção e ao corte) de uma peça;.
  - **Posicionamento** de uma peça relativamente a outra;
  - **Articulação** usando cavilhas de articulação para pistões, etc;
  - **Suspensão** de barras, discos e rolos;
  - **Fixação** de molas;
  - **Limitação de forças** aplicadas, caso de pinos fracturáveis;
  - **Segurança**, para evitar o desaparafusamento espontâneo de parafusos e porcas;
  - **Centragem** pela utilização de pinos cónicos;
  - **Limitação de cursos; ...**

Ligações com Pinos



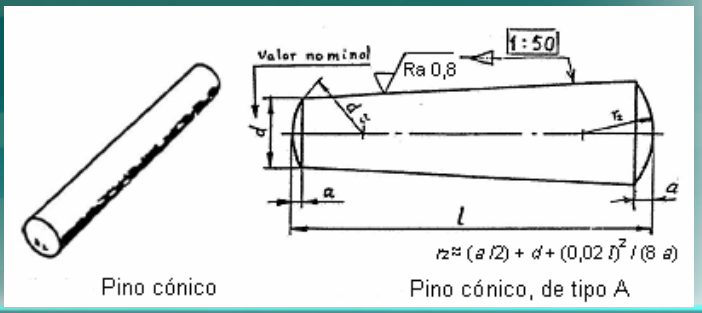




Os **materiais dos pinos são mais resistentes do que os das peças a ligar**.
Em geral, as **superfícies laterais** dos pinos **são cilíndricas ou cónicas**.
Quando sujeitos a vibrações, os pinos deverão ser imobilizados.

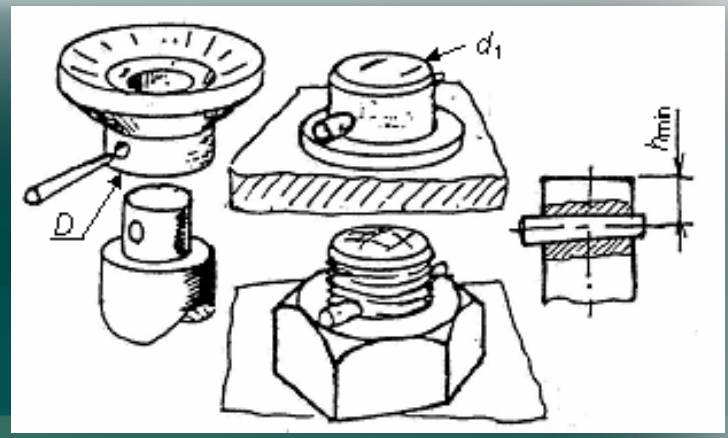
Ligações com Pinos

- Pinos Cónicos:
  - Norma: ISO 2339: 1986 – Taper pins, unhardened
  - Forma e material:
    Peça metálica com forma de um cone alongado, de **conicidade *C* = 1:50** e topos boleados.
    O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d*** (c/ tolerância **h10** ou **a11**, c11 e f8 p/ encomenda).
    Material: aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St.**
    Tipos de acabamento de superfície:
    - **Tipo A** (rectificados): rugosidade **Ra = 0,8 µm**
    - **Tipo B** (torneados): rugosidade **Ra = 3,2 µm**



Pino cónico — Pino cónico, de tipo A

Ligações com Pinos



- Pinos Cónicos:
  - Aplicações:
    - **Fixação**

      A ligação, em rotação e em translação, de um cubo de roda (ou de um anel) com um veio.

      Observação:

      O furo deve ser aberto com as duas peças montadas, usando uma broca com um diâmetro = *d* do pino (c/ toler. H13, p/ d ≤ 1,2 e H14, p/ d > 1,2). O furo deve ser acabado com um mandril cónico com as duas peças montadas.

      Sendo d_1 o diâmetro do veio, devem usar-se pinos com diâmetros: $d = d_1 / 3{,}3$ a $d_1 / 5$.

      O pino fica ligado por atrito. Trata-se de uma **ligação que pode ser desmontada, mas não c/ muita frequência**.

      Diâmetro exterior *D* de um cubo ligado c/ o veio, sob torção:

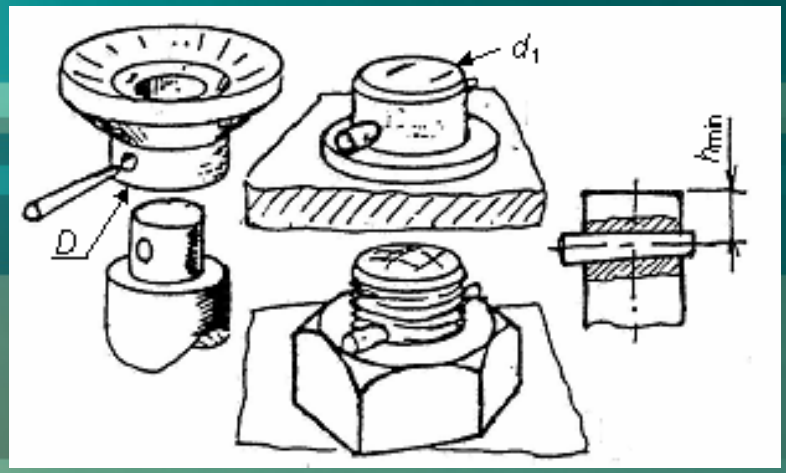
      - $D = 2\ d_1$, c/ cubo de aço (St) ou aço vazado;

      - $D = 2{,}5\ d_1$, c/ cubo de ferro fundido cinzento.

    - **Limitação de movimento**

Ligações com Pinos

- Pinos Cónicos:



Pinos cónicos, não temperados

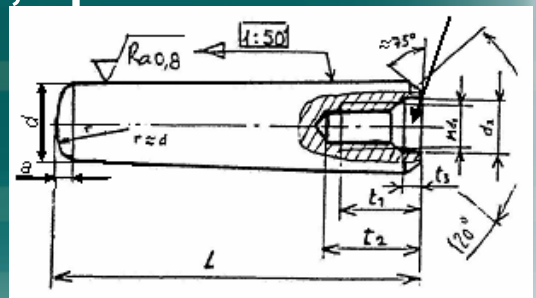
Nominal d (h10)	$a \approx$	l (≈ js15) de	a	Veio d_1 >	até	h_{min}
0,6	0,08	4	8		2	
0,8	0,1	5	12	2	3	1,6
1	0,12	6	16	3	4	2,2
1,2	0,16	6	20	4	5	2,9
1,5	0,2	8	24	5	6	3,2
2	0,25	10	35	6	8	3,5
2,5	0,3	10	35	8	9	4
3	0,4	12	45	9	12	4,5 a 5,5
4	0,5	14	55	12	17	6
5	0,63	18	60	17	23	7 a 8
6	0,8	22	90	23	29	9
8	1	22	120	29	44	10
10	1,2	26	160	44	69	12 a 14
12	1,6	32	180	69	110	16
16	2	40	200	110	160	18
20	2,5	45	200	160		
25	3	50	200			
30	4	55	200			
40	5	60	200			
50	6,3	65	200			

Adoptar os **comprimentos normais** l = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

– **Designação:**
  – **Pino cónico ISO 2339 – tipo – $d \times l$ – mat**
  – Pino cónico ISO 2339 – A – 6 × 30 - St

Ligações com Pinos

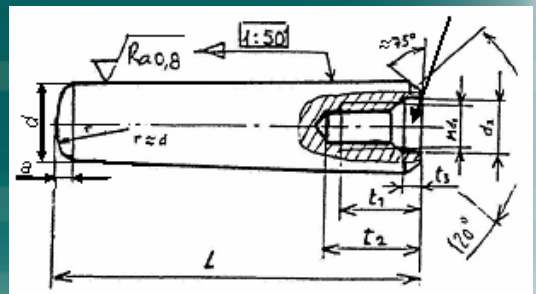
- Pinos Cónicos com Furo Roscado (não temperados):
  - Norma: ISO 8736: 1986 – Taper pins with internal thread, unhardened
  - Forma e material:
    Na extremidade de maior diâmetro, existe um furo alargado, no início, e depois roscado, **para facilitar a extracção do pino.**
    Aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St**.
    Tipos de acabamento de superfície:
    - **Tipo A** (rectificados): rugosidade **Ra = 0,8 µm;**
    - **Tipo B** (torneados): rugosidade **Ra = 3,2 µm.**



Pino cónico com furo roscado, de tipo A

Ligações com Pinos

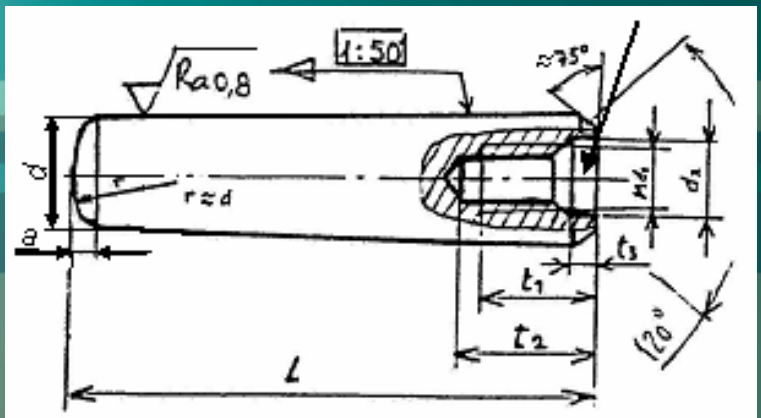
- Pinos Cónicos com Furo Roscado:
  - **Dimensões:**
    O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d***.
    Furo aberto com as duas peças montadas, usando uma **broca** com um diâmetro igual ao diâmetro nominal do pino, e acabado com um **mandril cónico**.
  - Aplicações:
    Idênticas às dos pinos cónicos simples, com **a vantagem de estes pinos poderem ser mais facilmente extraídos**.
    O **comprimento de contacto do pino cónico, em cada uma das duas peças, deve ser maior ou igual a *d***.



Pino cónico com furo roscado, de tipo A

Ligações com Pinos

- Pinos Cónicos com Furo Roscado:



Pino cónico com furo roscado, de tipo A

Pinos cónicos, com furo roscado

Nominal d (h10)	a	Md_1	t_1	t_2 min.	d_2	t_3	l de ... a
6	0,8	M4	6	10	4,3	1	16 ... 60
8	1	M5	8	12	5,3	1,2	18 ... 80
10	1.2	M6	10	16	6,4	1.2	22 ... 100
12	1,6	M8	12	20	8,4	1,2	26 ... 120
16	2	M10	16	25	10,5	1,5	32 ... 160
20	2,5	M12	18	28	13	1,5	40 ... 200
25	3	M16	24	35	17	2	50 ... 200
30	4	M20	30	40	21	2	60 ... 200
40	5	M20	30	40	21	2,5	80 ... 200
50	6,3	M24	36	50	25	2,5	100 ... 200

Adoptar os **comprimentos normais** l = 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

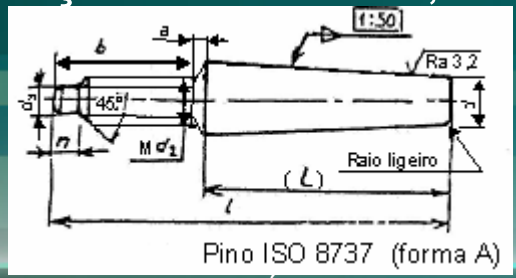
– **Designação:**

- Pino cónico ISO 8736 – tipo – $d \times l$ – mat.

- Pino cónico ISO 8736 – A – 6 × 30 - St

Ligações com Pinos

- Pinos Cónicos com Rosca Exterior (não temperados):
  - Norma: ISO 8737: 1986 – Taper pins with external thread, unhardened
  - Forma e material:
    Pinos de posição cónicos constituídos por um corpo tronco-cónico, com uma conicidade de 1:50, e uma ponta roscada com uma saliência na extremidade.
    Podem ter duas formas distintas:
    - **Forma A**, que tem a ponta roscada junto do maior diâmetro do corpo cónico (ISO 8737).
    - **Forma B**, que tem a ponta roscada junto do menor diâmetro do corpo cónico (actualmente não normalizada).
    Fabricados em aço de corte fácil, com durezas entre 125 e 245 HV, indicado por **St**.

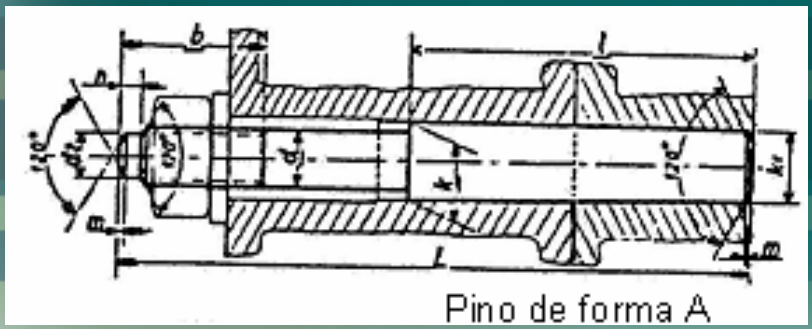


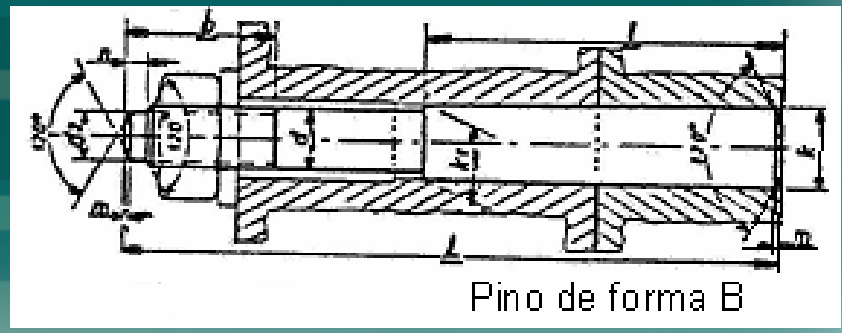
Pino ISO 8737 (forma A)


Pino de forma B

Ligações com Pinos

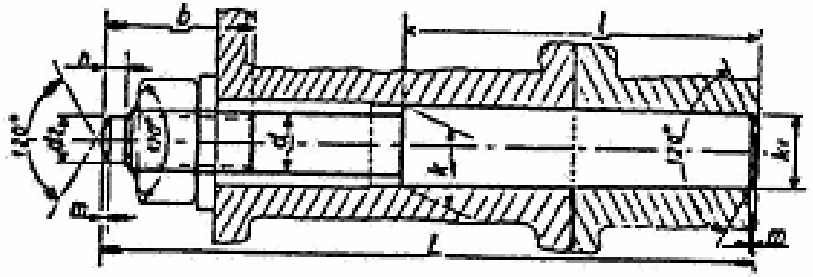
- Pinos Cónicos com Rosca Exterior:
  - **Dimensões:**
    O **valor nominal do pino** é o seu diâmetro menor ***d***.
    O **furo** deve ser acabado com um **mandril cónico** com as duas peças montadas.
  - Aplicações:
    Posicionamento, com centragem, de duas peças.
    - **Os pinos ISO 8737 (forma A)** são os mais usados. A pequena conicidade assegura uma boa aderência por atrito.
    - **Os pinos de forma B**, usados quando há vibrações.


Pino de forma A

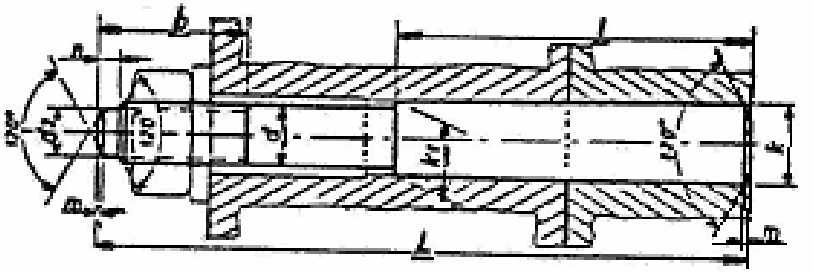

Pino de forma B

Ligações com Pinos

- Pinos Cónicos com Rosca Exterior:



Pino de forma A



Pino de forma B

Pinos cónicos, com rosca exterior

Nominal d (h10)	a	$+2P$ b 0	Md_2	d_3 min.	n min.	l de ... a
5	2,4	14	M5	3,25	1,25	40 ... 50
6	3	18	M6	3,7	1,5	45 ... 60
8	4	22	M8	5,2	2	55 ... 75
10	4,5	24	M10	6,6	2,5	65 ... 100
12	5,3	27	M12	8,1	3	85 ... 120
16	6	35	M16	11,5	4	100 ... 160
20	6	35	M16	11,5	4	120 ... 190
25	7,5	40	M20	14,5	5	140 ... 250
30	9	46	M24	17,5	6	160 ... 280
40	10,5	58	M30	22,5	7	190 ... 320
50	12	70	M36	27,5	9	220 ... 400

Adoptar os **comprimentos normais:**
l = 40, 45, 50, 55, 60, 65, 75, 85, 100, 120, 140, 160, 190, 220, 250, 280, 320, 360, 400 (≈ js15).

– **Designação:**
- Pino cónico ISO 8737 – $d \times l$ - material
- Pino cónico ISO 8737 – 6 × 50 - St

Ligações com Pinos



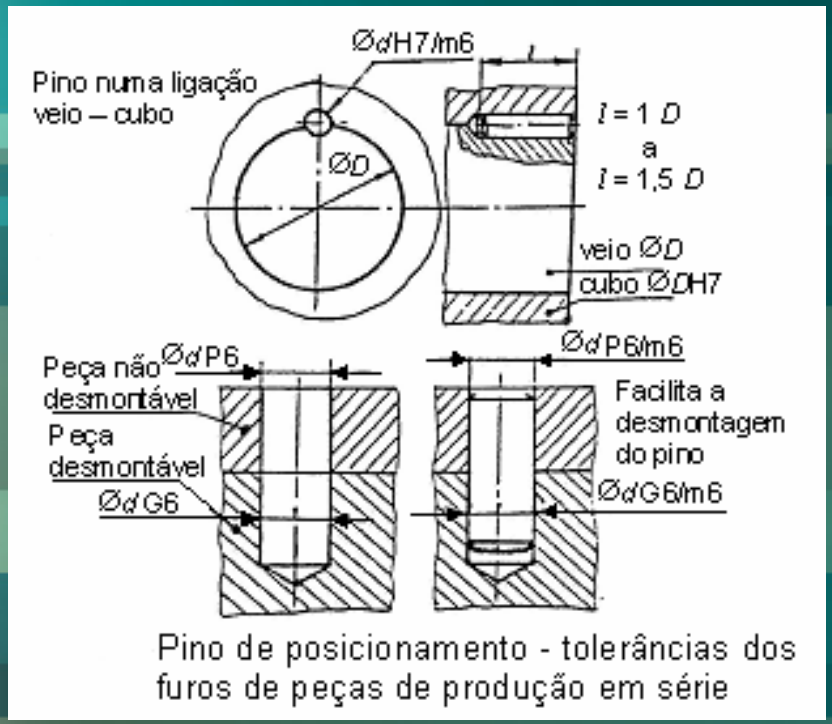
- Pinos Cilíndricos:
  - Normas:
    - ISO 2338: 1997 – Parallel pins, of unhardened steel and austenitic stainless steel
    - ISO 8734: 1986 – Parallel pins, of hardened steel and martensitic stainless steel
  - Forma e material:
    Os topos chanfrados podem ser ligeiramente encovados.
    - **Pinos ISO 2338**: aço não temperado (**St**) (durezas: 125 a 245 HV30), e aço inox (**A1**), c/ durezas entre 210 e 280 HV30.
    - P**inos ISO 8734:** aço temperado (**St**) [durezas: 550 a 650 HV30 - **têmpera total** (**tipo A**) ou 600 e 700 HV1 - **têmpera superficial** (**tipo B**)] e aço inox (**C1**), com durezas entre 460 e 560 HV30.

Ligações com Pinos

- Pinos Cilíndricos:
  - **Dimensões:**
    Em furos transversais de veios com diâmetro *D*, usar pinos com diâmetros: *d* = *D* / 3,3 a *D* / 5.
  - Aplicações:
    Em ligações que **transmitem potências** relativamente pequenas. Quando é solicitado por **forças de corte** deverá ser montado com um ajustamento **G7/m6** (o que é relativamente caro). As suas principais aplicações são:
    – No acoplamento veio – cubo: Designado por chaveta redonda. Usar uma broca de $\varnothing d_0 < \varnothing d$, e mandrilar para uma tolerância $\varnothing d$ H7. Utilizar como valores práticos: $d = 0{,}13\ D$ a $0{,}16\ D$; $l = 1\ D$ a $l = 1{,}5\ D$.
    – Como pino de posicionamento: Dois furos bem distantes, para neles alojar pinos cilíndricos. Se os furos forem acabados, em simultâneo, com um só mandril, a peça não desmontável é aquela em que o furo é cego.

Ligações com Pinos

- Pinos Cilíndricos:



Pino de posicionamento - tolerâncias dos furos de peças de produção em série

Pinos cilíndricos

Nominal *d*	*c*	*l* (ISO 2338) de ... a	*l* (ISO 8734) de ... a
0,6	0,12	2 ... 6	
0,8	0,16	2 ... 8	
1	0,2	4 ... 10	3 ... 10
1,2	0,25	4 ... 12	
1,5	0,3	4 ... 16	4 ... 16
2	0,35	6 ... 20	5 ... 20
2,5	0,4	6 ... 24	6 ... 24
3	0,5	8 ... 30	8 ... 30
4	0,63	8 ... 40	10 ... 40
5	0,8	10 ... 50	12 ... 50
6	1,2	12 ... 60	14 ... 60
8	1,6	14 ... 80	18 ... 80
10	2	18 ... 95	22 ... 200
12	2,5	22 ... 140	26 ... 200
16	3	26 ... 180	40 ... 200
20	3,5	35 ... 200	50 ... 200
25	4	50 ... 200	
30	5	60 ... 200	
40	6,3	80 ... 200	
50	8	95 ... 200	

Adoptar os **comprimentos normais** ***l*** = 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

– **Designação:**

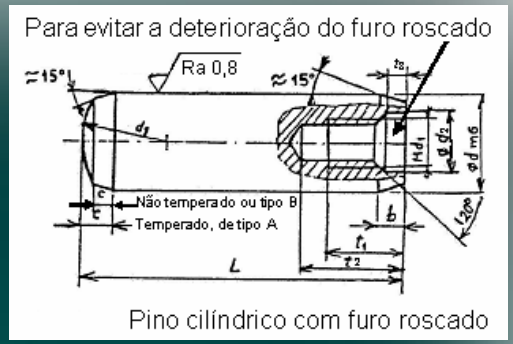
- Pino cilíndrico ISO 2338 – *d* × *l* – material

- Pino cónico ISO 2338 – 6 m6 × 30 – St

- Pino cilíndrico ISO 8734 - *d* × *l* - tipo - material

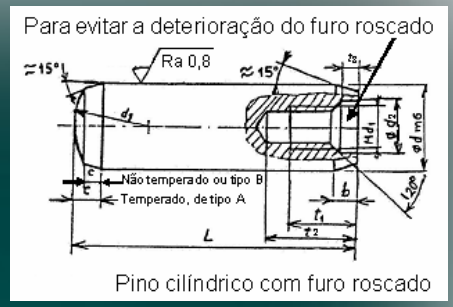
- Pino cónico ISO 8734 – 6 × 30 – A - St

Ligações com Pinos



- Pinos Cilíndricos com Furo Roscado:
  - Normas:
    - ISO 8733: 1997 – Parallel pins with internal thread of unhardened steel and austenitic stainless steel
    - ISO 8735: 1997 – Parallel pins with internal thread of hardened steel and martensitic stainless steel
  - Forma:
    Uma das extremidades pode ser **boleada** (ISO 8735 – tipo A) ou **com chanfro** (ISO 8733 e ISO 8735 – tipo B) de 15º e alturas ***c***.
    A outra extremidade tem um chanfro e um furo alargado, no início, e depois roscado.
    Na superfície cilíndrica, nos pinos ISO 8733 e ISO 8735 – tipo A, pode haver uma **pequena faceta plana ou ranhura** para facilitar a evacuação do ar, quando se introduz o pino num furo cego.

Ligações com Pinos

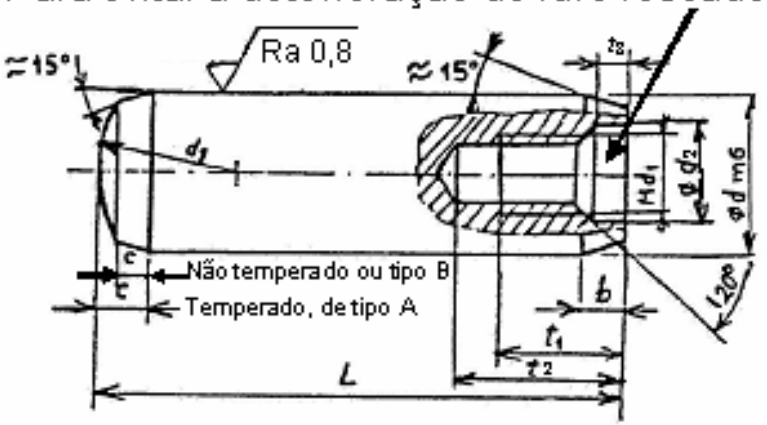


- Pinos Cilíndricos com Furo Roscado:
  - Material:
    - **Pinos ISO 8733**: aço não temperado (**St**), durezas entre 125 e 245 HV30 e aço inox (**A1**), durezas entre 210 e 280 HV30.
    - **Pinos ISO 8735**: aço temperado (**St**), durezas entre 550 e 650 HV30 [têmpera total (**tipo A**)] ou 600 e 700 HV1 [têmpera superficial (**tipo B**)], e aço inoxidável (**C1**), com durezas entre 460 e 560 HV30.
    - **Pino ISO 8733:** aço não temperado (**St**) ou aço inox austenítico (**A1**), e topos chanfrados.
    - **Pino ISO 8735** de aço temperado:
      - **Tipo A** - aço c/ têmpera total (**St**) ou aço inoxidável martensítico (**C1**), e topo boleado.
      - **Tipo B** - aço c/ têmpera superficial (**St**) e topo plano c/ chanfro.
  - Aplicações: Idênticas às dos pinos cilíndricos simples (*d* m6), mas mais fáceis de extrair.

Ligações com Pinos

- Pinos Cilíndricos com Furo Roscado:

Para evitar a deterioração do furo roscado



Pino cilíndrico com furo roscado

Pinos cilíndricos, com furo roscado

Nominal d (m6)	b	c	c	Md_1	t_1	t_2	d_2	t_3	l
	≈	cantos vivos	cantos arred.			min.			de ... a
6	0,8	1,2	2,1	M4	6	10	4,3	1	16 ... 60
8	1	1,6	2,6	M5	8	12	5,3	1,2	18 ... 80
10	1,2	2	3	M6	10	16	6,4	1,2	22 ... 100
12	1,6	2,5	3,8	M6	12	20	6,4	1,2	26 ... 120
16	2	3	4,6	M8	16	25	8,4	1,5	32 ... 160
20	2,5	3,5	6	M10	18	28	10,5	1,5	40 ... 200
25	3	4	6	M16	24	35	17	2	50 ... 200
30	4	5	7	M20	30	40	21	2	60 ... 200
40	5	6,3	8	M20	30	40	21	2,5	80 ... 200
50	6,3	8	10	M24	36	50	25	2,5	100 ... 200

Adoptar os **comprimentos normais:**

l = 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

– **Designação:**

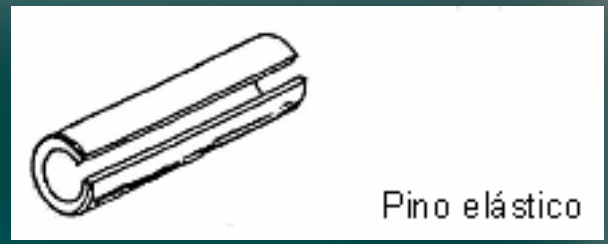
- Pino cilíndrico ISO 8733 – *d* × *l* – mat.

- Pino cilíndrico ISO 8733 – 6 × 30 – St
- Pino cilíndrico ISO 8733 – 6 × 30 – A1

- Pino cilíndrico ISO 8735 - *d* × *l* - tipo - mat.

- Pino cilíndrico ISO 8735 – 6 × 30 – A – St
- Pino cilíndrico ISO 8735 – 6 × 30 – C1

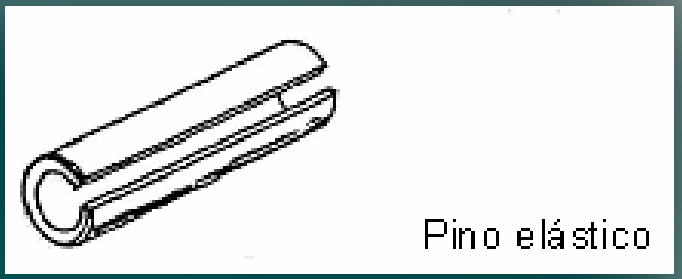
Ligações com Pinos



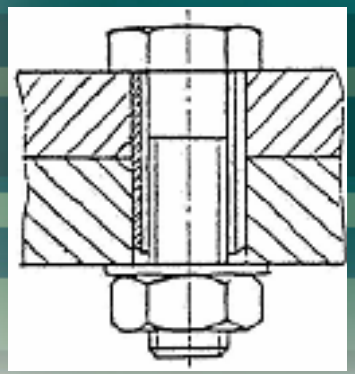
- Pinos Elásticos:
  - Normas:
    - ISO 8752: 1997 – Spring-type straight pins – Slotted, heavy duty
    - ISO 13337: 1997 – Spring-type straight pins – Slotted, light duty
  - Forma e material:
    Peça cilíndrica oca com fenda longitudinal. As suas extremidades são chanfradas.
    Pinos são produzidos em duas séries:
    - **Série pesada** ou **espessa** (ISO 8752), de utilização mais frequente.
    - **Série leve** ou **fina** (ISO 13337), para utilização em peças delicadas.

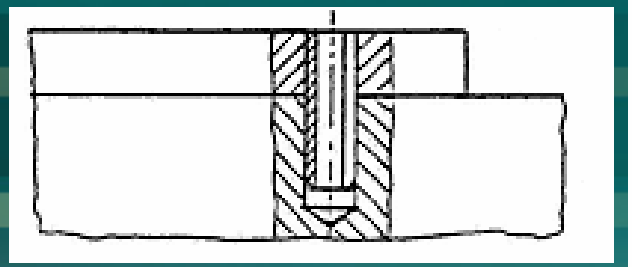
    Material: chapa de **aço de mola** (**St** e inoxidáveis **A** e **C**), c/ tratamento térmico, apresentando grande resistência mecânica e alta resiliência.

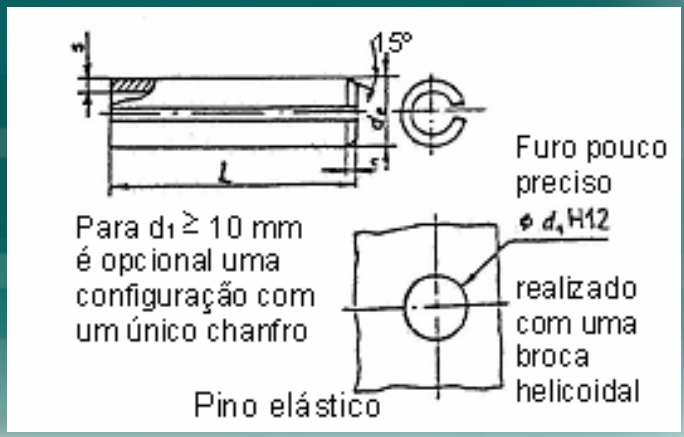
Ligações com Pinos



- Pinos Elásticos:
  - Aplicações:
    Usar furos de diâmetros com tolerâncias largas (**H12**). O **pino elástico espesso** apresenta uma **resistência ao corte** maior do que a do pino cilíndrico, com o mesmo diâmetro nominal (112%).
    Principais aplicações:
    - Pino de posicionamento;
    - Pino de posicionamento combinado com parafuso e porca para fixação. (O pino resiste ao esforço de corte e o parafuso ao esforço de tracção.)

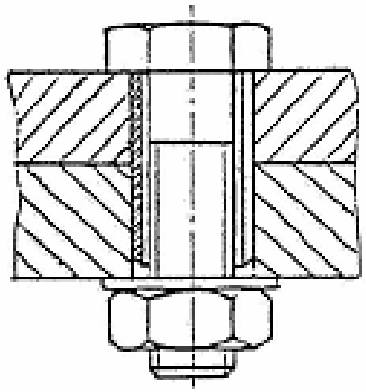






Ligações com Pinos

- Pinos Elásticos:



Exemplos:

Parafuso	Pinos elásticos	
	Pesados	Leves
	d* x *s	***d* x *s***
M10	18 x 3,5	14 x 1,5
M12	21 x 4	16 x 1,5
M16	28 x 5,5	21 x 2

Pino de posicionamento combinado com parafuso-porca de fixação

Pinos elásticos

Diâm. nom. Diâmetro do furo d1 H12	Comprimento		Pino pesado			Pino leve		
	*l*min.	*l*max.	Chanfro *c* min.	Espes. *s*	Paraf. M*d*	Chanfro *c* min.	Espes. *s*	Paraf. M*d*
1	4	20	0,15	0,2				
1,5	4	20	0,25	0,3				
2	4	30	0,35	0,4		0,2	0,2	
2,5	4	30	0,4	0,5		0,25	0,25	
3	4	40	0,5	0,6		0,25	0,3	
3,5	4	40	0,6	0,75		0,3	0,35	
4	4	50	0,65	0,8		0,5	0,5	
4,5	5	50	0,8	1		0,5	0,5	M3
5	5	80	0,9	1		0,5	0,5	
6	10	100	1,2	1,2	M3	0,7	0,75	M4
8	10	120	1,6	1,5	M4	1,5	0,75	M6
10	10	160	2,0	2	M5	2,0	1	
12	10	180	2,0	2,5	M6	2,0	1	M8
13	10	180	2,0	2,5		2,0	1,2	
14	10	200	2,0	3		2,0	1,5	M10
16	10	200	2,0	3	M8	2,0	1,5	M12
18	10	200	2,0	3,5	M10	2,0	1,7	M14
20	10	200	3,0	4		2,0	2	
21	14	200	3,0	4	M12	2,0	2	M16
...	...	...	...	...		...	...	
50	20	200	4,0	9,5		4,0	5	

Adoptar os **comprimentos normais** ***l*** = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

– **Designação:**

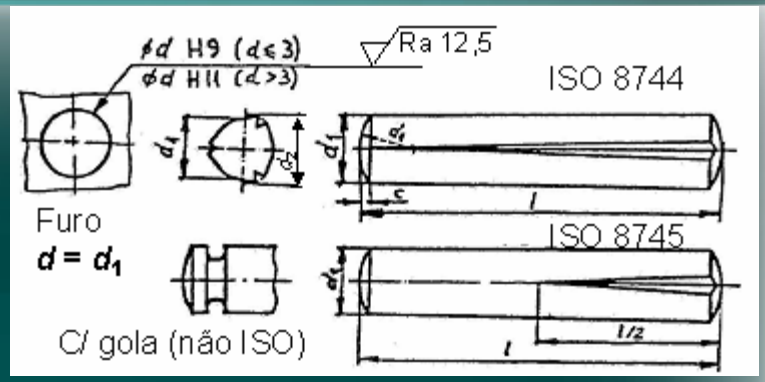
- Pino elástico ISO 8752 – *d* × *l* – mat.

- Pino elástico ISO 8752 – 6 × 30 – St

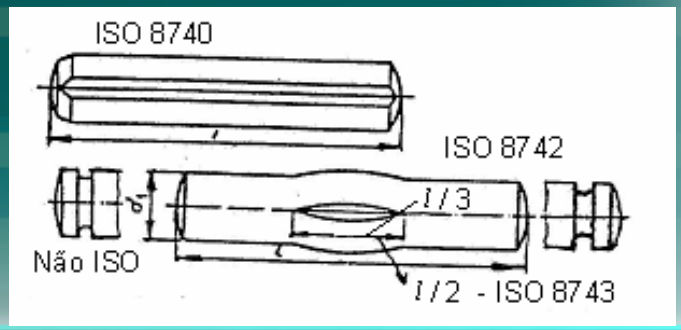
- Pino elástico ISO 13337 – *d* × *l* – mat.

- Pino elástico ISO 13337 – 6 × 30 – St

Ligações com Pinos

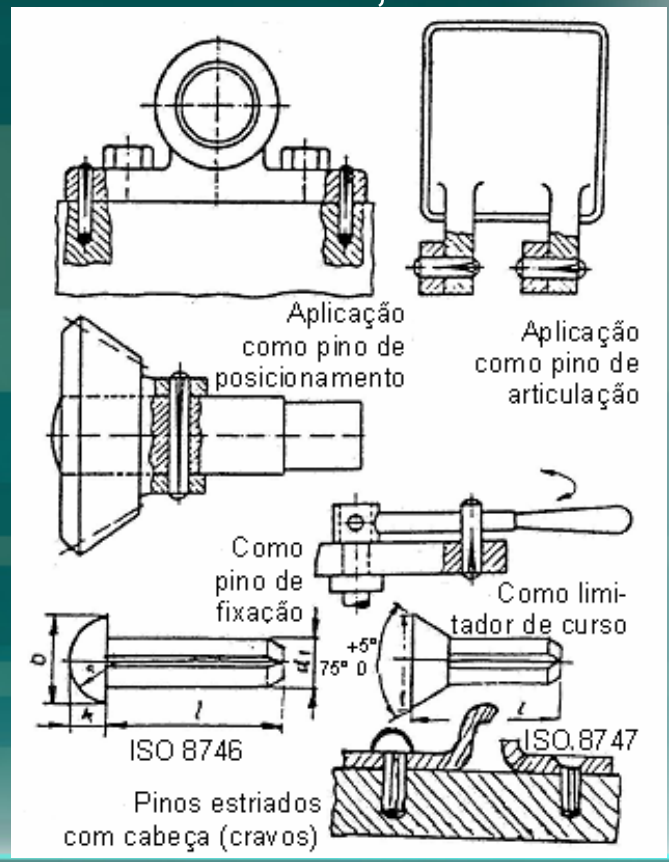


- Pinos com Estrias:
  - Normas:
    - ISO 8739: 1997 – Grooved pins – Full-length parallel grooved, with pilot
    - ISO 8740 /1 /2 /3 /4 /5 /6 /7: 1997 – Grooved pins – ...
  - Forma e material:
    Peças cilíndricas ou cónicas com **3 entalhes em V** dispostos longitudinalmente na sua superfície exterior.
    Alguns pinos cilíndricos estriados podem apresentar uma cabeça esférica ou de embeber (**cravos**).
    Materiais: aço (**St**), com durezas entre 125 e 245 HV30 e aço inox austenítico (**A1**), com durezas entre 210 e 280 HV30.



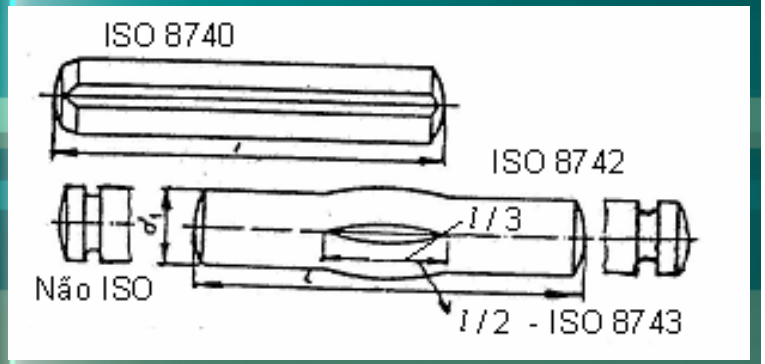
Ligações com Pinos

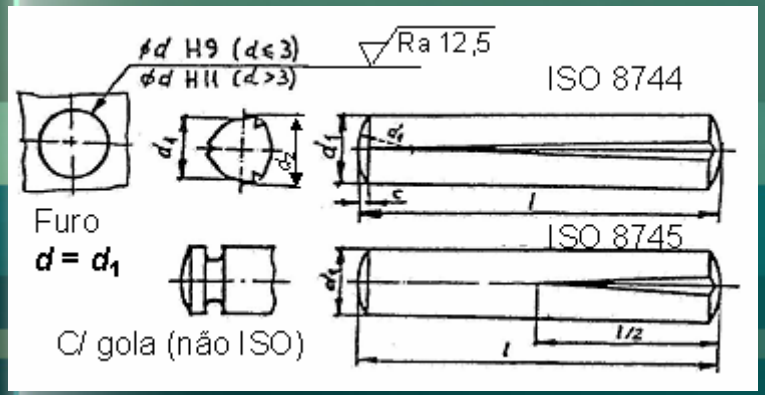
- Pinos com Estrias:
  - Aplicações (pinos económicos):
    Num **furo cilíndrico**, são fixados firmemente devido às deformações produzidas pelas estrias. Deste modo, o **furo** pode ser produzido com uma tolerância mais larga (até **H12**).
    Principais **aplicações**:
    - **Posicionamento**;
    - **Articulação**;
    - **Fixação**;
    - **Limitador** de curso;
    - Pinos com cabeça para **fixação**;
    - Aplicação de **cravos** na fixação de peças diversas (chapas, dobradiças, etc.) em peças metálicas.



Ligações com Pinos

- Pinos com Estrias:





Pinos com estrias

Diâmetro Nominal d_1	Chanfro ISO 8746 ISO 8747	Boleado	Comprimentos ISO 8746 ISO 8747 l de	a	ISO 8739 ISO 8740 l de	a	ISO 8744 l de	a	ISO 8742 ISO 8743 l de	a	ISO 8741 l de	a	Cabeças D min.	k min.
1,4	0,42		3	6									2,2	0,7
1,5		0,2			8	20	8	20	8	20	8	20		
1,6	0,48		3	8									2,6	0,9
2	0,6	0,25	3	10	8	30	8	30	12	30	8	30	3,3	1,1
2,5	0,75	0,3	3	12	10	30	8	30	12	30	8	30	4,2	1,4
3	0,9	0,4	4	16	10	40	8	40	12	40	8	40	4,95	1,65
4	1,2	0,5	5	10	10	60	8	60	18	60	10	60	6,75	2,25
5	1,5	0,63	6	25	14	60	8	60	18	60	10	60	8,5	2,85
6	1,8	0,8	8	30	14	80	10	80	22	80	12	80	10,2	3,45
8	2,4	1	10	40	14	100	12	100	26	100	14	100	13,6	4,6
10	3,0	1,2	12	40	14	100	14	120	32	160	18	160	14,9	6,5
12	3,6	1,6	16	40	18	100	14	120	40	200	26	200	17,7	7,5
16	4,8	2	20	40	22	100	24	120	45	200	26	200	23,7	10
20	6	2,5	25	40	26	100	26	120	45	200	26	200	30,7	13
25		3			26	100	26	120	45	200	26	200		

Adoptar os **comprimentos normais** l = 3, 4, 5, 6 (só cravos), 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200 (≈ js15).

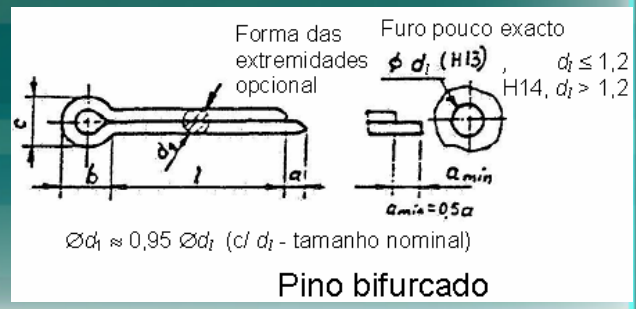
– **Designação:**

- Pino com estrias norma – $d1 \times l$ – mat.

- Pino com estrias ISO 8752 – 6 × 30 – St

Ligações com Pinos

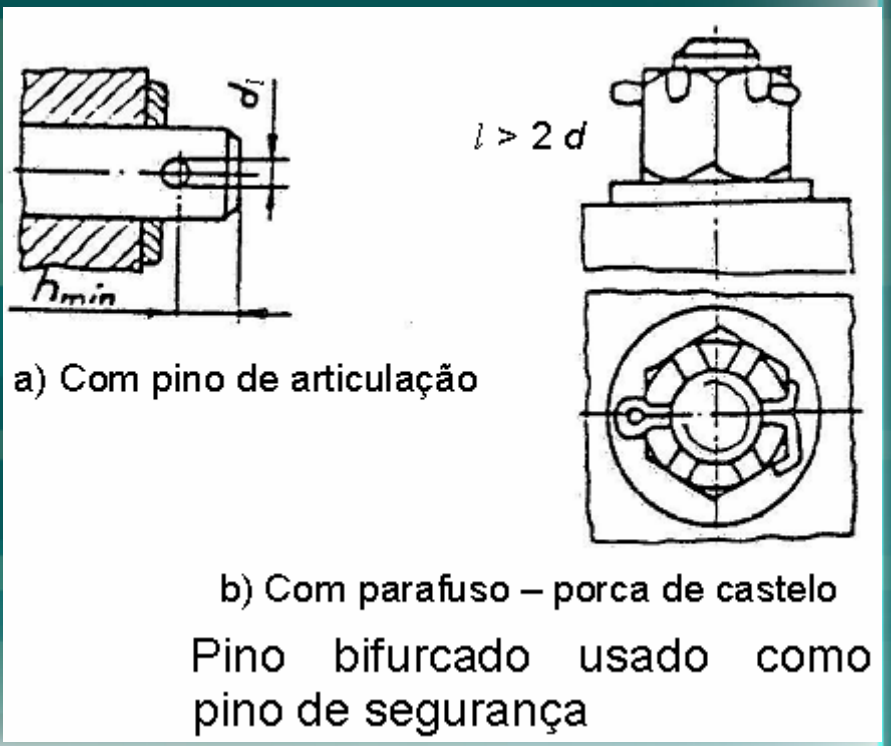
- Pinos Bifurcados:
  - Norma: ISO 1234: 1997 – Split pins
  - Forma e material:
    O **pino bifurcado** (ou **troço**) é formado por uma barra de secção semicircular maciça, dobrada de modo a formar um olhal e com ramos de comprimentos diferentes.
    O **diâmetro nominal *d*** do pino bifurcado é o **diâmetro do furo passante** onde ele deverá ser alojado.
    Materiais:
    - **St** – aço;
    - **Cu Zn** – Liga de cobre-zinco (latão);
    - **Cu** – Cobre;
    - **Al** – Alumínio;
    - **A** – Aço inoxidável austenítico.



Pino bifurcado

Ligações com Pinos

- Pinos Bifurcados:
  - Aplicações:
    Para **ligações de segurança**. Depois de montado, os seus dois ramos são afastados e dobrados, para que o pino não possa soltar-se espontaneamente.
    Pino de segurança:
    Usados para **imobilização de porcas** em locais de forte trepidação (caso dos veículos automóveis).
    Também podem ser utilizados para a **imobilização de pinos de articulação**.

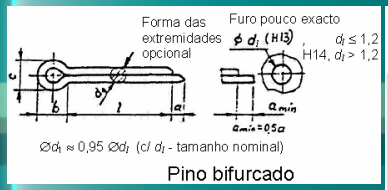


Pino bifurcado usado como pino de segurança

Ligações com Pinos

- Pinos Bifurcados:

Adoptar os **comprimentos normais**
l = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280



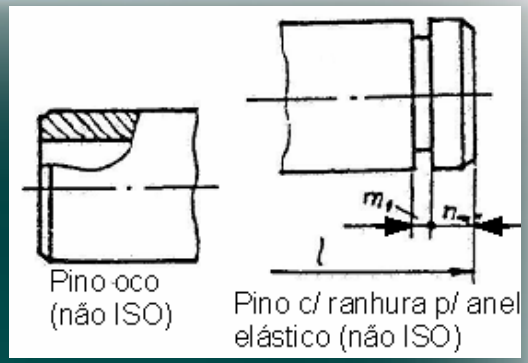
Pino bifurcado

Pinos bifurcados

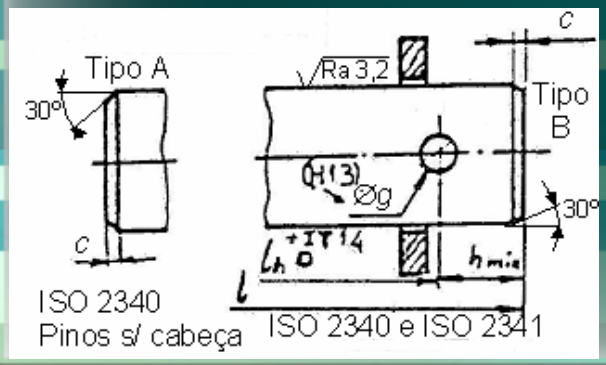
Tamanho nominal d_1 (furo)	d_1 min.	d_1 max.	a max	c min.	c max.	Comprimento l min.	Comprimento l max.	Usar em paraf. Md de até	h_{min}	Usar em pino Ød > até	h_{min}
0,6	0,4	0,5	1,6	0,9	1,0	4	12	M2,5	1	-- – 2	
0,8	0,6	0,7	1,6	1,2	1,4	5	16	M3	1,2	2 – 3	1,6
1	0,8	0,9	1,6	1,6	1,8	6	20	M4	2,3	3 – 4	2,2
1,2	0,9	1	2,5	1,7	2,0	8	25	M5	2,6	4 – 5	2,9
1,6	1,3	1,4	2,5	2,4	2,8	8	32	M7	3,3	5 – 6	3,2
2	1,7	1,8	2,5	3,2	3,6	10	40	M8	3,9	6 – 8	3,5
2,5	2,1	2,3	2,5	4,0	4,6	12	50	M10	4,9	8 – 9	4
3,2	2,7	2,9	3,2	5,1	5,8	14	63	M12...M14	5,9	9 – 12	4,5 a 5,5
4	3,5	3,7	4	6,5	7,4	18	80	M16...M20	7	12 – 17	6
5	4,4	4,6	4	8,0	9,2	22	100	M22...M27	8,7	17 – 23	7 a 8
6,3	5,7	5,9	4	10,3	11,8	32	125	M30...M39	11,2	23 – 29	9
8	7,3	7,5	4	13,1	15,0	40	160	M42...M52	14,7	29 – 44	10
10	9,3	9,5	6,3	16,6	19,0	45	200	M56...M80	16	44 – 69	12 a 14
13	12,1	12,4	6,3	21,7	24,8	71	250	M82...M120	20	69 – 110	16
16	15,1	15,4	6,3	27,0	30,8	112	280	M125...M170		110 – 160	18
20	19	19,3	6,3	33,8	38,5	160	280	M175...–		160 – ---	

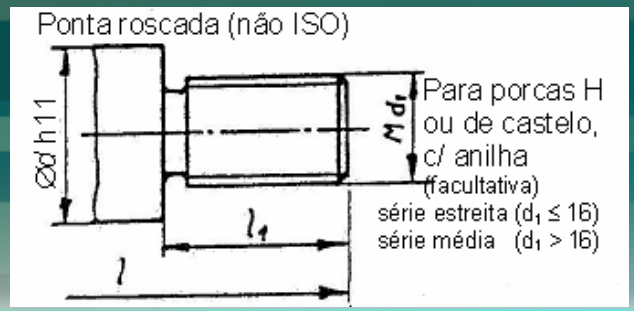
– **Designação:**
- **Pino bifurcado ISO 1234 – *dl* × *l* – material**
- Pino bifurcado ISO 1234 – 5 × 50 – St

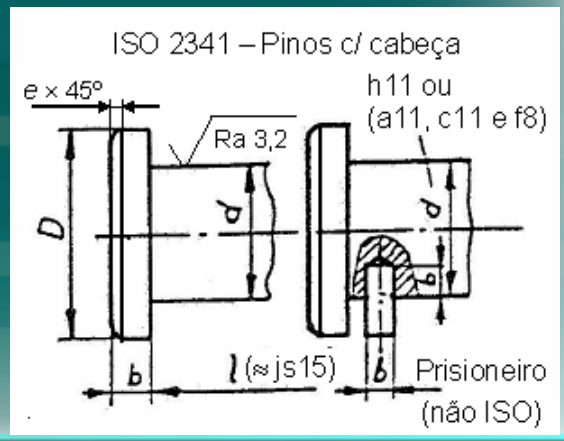
Ligações com Pinos



- Pinos (Cavilhas) de Articulação:
  - Normas:
    - ISO 2340: 1986 – Clevis pins without head
    - ISO 2341: 1986 – Clevis pins with head
  - Forma e material:
    Pequenos veios fixos que podem ter diferentes formas.
    Os pinos ISO 2340 e ISO 2341 apenas têm normalizadas as **pontas planas c/ chanfro (tipo A) e com furo p/ pino bifurcado (tipo B)**.
    Materiais: aço de corte fácil (**St**), com durezas entre 125 e 245 HV.







Ligações com Pinos

- Pinos (Cavilhas) de Articulação:

Anilhas planas p/ pinos de articulação

$d = 3, \ldots, 100$

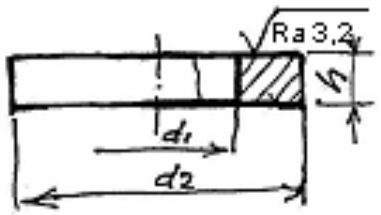
$d_1 = 3, \ldots, 100$ (H14)

$(d_1 = d_{1\min} = d)$

$d_2 = 6, \ldots, 120$ (h15)

$(d_2 = d_{2\max})$

$h = 0{,}8, \ldots, 12$



Exemplo: **Anilha ISO 8738 – 8 – 160 HV**

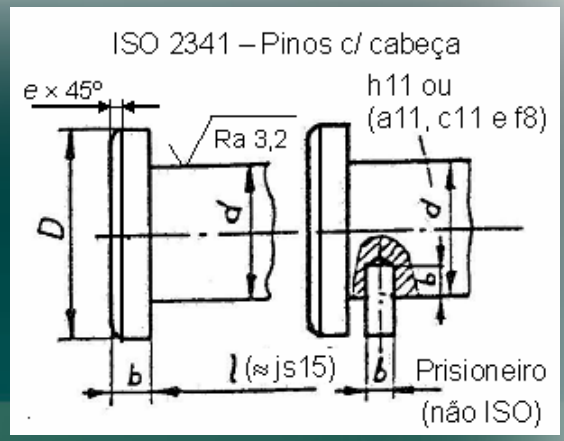
Pinos de articulação

Tamanho nominal d (h11)	Cabeça D	b	e	Chanfro c	Furo p/ pino g	h_{min}	Ponta roscada Md_1	l_1	Comprimento l de	a
3	5	1	0,5	1	0,8	1,6			6	30
4	6	1	0,5	1	1	2,2			8	40
5	8	1,6	1	2	1,2	2,9			10	50
6	10	2	1	2	1,6	3,2	M5	8	12	60
8	14	3	1	2	2	3,5	M8	10	16	80
10	18	4	1	2	3,2	4,5	M8	13	20	100
12	20	4	1,6	3	3,2	5,5	M10	16	24	120
14	22	4	1,6	3	4	6	M12	19	28	140
16	25	4,5	1,6	3	4	6	M12	19	32	160
18	28	5	1,6	3	5	7	M14	22	35	180
20	30	5	2	4	5	8	M16	25	40	200
22	33	5,5	2	4	5	8	M16	25	45	200
24	36	6	2	4	6,3	9	M18	29	50	200
27	40	6	2	4	6,3	9	M20	31	55	200
30	44	8	2	4	8	10	M22	33	60	200
33	47	8	2	4	8	10	M22	33	65	200
36	50	8	2	4	8	10	M24	37	70	200
40	55	8	2	4	8	10	M27	40	80	200
45	60	9	2	4	10	12	M30	45	90	200
50	66	9	2	4	10	12	M33	48	100	200
55	72	11	3	6	10	14	M39	56	120	200
60	78	12	3	6	10	14	M42	62	120	200
70	90	13	3	6	13	16			140	200
80	100	13	3	6	13	16			160	200
90	110	13	3	6	13	16			180	200
100	120	13	3	6	13	16			200	

Adoptar os **comprimentos normais** l = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200.

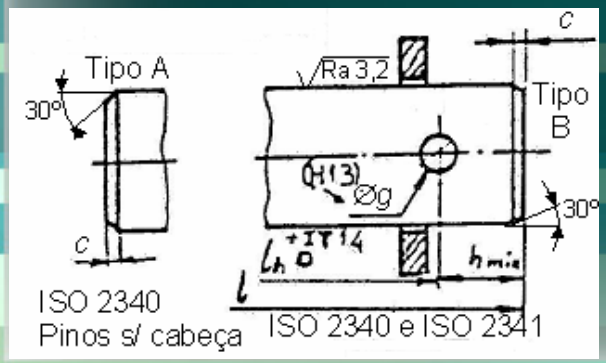
Ligações com Pinos

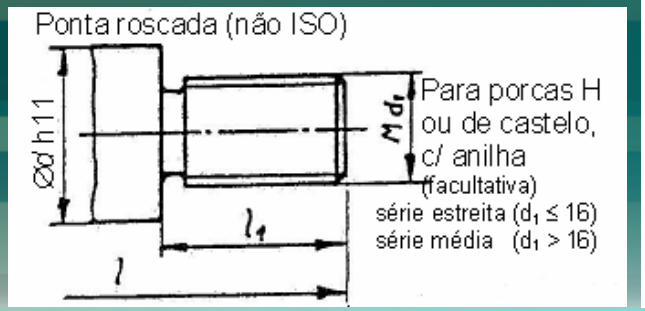
- Pinos (Cavilhas) de Articulação:

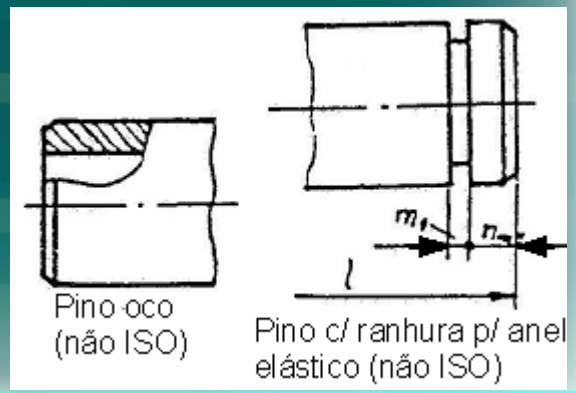


Designação:

- **Pino de articulação ISO 2340 – tipo – *d* × *l* – material** (Pino s/ cabeça)
- Pino de articulação ISO 2340 – B – 20 × 100 – St, c/ outro furo p/ pino, ***d*** × ***l*** **x** ***g*** × l_h – **mat.**
- **Pino de articulação ISO 2341 – tipo – *d* × *l* – material** (Pino c/ cabeça)
- Pino de articulação ISO 2341 – B – 20 × 100 – St, c/ outro furo p/ pino, ***d*** × ***l*** **x** ***g*** × l_h – **mat.**
- Pino de articulação ISO 2341 – A – 18 × 80 – c/ ranhura p/ anel elástico – St
- Pino de articulação ISO 2341 – A – 18 × 80 – c/ ponta roscada – St



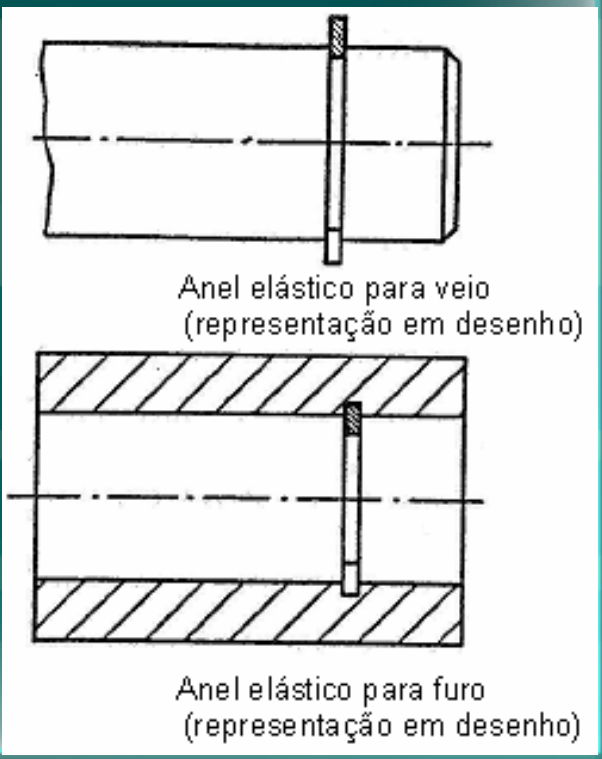




Anéis Elásticos

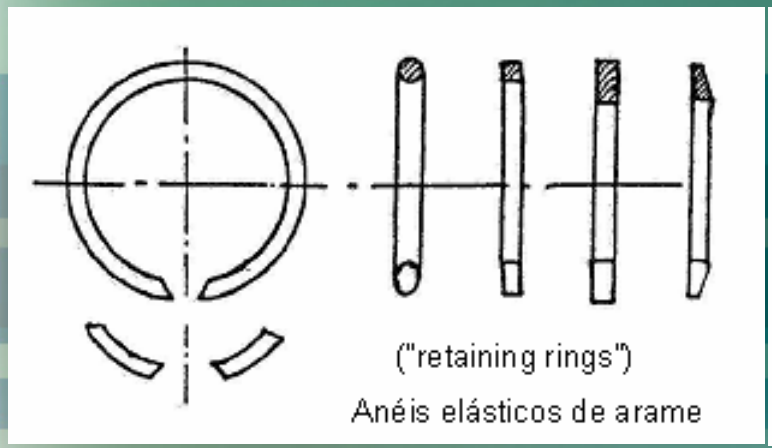
- Os **anéis elásticos** (anéis de segurança ou freios) permitem fazer a **fixação axial** (ligação em translação), **por obstáculo**, de um veio com um cubo.
  Os anéis elásticos são encaixados em:
  - **ranhuras cavadas em veios**;
  - **ranhuras cavadas em furos**.
- **Tipos, material e acabamento:**
  - **anéis elásticos de arame** ("retaining rings"), de secção uniforme cilíndrica (o caso mais habitual), quadrada, rectangular, etc.;
  - **anéis elásticos estampados** ("circlips"), de secção rectangular em que há um adelgaçamento da espessura radial, desde a secção central até às orelhas.

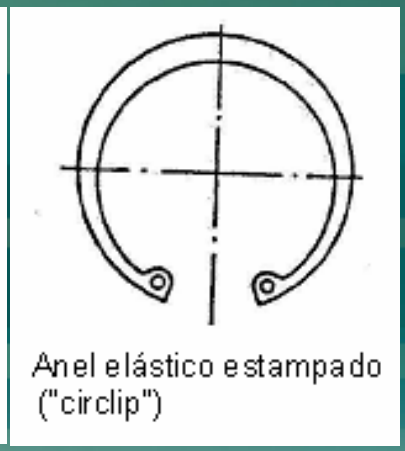
  Materiais: arame ou de chapa de **aço de mola**, por exemplo, DIN **C 67**, **C 75** e **Ck 75** ou AFNOR **XC75** (à escolha do fabricante).

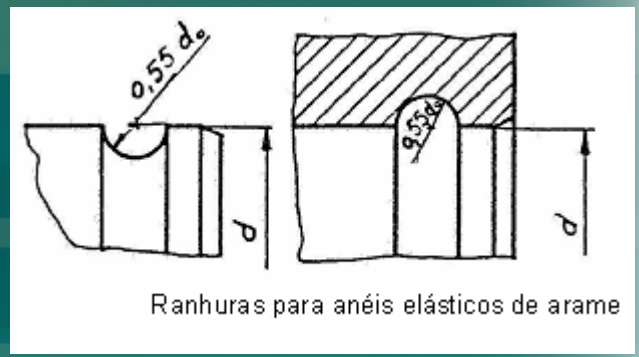


Anéis Elásticos

- Ranhuras:
  As ranhuras (canais) deverão ter uma secção apropriada à forma do anel elástico, e ter arestas vivas na zona exterior.
  No caso dos anéis elásticos de arame redondo (anéis elásticos de retenção), as ranhuras têm uma forma aproximadamente semicircular.







Anéis Elásticos

- **Normas:**
  Actualmente, não existem ainda normas ISO sobre este assunto.

Normalização

Anéis elásticos	DIN	NF
Para veios – série normal	471	E 22-163
Para veios – série forte	471	E 22-163
Para furos – série normal	472	E 22-165
Para furos – série forte	472	E 22-165
Para veios – c/ apoio aumentado	983	
Para furos – c/ apoio aumentado	984	
De montagem radial	6799	L 23-203
De arame redondo	7993	

Designação:
Anel elástico p/ (veio ou furo) norma *d*1 x *s*
Anel elástico para veio DIN 471 35 x 1,5 (anel da série normal)
Anel elástico para furo DIN 472 35 x 1,5 (anel da série normal)
Anel elástico para furo DIN 472 35 x 1,75 (da série forte)

Anéis Elásticos

- **Capacidade de carga axial**:
  As capacidades de **carga da ranhura (F_N) e do anel elástico (F_R e F_{Rg})**, indicadas nos quadros, consideram apenas a existência de um **factor de segurança ≥ 2**, em relação à rotura sob tensão estática.
  As cargas F_N indicadas implicam:
  - uma **distância mínima n_{min}** entre a ranhura e a extremidade da peça;
  - material com um **limite mínimo de elasticidade de Re ≥ 200 MPa**;
  - ranhuras com arestas vivas e uma **profundidade *t*** igual às indicadas nos quadros.

  Se a profundidade ***t'*** ≠ ***t*** (quadros) e limite mínimo de elasticidade **R'e** ≠ **Re** (200 MPa):

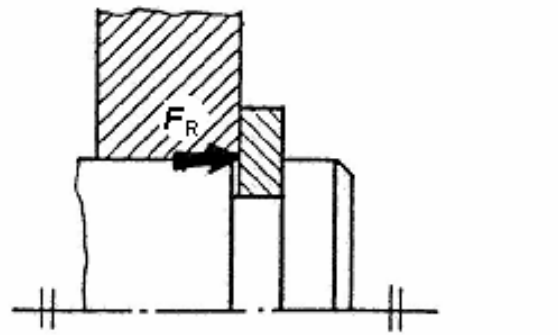
  $$F'_N = F_N \, (t' / t \,) \, (R'e / 200) \;\; kN$$

Anéis Elásticos

- **Capacidade de carga axial**:
  Os anéis elásticos trabalham ao corte. As cargas F_R actuantes no anel são válidas para aços com um **módulo de elasticidade E = 210 000 N/mm²**.
  Se o módulo de elasticidade $E' \neq E$:

  $$F'_R = F_R \, (E' / 210\,000) \ \text{kN}$$

  Se a peça bloqueada tem um chanfro ou um canto arredondado, a carga axial provoca a flexão do anel. As cargas admissíveis F_{Rg} serão inferiores a F_R e são válidas para uma **altura de chanfro *g*** e aços com **E = 210 000 N/mm²**.



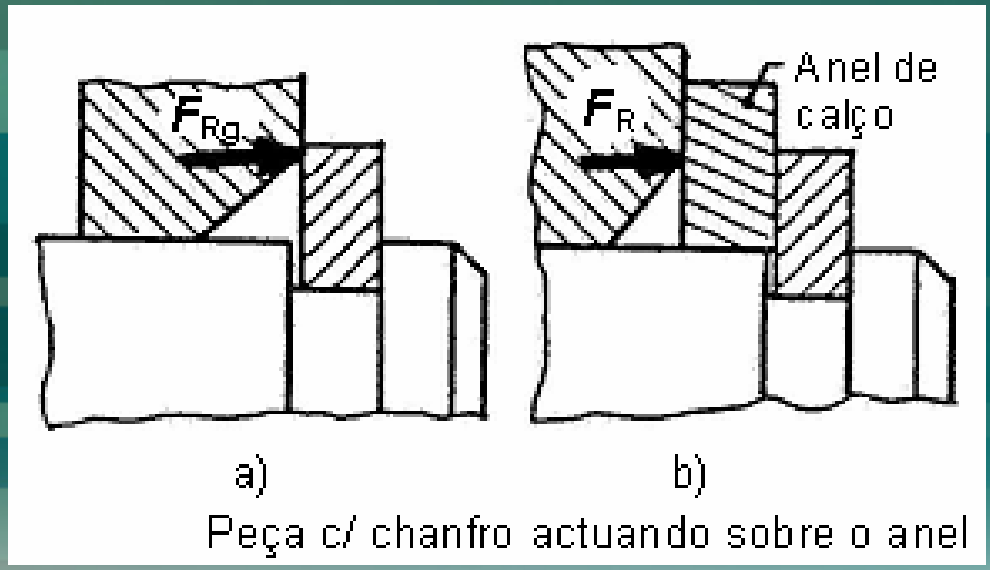
Peça s/ chanfro actuando sobre o anel

Anéis Elásticos

- **Capacidade de carga axial**:
  Se o módulo de elasticidade ***E'*** ≠ ***E*** e a altura de chanfro ***g'*** ≠ ***g*** (quadro):

  $$F'_{Rg} = F_{Rg} \, (g / g') \, (E' / 210\,000) \;\; kN$$

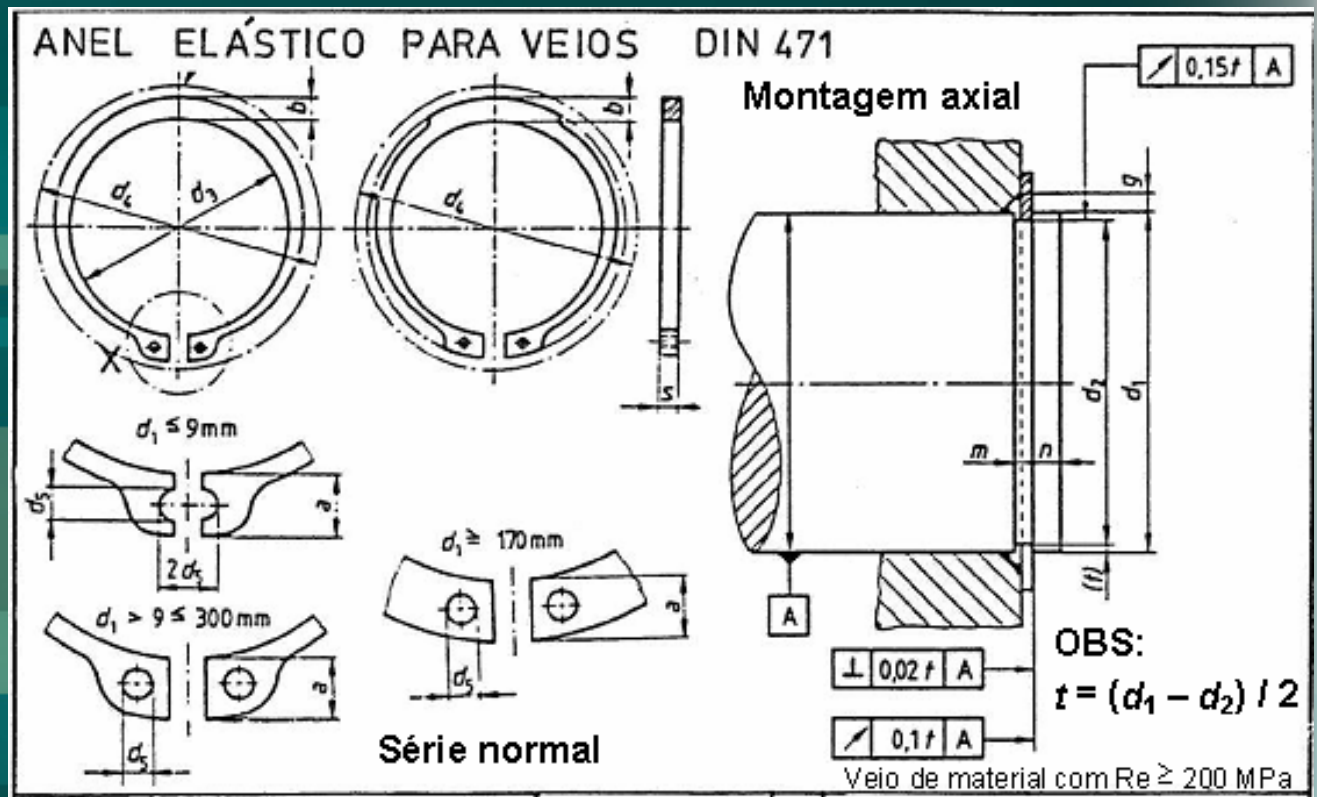
  Para evitar o efeito da flexão, deve colocar-se um **anel de calço**, com arestas vivas, entre a peça e o anel elástico.



Peça c/ chanfro actuando sobre o anel

Anéis Elásticos

- DIN 471



d_4	ANEL s	d_3	a máx	b ≈	d_5 mín	Massa / 1000 un.	RANHURA d_2	m H13	t	n mín	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{R_0} kN	n min^{-1}	
3	0,4	2,7	1,9	0,8	1	0,017	2,8 $^{0}_{-0,04}$ (h10)	0,5	0,1	0,3	7	0,15	0,47	0,5	0,27	360000	3
4	0,4	3,7	2,2	0,9	1	0,022	3,8	0,5	0,1	0,3	8,6	0,20	0,50	0,5	0,30	211000	
5	0,6	4,7	2,5	1,1	1	0,066	4,8 $^{0}_{-0,048}$ (h10)	0,7	0,1	0,3	10,3	0,26	1,00	0,5	0,80	154000	
6	0,7	5,6	2,7	1,3	1,2	0,084	5,7	0,8	0,15	0,5	11,7	0,46	1,45	0,5	0,90	114000	
7	0,8	6,5	3,1	1,4	1,2	0,121	6,7	0,9	0,15	0,5	13,5	0,54	2,60	0,5	1,40	121000	
8	0,8	7,4	3,2	1,5	1,2	0,158	7,6 $^{0}_{-0,06}$ (h10)	0,9	0,2	0,6	14,7	0,81	3,00	0,5	2,00	96000	
9	1	8,4	3,3	1,7	1,2	0,300	8,6	1,1	0,2	0,6	16	0,92	3,50	0,5	2,40	85000	

Anéis Elásticos

- DIN 471 (cont.)

10	1		9.3		3.3	1.8	1.5	0.340	9.6		1.1	0.2	0.6	17	1.01	4.00	1	2.40	84000	10
11	1		10.2		3.3	1.8	1.5	0.410	10.5		1.1	0.25	0.8	18	1.40	4.50	1	2.40	70000	
12	1		11		3.3	1.8	1.7	0.500	11.5		1.1	0.25	0.8	19	1.53	5.00	1	2.40	75000	
13	1		11.9		3.4	2	1.7	0.530	12.4		1.1	0.3	0.9	20.2	2.00	5.80	1	2.40	66000	
14	1		12.9	+0.10 −0.36	3.5	2.1	1.7	0.640	13.4	0 −0.11 (h11)	1.1	0.3	0.9	21.4	2.15	6.35	1	2.40	58000	
15	1		13.8		3.6	2.2	1.7	0.670	14.3		1.1	0.35	1.1	22.6	2.66	6.90	1	2.40	50000	
16	1		14.7		3.7	2.2	1.7	0.700	15.2		1.1	0.4	1.2	23.8	3.26	7.40	1	2.40	45000	
17	1		15.7		3.8	2.3	1.7	0.820	16.2		1.1	0.4	1.2	25	3.46	8.00	1	2.40	41000	
18	1.2		16.5		3.9	2.4	2	1.11	17		1.3	0.5	1.5	26.2	4.58	17.0	1.5	3.75	39000	
19	1.2		17.5		3.9	2.5	2	1.22	18		1.3	0.5	1.5	27.2	4.84	17.0	1.5	3.80	35000	19
20	1.2		18.5		4	2.6	2	1.30	19		1.3	0.5	1.5	28.4	5.06	17.1	1.5	3.85	32000	
21	1.2		19.5	+0.13 −0.42	4.1	2.7	2	1.42	20	0 −0.13 (h11)	1.3	0.5	1.5	29.6	5.36	16.8	1.5	3.75	29000	
22	1.2		20.5		4.2	2.8	2	1.50	21		1.3	0.5	1.5	30.8	5.65	16.9	1.5	3.80	27000	
24	1.2	0 −0.06	22.2		4.4	3	2	1.77	22.9		1.3	0.55	1.7	33.2	6.75	16.1	1.5	3.65	27000	
25	1.2		23.2		4.4	3	2	1.90	23.9		1.3	0.55	1.7	34.2	7.05	16.2	1.5	3.70	25000	
26	1.2		24.2		4.5	3.1	2	1.96	24.9	0 −0.21 (h12)	1.3	0.55	1.7	35.5	7.34	16.1	1.5	3.70	24000	
28	1.5		25.9	+0.21 −0.42	4.7	3.2	2	2.92	26.6		1.6	0.7	2.1	37.9	10.00	32.1	1.5	7.50	21200	
29	1.5		26.9		4.8	3.4	2	3.20	27.6		1.6	0.7	2.1	39.1	10.37	31.8	1.5	7.45	20000	
30	1.5		27.9		5	3.5	2	3.31	28.6		1.6	0.7	2.1	40.5	10.73	32.1	1.5	7.65	18900	
32	1.5		29.6		5.2	3.6	2.5	3.54	30.3		1.6	0.85	2.6	43	13.85	31.2	2	5.55	16900	
34	1.5		31.5		5.4	3.8	2.5	3.80	32.3		1.6	0.85	2.6	45.4	14.72	31.3	2	5.60	16100	
35	1.6		32.2	+0.25 −0.5	5.6	3.9	2.5	4.00	33		1.6	1	3	46.8	17.80	30.8	2	5.55	15500	
36	1.75		33.2		5.6	4	2.5	5.00	34		1.85	1	3	47.8	18.33	49.4	2	9.00	14500	
38	1.75		35.2		5.8	4.2	2.5	5.62	36	0 −0.25 (h12)	1.85	1	3	50.2	19.30	49.5	2	9.10	13600	
40	1.75		36.5		6	4.4	2.5	6.03	37.5		1.85	1.25	3.8	52.6	25.30	51.0	2	9.50	14300	40
42	1.75		38.5		6.5	4.5	2.5	6.50	39.5		1.85	1.25	3.8	55.7	26.70	50.0	2	9.45	13000	
45	1.75		41.5	+0.39 −0.9	6.7	4.7	2.5	7.50	42.5		1.85	1.25	3.8	59.1	28.60	49.0	2	9.35	11400	
48	1.75		44.5		6.9	5	2.5	7.90	45.5		1.85	1.25	3.8	62.5	30.70	49.4	2	9.55	10300	
50	2		45.8		6.9	5.1	2.5	10.2	47		2.15	1.5	4.5	64.5	38.00	73.3	2	14.4	10500	
52	2		47.8		7	5.2	2.5	11.1	49		2.15	1.5	4.5	66.7	39.70	73.1	2.5	11.5	9850	
55	2		50.8		7.2	5.4	2.5	11.4	52		2.15	1.5	4.5	70.2	42.00	71.4	2.5	11.4	8960	

Anéis Elásticos

- DIN 471 (cont.)

ANEL ELÁSTICO								RANHURA											
d_1	s		d_3		a máx.	b ≈	d_5 mín.	Massa /1000 kg	d_2		m H13	t	n mín.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	n min^{-1}	
56	2	$^{0}_{-0,07}$	51,8	$^{+0,46}_{-1,1}$	7,3	5,5	2,5	11,8	53	$^{0}_{-0,30}$ (h12)	2,15	1,5	4,5	71,6	42,80	70,8	2,5	11,35	8670	
58	2		53,8		7,3	5,6	2,5	12,6	55		2,15	1,5	4,5	73,6	44,30	71,1	2,5	11,5	8200	
60	2		55,8		7,4	5,8	2,5	12,9	57		2,15	1,5	4,5	75,6	46,00	69,2	2,5	11,3	7620	
62	2		57,8		7,5	6	2,5	14,3	59		2,15	1,5	4,5	77,8	47,50	69,3	2,5	11,45	7240	
63	2		58,8		7,6	6,2	2,5	15,9	60		2,15	1,5	4,5	79	48,30	70,2	2,5	11,6	7050	
65	2,5		60,8		7,8	6,3	3	18,2	62		2,65	1,5	4,5	81,4	49,80	135,6	2,5	22,7	6640	
68	2,5		63,5		8	6,5	3	21,8	65		2,65	1,5	4,5	84,8	52,20	135,9	2,5	23,1	6910	
70	2,5		65,5		8,1	6,6	3	22,0	67		2,65	1,5	4,5	87	53,80	134,2	2,5	23,0	6530	
72	2,5		67,5		8,2	6,8	3	22,5	69		2,65	1,5	4,5	89,2	55,30	131,8	2,5	22,8	6190	
75	2,5		70,5		8,4	7	3	24,6	72	$^{0}_{-0,3}$ (h12)	2,65	1,5	4,5	92,7	57,60	130,0	2,5	22,8	5740	
78	2,5	$^{0}_{-0,07}$	73,5	$^{+0,46}_{-1,1}$	8,6	7,3	3	26,2	75		2,65	1,5	4,5	96,1	60,00	131,3	3	19,75	5450	40
80	2,5		74,5		8,6	7,4	3	27,3	76,5		2,65	1,75	5,3	98,1	71,60	128,4	3	19,5	6100	
82	2,5		76,5		8,7	7,6	3	31,2	78,5		2,65	1,75	5,3	100,3	73,50	128,0	3	19,6	5860	
85	3		79,5		8,7	7,8	3,5	36,4	81,5		3,15	1,75	5,3	103,3	76,20	215,4	3	33,4	5710	
88	3		82,5		8,8	8	3,5	41,2	84,5		3,15	1,75	5,3	106,5	79,00	221,8	3	34,85	5200	
90	3	$^{0}_{-0,08}$	84,5		8,8	8,2	3,5	44,5	86,5	$^{0}_{-0,35}$ (h12)	3,15	1,75	5,3	108,5	80,80	217,2	3	34,4	4980	
95	3		89,5		9,4	8,6	3,5	49,0	91,5		3,15	1,75	5,3	114,8	85,50	212,2	3,5	29,25	4550	
100	3		94,5		9,6	9	3,5	53,7	96,5		3,15	1,75	5,3	120,2	90,00	206,4	3,5	29,0	4180	85
105	4		98	$^{+0,54}_{-1,3}$	9,9	9,3	3,5	80,0	101		4,15	2	6	125,8	107,6	471,8	3,5	67,7	4740	
110	4		103		10,1	9,6	3,5	82,0	106	$^{0}_{-0,54}$ (h13)	4,15	2	6	131,2	113,0	457,0	3,5	66,9	4340	
115	4		108		10,6	9,8	3,5	84,0	111		4,15	2	6	137,3	118,2	438,6	3,5	65,5	3970	
120	4		113		11	10,2	3,5	86,0	116		4,15	2	6	143,1	123,5	424,6	3,5	64,5	3685	

Anéis Elásticos

- DIN 471 (cont.)

125	4		118		11,4	10,4	4	90,0	121		4,15	2	6	149	128,7	411,5	4	56,5	3420	
130	4		123		11,6	10,7	4	100	126		4,15	2	6	154,4	134,0	395,5	4	55,2	3180	
135	4		128		11,8	11	4	104	131		4,15	2	6	159,8	139,2	380,5	4	55,4	2950	
140	4		133		12	11,2	4	110	136		4,15	2	6	165,2	144,5	376,5	4	54,4	2760	
145	4		138		12,2	11,5	4	115	141		4,15	2	6	170,6	149,6	367,0	4	53,8	2600	
150	4	0	142		13	11,8	4	120	145	0	4,15	2,5	7,5	177,3	193,0	357,5	4	53,4	2480	
155	4	-0,1	146	+0,63 -1,5	13	12	4	135	150	-0,63 (h13)	4,15	2,5	7,5	182,3	199,6	352,9	4	52,6	2210	
160	4		151		13,3	12,2	4	150	155		4,15	2,5	7,5	188	206,1	349,2	4	52,2	2540	
165	4		155,5		13,5	12,5	4	160	160		4,15	2,5	7,5	193,4	212,5	345,3	5	41,4	2520	
170	4		160,5		13,5	12,9	4	170	165		4,15	2,5	7,5	198,4	219,1	349,2	5	41,9	2440	
175	4		165,5		13,5	12,9	4	180	170		4,15	2,5	7,5	203,4	225,5	340,1	5	40,7	2300	
180	4		170,5		14,2	13,5	4	190	175		4,15	2,5	7,5	210	232,2	345,3	5	41,4	2180	
185	4		175,5		14,2	13,5	4	200	180		4,15	2,5	7,5	215	238,6	336,7	5	40,4	2070	125
190	4		180,5		14,2	14	4	210	185		4,15	2,5	7,5	220	245,1	333,8	5	40,0	1970	
195	4		185,5		14,2	14	4	220	190		4,15	2,5	7,5	225	251,8	325,4	5	39,0	1835	
200	4		190,5		14,2	14	4	230	195		4,15	2,5	7,5	230	258,3	319,2	5	38,3	1770	
210	5		198		14,2	14	4	248	204	0	5,15	3	9	240	325,1	598,2	6	59,9	1835	
220	5		208	+0,72 -1,7	14,2	14	4	265	214	-0,72 (h13)	5,15	3	9	250	340,8	572,4	6	57,3	1620	
230	5		218		14,2	14	4	290	224		5,15	3	9	260	356,6	548,9	6	55,0	1445	
240	5		228		14,2	14	4	310	234		5,15	3	9	270	372,6	530,3	6	53,0	1305	
250	5	0	238		14,2	14	4	335	244		5,15	3	9	280	388,3	504,3	6	50,5	1180	
260	5	-0,13	245		16,2	16	5	355	252		5,15	4	12	294	535,8	540,6	6	54,6	1320	
270	5		255		16,2	16	5	375	262	0	5,15	4	12	304	556,6	525,3	6	52,5	1215	
280	5		265	+0,81 -2	16,2	16	5	398	272	-0,81 (h13)	5,15	4	12	314	576,6	508,2	6	50,9	1100	
290	5		275		16,2	16	5	418	282		5,15	4	12	324	599,1	490,8	6	49,2	1005	
300	5		285		16,2	16	5	440	292		5,15	4	12	334	619,1	475,0	6	47,5	930	

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 471 – 30 x 1,5 (série normal)

Anéis Elásticos

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 471 – 30 x 2 (série forte)

- DIN 471 (cont.)

DIN 471 3

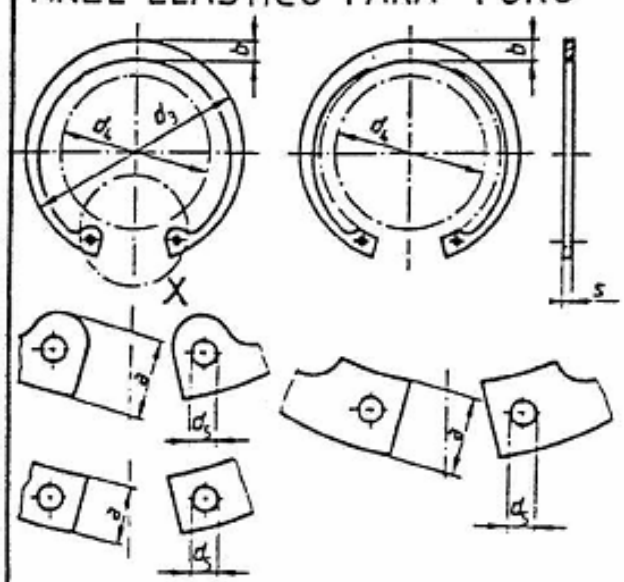
d_1	ANEL ELÁSTICO-SÉRIE FORTE							RANHURA											
	s		d_3		a máx.	b ≈	d_5 min.	Massa/ 1000 ≈ kg	d_2		m H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	n min^{-1}	
15	1,5	$^{0}_{-0,06}$	13,8	$^{+0,10}_{-0,36}$	4,8	2,4	2	1,10	14,3	$^{0}_{-0,11}$ (h11)	1,6	0,35	1,1	25,1	2,66	15,5	1	6,40	57000	10
16	1,5		14,7		5	2,5	2	1,19	15,2		1,6	0,4	1,2	26,5	3,26	16,6	1	6,35	44000	
17	1,5		15,7		5	2,6	2	1,39	16,2		1,6	0,4	1,2	27,5	3,46	18,0	1	6,70	46000	
18	1,5		16,5		5,1	2,7	2	1,56	17		1,6	0,5	1,5	28,7	4,58	26,6	1,5	5,85	42750	
20	1,75		18,5	$^{+0,13}_{-0,42}$	5,5	3	2	2,19	19	$^{0}_{-0,13}$ (h11)	1,85	0,5	1,5	31,6	5,06	36,3	1,5	8,20	36000	19
22	1,75		20,5		6	3,1	2	2,42	21		1,85	0,5	1,5	34,6	5,65	36,0	1,5	8,10	29000	
24	1,75		22,2		6,3	3,2	2	2,76	22,9	$^{0}_{-0,21}$ (h12)	1,85	0,55	1,7	37,3	6,75	34,2	1,5	7,60	29200	
25	2		23,2	$^{+0,21}_{-0,42}$	6,4	3,4	2	3,59	23,9		2,15	0,55	1,7	38,5	7,05	45,0	1,5	10,3	25000	
28	2		25,9		6,5	3,5	2	4,25	26,6		2,15	0,7	2,1	41,7	10,0	57,0	1,5	13,4	22200	
30	2		27,9		6,5	4,1	2	5,35	28,6		2,15	0,7	2,1	43,7	10,7	57,0	1,5	13,6	21100	
32	2		29,6		6,5	4,1	2,5	5,85	30,3	$^{0}_{-0,25}$ (h12)	2,15	0,85	2,6	45,7	13,8	55,5	2	10,0	18400	
34	2,5	$^{0}_{-0,07}$	31,5	$^{+0,25}_{-0,5}$	6,6	4,2	2,5	7,05	32,3		2,65	0,85	2,6	47,9	14,7	87,0	2	15,6	17800	
35	2,5		32,2		6,7	4,2	2,5	7,20	33		2,65	1	3	49,1	17,8	86,0	2	15,4	16500	
38	2,5		35,2		6,8	4,3	2,5	8,30	36		2,65	1	3	52,3	19,3	101	2	18,6	14500	
40	2,5		36,5	$^{+0,39}_{-0,9}$	7	4,4	2,5	8,60	37,5	$^{0}_{-0,25}$ (h12)	2,65	1,25	3,8	54,7	25,3	104	2	19,3	14300	40
42	2,5		38,5		7,2	4,5	2,5	9,30	39,5		2,65	1,25	3,8	57,2	26,7	102	2	19,2	13000	
45	2,5		41,5		7,5	4,7	2,5	10,7	42,5		2,65	1,25	3,8	60,8	28,6	100	2	19,1	11400	
48	2,5		44,5		7,8	5	2,5	11,3	45,5		2,65	1,25	3,8	64,4	30,7	101	2	19,5	10300	
50	3		45,8		8	5,1	2,5	15,3	47		3,15	1,5	4,5	66,8	38,0	165	2	32,4	10500	
52	3		47,8		8,2	5,2	2,5	16,6	49		3,15	1,5	4,5	69,3	39,7	165	2,5	26,0	9850	
55	3	$^{0}_{-0,08}$	50,8	$^{+0,46}_{-1,1}$	8,5	5,4	2,5	17,1	52	$^{0}_{-0,30}$ (h12)	3,15	1,5	4,5	72,9	42,0	161	2,5	25,6	8960	
58	3		53,8		8,8	5,6	2,5	18,9	55		3,15	1,5	4,5	76,5	44,3	160	2,5	26,0	8200	
60	3		55,8		9	5,8	2,5	19,4	57		3,15	1,5	4,5	78,9	46,0	156	2,5	25,4	7620	
65	4		60,8		9,3	6,3	3	29,1	62		4,15	1,5	4,5	84,6	49,8	346	2,5	58,0	6640	
70	4		65,5		9,5	6,6	3	35,3	67		4,15	1,5	4,5	90	53,8	343	2,5	59,0	6530	
75	4		70,5		9,7	7	3	39,3	72		4,15	1,5	4,5	95,4	57,6	333	2,5	58,0	5740	
80	4	$^{0}_{-0,1}$	74,5		9,8	7,4	3	43,7	76,5		4,15	1,75	5,3	100,6	71,6	328	3	50,0	6100	
85	4		79,5		10	7,8	3,5	48,5	81,5	$^{0}_{-0,35}$ (h12)	4,15	1,75	5,3	106	76,2	383	3	59,4	5710	85
90	4		84,5	$^{+0,54}_{-1,3}$	10,2	8,2	3,5	59,4	86,5		4,15	1,75	5,3	111,5	80,8	386	3	61,0	4980	
100	4		94,5		10,5	9	3,5	71,6	96,5		4,15	1,75	5,3	122,1	90,0	368	3,5	51,6	4180	

Anéis Elásticos

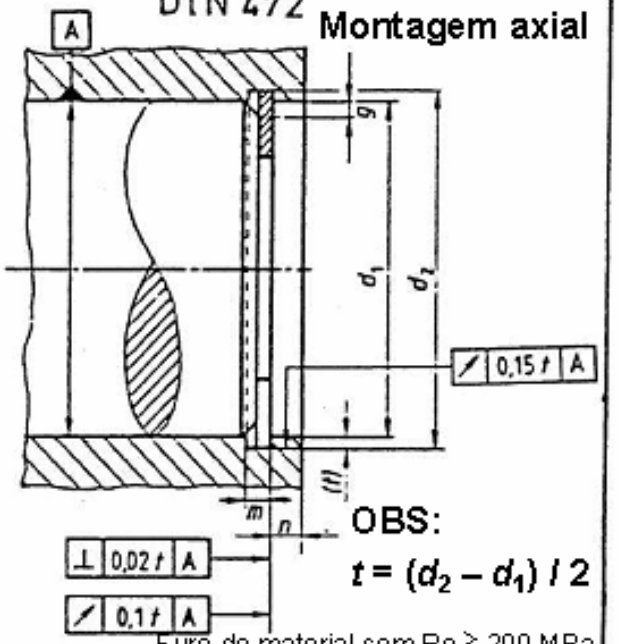
- DIN 472

DIN 472 1

ANEL ELÁSTICO PARA FURO



DIN 472 Montagem axial



OBS:

$t = (d_2 - d_1) / 2$

Série normal

Furo de material com Re ≥ 200 MPa

diâmetro nominal d_1	ANEL ELÁSTICO espessura s		d_3	a máx.	b	d_5 min.	massa de 1000 anéis kg ≈	RANHURA d_2		m H13	t	n min	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{Rg} kN	
8	0,8	0 −0,05	8,7	2,4	1,1	1	0,14	8,4	+0,09 0 (H11)	0,9	0,2	0,6	3	0,86	2,00	0,5	1,50	B
9	0,8		9,8	2,5	1,3	1	0,15	9,4		0,9	0,2	0,6	3,7	0,96	2,00	0,5	1,50	
10	1		10,8	3,2	1,4	1,2	0,18	10,4		1,1	0,2	0,6	3,3	1,08	4,00	0,5	2,20	
11	1		11,8	3,3	1,5	1,2	0,31	11,4		1,1	0,2	0,6	4,1	1,17	4,00	0,5	2,30	
12	1		13 +0,36 −0,10	3,4	1,7	1,5	0,37	12,5		1,1	0,25	0,8	4,9	1,60	4,00	0,5	2,30	
13	1		14,1	3,6	1,8	1,5	0,42	13,6	+0,11 0 (H11)	1,1	0,3	0,9	5,4	2,10	4,20	0,5	2,30	B
14	1		15,1	3,7	1,9	1,7	0,52	14,6		1,1	0,3	0,9	6,2	2,25	4,50	0,5	2,30	
15	1		16,2	3,7	2	1,7	0,56	15,7		1,1	0,35	1,1	7,2	2,80	5,00	0,5	2,30	
16	1		17,3	3,8	2	1,7	0,60	16,8		1,1	0,4	1,2	8	3,40	5,50	1	2,60	
17	1		18,3	3,9	2,1	1,7	0,65	17,8		1,1	0,4	1,2	8,8	3,60	6,00	1	2,50	

Anéis Elásticos

- DIN 472 (cont.)

17	1	18,3		3,9	2,1	1,7	0,65	17,8		1,1	0,4	1,2	8,8	3,60	6,00	1	2,50	
18	1	19,5		4,1	2,2	2	0,74	19		1,1	0,5	1,5	9,4	4,80	6,50	1	2,60	
19	1	20,5	+0,42 −0,13	4,1	2,2	2	0,83	20	+0,13 0 (H11)	1,1	0,5	1,5	10,4	5,10	6,80	1	2,50	19
20	1	21,5		4,2	2,3	2	0,90	21		1,1	0,5	1,5	11,2	5,40	7,20	1	2,50	
21	1	22,5		4,2	2,4	2	1,00	22		1,1	0,5	1,5	12,2	5,70	7,60	1	2,60	
22	1	23,5		4,2	2,5	2	1,10	23		1,1	0,5	1,5	13,2	5,90	8,00	1	2,70	
24	1,2	25,9		4,4	2,6	2	1,42	25,2		1,3	0,6	1,8	14,8	7,70	13,9	1	4,60	
25	1,2	26,9	+0,42 −0,21	4,5	2,7	2	1,50	26,2	+0,21 0 (H12)	1,3	0,6	1,8	15,5	8,00	14,6	1	4,70	
26	1,2	27,9		4,7	2,8	2	1,60	27,2		1,3	0,6	1,8	16,1	8,40	13,85	1	4,60	
28	1,2	30,1		4,8	2,9	2	1,80	29,4		1,3	0,7	2,1	17,9	10,5	13,3	1	4,50	19
30	1,2	32,1		4,8	3	2	2,06	31,4		1,3	0,7	2,1	19,9	11,3	13,7	1	4,60	
31	1,2	33,4		5,2	3,2	2,5	2,10	32,7		1,3	0,85	2,6	20	14,1	13,8	1	4,70	
32	1,2	34,4		5,4	3,2	2,5	2,21	33,7		1,3	0,85	2,6	20,6	14,6	13,8	1	4,70	
34	1,5	36,5	+0,5 −0,25	5,4	3,3	2,5	3,20	35,7		1,6	0,85	2,6	22,6	15,4	26,2	1,5	6,30	
35	1,5	37,8		5,4	3,4	2,5	3,54	37		1,8	1	3	23,6	18,8	26,9	1,5	6,40	
36	1,5	38,8		5,4	3,5	2,5	3,70	38	+0,25 0 (H12)	1,8	1	3	24,6	19,4	26,4	1,5	6,40	
37	1,5	39,8		5,5	3,6	2,5	3,74	39		1,8	1	3	25,4	19,8	27,1	1,5	6,50	
38	1,5	40,8		5,5	3,7	2,5	3,90	40		1,8	1	3	26,4	22,5	28,2	1,5	6,70	
40	1,75	43,5		5,8	3,9	2,5	4,70	42,5		1,85	1,25	3,8	27,8	27,0	44,6	2	8,30	40
42	1,75	45,5	+0,9 −0,39	5,9	4,1	2,5	5,40	44,5		1,85	1,25	3,8	29,6	28,4	44,7	2	8,40	
45	1,75	48,5		6,2	4,3	2,5	6,00	47,5		1,85	1,25	3,8	32	30,2	43,1	2	8,20	
47	1,75	50,5		6,4	4,4	2,5	6,10	49,5		1,85	1,25	3,8	33,5	31,4	43,5	2	8,30	
48	1,75	51,5		6,4	4,5	2,5	6,70	50,5		1,85	1,25	3,8	34,5	32,0	43,2	2	8,40	
50	2	54,2		6,5	4,6	2,5	7,30	53		2,15	1,5	4,5	36,3	40,5	60,8	2	12,1	
52	2	56,2		6,7	4,7	2,5	8,20	55		2,15	1,5	4,5	37,9	42,0	60,25	2	12,0	
55	2	59,2		6,8	5	2,5	8,30	58		2,15	1,5	4,5	40,7	44,4	60,3	2	12,5	
56	2	60,2		6,8	5,1	2,5	8,70	59		2,15	1,5	4,5	41,7	45,2	60,3	2	12,6	
58	2	62,2		6,9	5,2	2,5	10,5	61		2,15	1,5	4,5	43,5	46,7	60,8	2	12,7	40
60	2	64,2	+1,1 −0,46	7,3	5,4	2,5	11,1	63	+0,30 0 (H12)	2,15	1,5	4,5	44,7	48,3	61,0	2	13,0	
62	2	66,2		7,3	5,5	2,5	11,2	65		2,15	1,5	4,5	46,7	49,8	60,9	2	13,0	
63	2	67,2		7,3	5,6	2,5	12,4	66		2,15	1,5	4,5	47,7	50,6	60,8	2	13,0	

Anéis Elásticos

- DIN 472 (cont.)

125	4		132		11	10	4	79,0	129		4,15	2	6	101,9	132	385	3	70,0	
130	4		137		11	10,2	4	82,0	134		4,15	2	6	106,9	138	374	3	69,0	
135	4		142		11,2	10,5	4	84,0	139		4,15	2	6	111,5	143	358	3	67,0	
140	4		147		11,2	10,7	4	87,5	144		4,15	2	6	116,5	148	350	3	66,5	
145	4	0 -0,1	152	+1,5 -0,63	11 4	10,9	4	93,0	149	+0,63 0 (H13)	4,15	2	6	121	153	336	3	65,0	
150	4		158		12	11,2	4	105	155		4,15	2,5	7,5	124,8	191	326	3	64,0	
155	4		164		12	11,4	4	107	160		4,15	2,5	7,5	129,8	206	324	3,5	55,0	
160	4		169		13	11,6	4	110	165		4,15	2,5	7,5	132,7	212	321	3,5	54,5	
165	4		174,5		13	11,8	4	125	170		4,15	2,5	7,5	137,7	219	319	3,5	54,0	
170	4		179,5		13,5	12,2	4	140	175		4,15	2,5	7,5	141,6	225	349	3,5	59,0	
175	4		184,5		13,5	12,7	4	150	180		4,15	2,5	7,5	146,6	232	351	3,5	59,0	
180	4		189,5		14,2	13,2	4	165	185		4,15	2,5	7,5	150,2	238	347	3,5	58,5	
185	4		194,5		14,2	13,7	4	170	190		4,15	2,5	7,5	155,2	245	349	3,5	59,0	125
190	4		199,5		14,2	13,8	4	175	195		4,15	2,5	7,5	160,2	251	340	3,5	57,5	
195	4		204,5	+1,70 -0,72	14,2	13,8	4	183	200	+0,72 0 (H13)	4,15	2,5	7,5	165,2	258	330	3,5	55,5	
200	4		209,5		14,2	14	4	195	205		4,15	2,5	7,5	170,2	265	325	3,5	55,0	
210	5		222		14,2	14	4	270	216		5,15	3	9	180,2	333	601	4	89,5	
220	5		232		14,2	14	4	315	226		5,15	3	9	190,2	349	574	4	85,0	
230	5		242		14,2	14	4	330	236		5,15	3	9	200,2	365	549	4	81,0	
240	5		252		14,2	14	4	345	246		5,15	3	9	210,2	380	525	4	77,5	
250	5	0 -0,12	262		14,2	14	4	360	256		5,15	3	9	220,2	396	504	4	75,0	
260	5		275		16,2	16	5	375	268		5,15	4	12	226	553	538	4	80,0	
270	5		285	+2,0 -0,81	16,2	16	5	388	278	+0,81 0 (H13)	5,15	4	12	236	573	518	4	77,0	
280	5		295		16,2	16	5	400	288		5,15	4	12	246	593	499	4	74,0	
290	5		305		16,2	16	5	415	298		5,15	4	12	256	615	482	4	71,5	
300	5		315		16,2	16	5	435	308		5,15	4	12	266	636	468	4	69,0	

Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 472 – 30 x 1,2 (série normal)

Anéis Elásticos

- DIN 472 (cont.)

DIN 472 3

d_1	ANEL ELÁSTICO-SÉRIE FORTE							RANHURA											
	s		d_3		a max.	b ≈	d min.	M	d_2		m H13	t	n min.	d_4	F_N kN	F_R kN	g	F_{R_3} kN	
20	1,5		21,5		4,5	2,4	2	1,41	21		1,6	0,5	1,5	10,5	5,40	16,0	1	5,60	
22	1,5		23,5		4,7	2,8	2	1,85	23		1,6	0,5	1,5	12,1	5,90	18,0	1	6,10	
24	1,5		25,9		4,9	3	2	1,98	25,2		1,6	0,6	1,8	13,7	7,70	21,7	1	7,20	
25	1,5		26,9		5	3,1	2	2,16	26,2		1,6	0,6	1,8	14,5	8,00	22,8	1	7,30	
26	1,5		27,9		5,1	3,1	2	2,25	27,2		1,6	0,6	1,8	15,3	8,40	21,6	1	7,20	
28	1,5		30,1		5,3	3,2	2	2,48	29,4		1,6	0,7	2,1	16,9	10,5	20,8	1	7,00	
30	1,5		32,1		5,5	3,3	2	2,84	31,4		1,6	0,7	2,1	18,4	11,3	21,4	1	7,20	19
32	1,5		34,4		5,7	3,4	2	2,94	33,7		1,6	0,85	2,6	20	14,6	21,4	1	7,30	
34	1,75		36,5		5,9	3,7	2,5	4,20	35,7		1,85	0,85	2,6	21,6	15,4	35,6	1,5	8,60	
35	1,75		37,8		6	3,8	2,5	4,62	37		1,85	1	3	22,4	18,8	36,6	1,5	8,70	
37	1,75		39,8		6,2	3,9	2,5	4,73	39		1,85	1	3	24	19,8	36,8	1,5	8,80	
38	1,75		40,8		6,3	3,9	2,5	4,80	40		1,85	1	3	24,7	22,5	38,3	1,5	9,10	
40	2		43,5		6,5	3,9	2,5	5,38	42,5		2,15	1,25	3,8	26,3	27,0	58,4	2	10,9	
42	2		45,5		6,7	4,1	2,5	6,18	44,5		2,15	1,25	3,8	27,9	28,4	58,5	2	11,0	
45	2		48,5		7	4,3	2,5	6,86	47,5		2,15	1,25	3,8	30,3	30,2	56,5	2	10,7	
47	2		50,5		7,2	4,4	2,5	7,00	49,5		2,15	1,25	3,8	31,9	31,4	57,0	2	10,8	
50	2,5		54,2		7,5	4,6	2,5	9,15	53		2,65	1,5	4,5	34,2	40,5	95,5	2	19,0	
52	2,5		56,2		7,7	4,7	2,5	10,2	55		2,65	1,5	4,5	35,8	42,0	94,6	2	18,8	
55	2,5		59,2		8	5	2,5	10,4	58		2,65	1,5	4,5	38,2	44,4	94,7	2	19,6	
60	3		64,2		8,5	5,4	2,5	16,6	63		3,15	1,5	4,5	42,1	48,3	137	2	29,2	
62	3		66,2		8,6	5,5	2,5	16,8	65		3,15	1,5	4,5	43,9	49,8	137	2	29,2	40
65	3		69,2		8,7	5,8	3	17,2	68		3,15	1,5	4,5	46,7	51,8	174	2,5	30,0	
68	3		72,5		8,8	6,1	3	19,2	71		3,15	1,5	4,5	49,5	54,5	174,5	2,5	30,6	
70	3		74,5		9	6,2	3	19,8	73		3,15	1,5	4,5	51,1	56,2	171	2,5	30,3	

Anéis Elásticos

- DIN 472 (cont.)

60	3		64,2		9,5	5,4	2,5	16,6	63		3,15	1,5	4,5	42,1	48,3	137	2	28,2	40
62	3		66,2		8,6	5,5	2,5	16,8	65		3,15	1,5	4,5	43,9	49,8	137	2	29,2	
65	3		69,2		8,7	5,8	3	17,2	68		3,15	1,5	4,5	46,7	51,8	174	2,5	30,0	
68	3		72,5		8,8	6,1	3	19,2	71		3,15	1,5	4,5	49,5	54,5	174,5	2,5	30,6	
70	3		74,5		9	6,2	3	19,8	73		3,15	1,5	4,5	51,1	56,2	171	2,5	30,3	
72	3		76,5		9,2	6,4	3	21,7	75		3,15	1,5	4,5	52,7	58,0	172	2,5	30,3	
75	3		79,5		9,3	6,6	3	22,6	78		3,15	1,5	4,5	55,5	60,0	170	2,5	30,3	
80	4		85,5		9,5	7	3	35,2	83,5		4,15	1,75	5,3	60	74,8	308	2,5	56,0	
85	4		90,5		9,7	7,2	3,5	38,8	88,5		4,15	1,75	5,3	64,8	79,5	358	3	55,0	85
90	4		95,5		10	7,6	3,5	41,5	93,5		4,15	1,75	5,3	69	84,0	354	3	56,0	
95	4		100,5		10,3	8,1	3,5	46,7	98,5		4,15	1,75	5,3	73,4	88,6	347	3	56,0	
100	4		105,5		10,5	8,4	3,5	50,7	103,5		4,15	1,75	5,3	78	93,1	335	3	55,0	

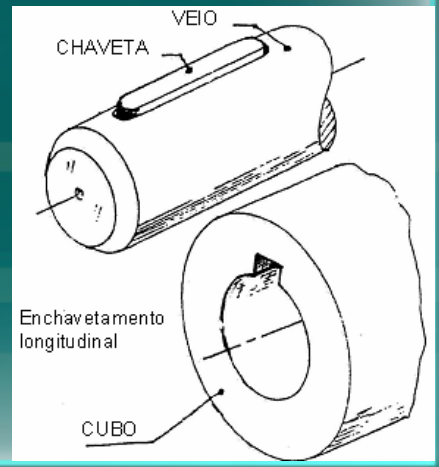
Exemplo de designação:

Anel elástico DIN 472 – 30 x 1,5 (série forte)

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Tipos de enchavetamentos:
  As chavetas asseguram ligações desmontáveis de veios com cubos, entre os quais há ajustamentos cilíndricos ou cónicos.
  As chavetas são alojadas em ranhuras designadas por **escatéis**.
  Atendendo à posição da chaveta, relativamente aos eixos do veio e do cubo, podem considerar-se:
  - **Enchavetamentos longitudinais**;
  - **Enchavetamentos transversais**

  (evitar a utilização em mecanismos rotativos sujeitos a choques e vibrações).



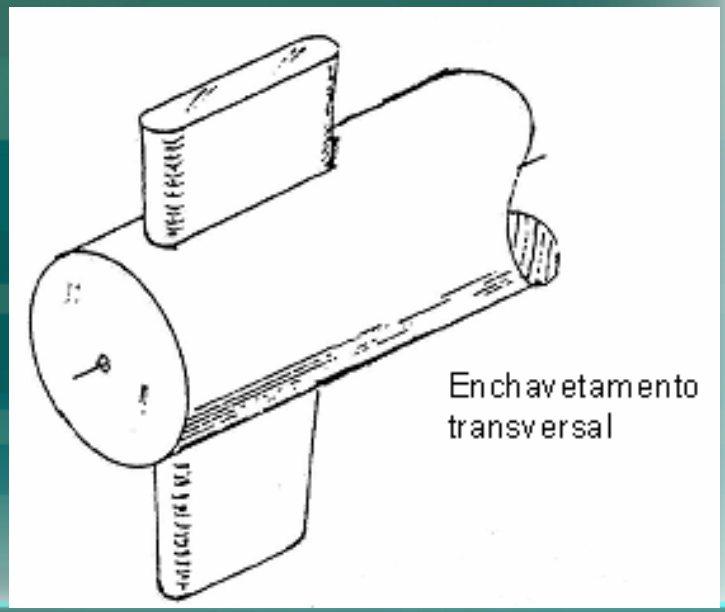
Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Nos **enchavetamentos longitudinais** podem ser usados dois tipos de uniões:

  - **Enchavetamentos livres** - ligação apenas em rotação, podendo haver movimento de translação entre as peças;

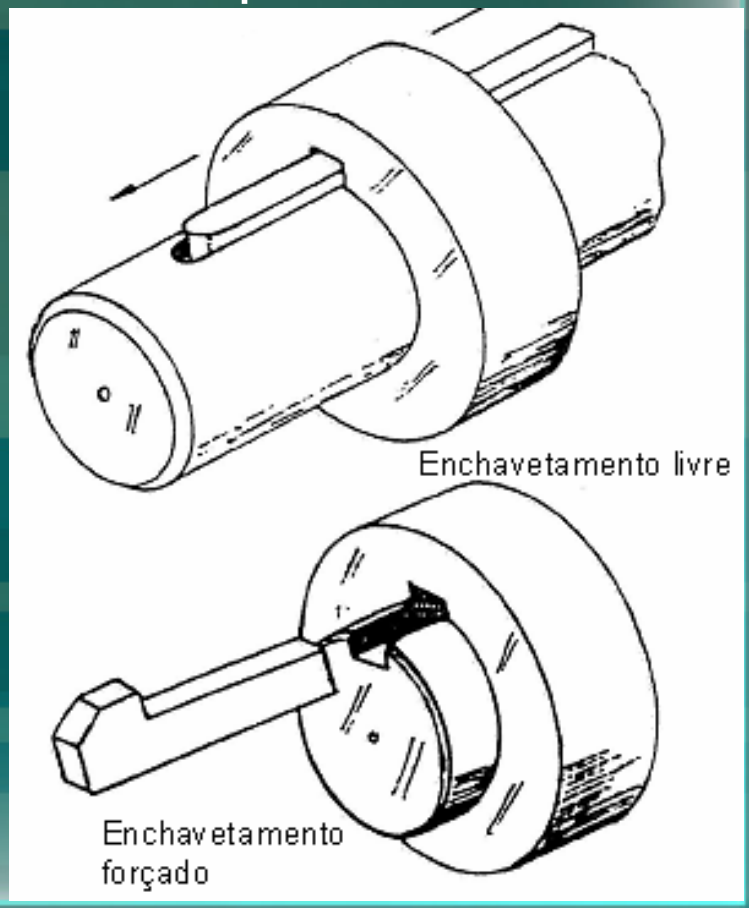
  - **Enchavetamentos forçados** - peças ligadas em rotação e em translação.

  Nos **enchavetamentos livres**, a ligação em translação obriga à utilização adicional de outros órgãos mecânicos.



Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Inconvenientes:**
  Debilitação do veio e do cubo, na zona dos escatéis, agravada com veios ocos ou cubos de parede fina.
  Concentração de tensões devida à forma desfavorável dos escatéis.
  Pequena capacidade de transmissão de potência.
  As **uniões por chavetas** são utilizadas, apenas, para a transmissão de **pequenas potências** e em produções de **pequenas séries**.



Pontas de Veio e Enchavetamentos

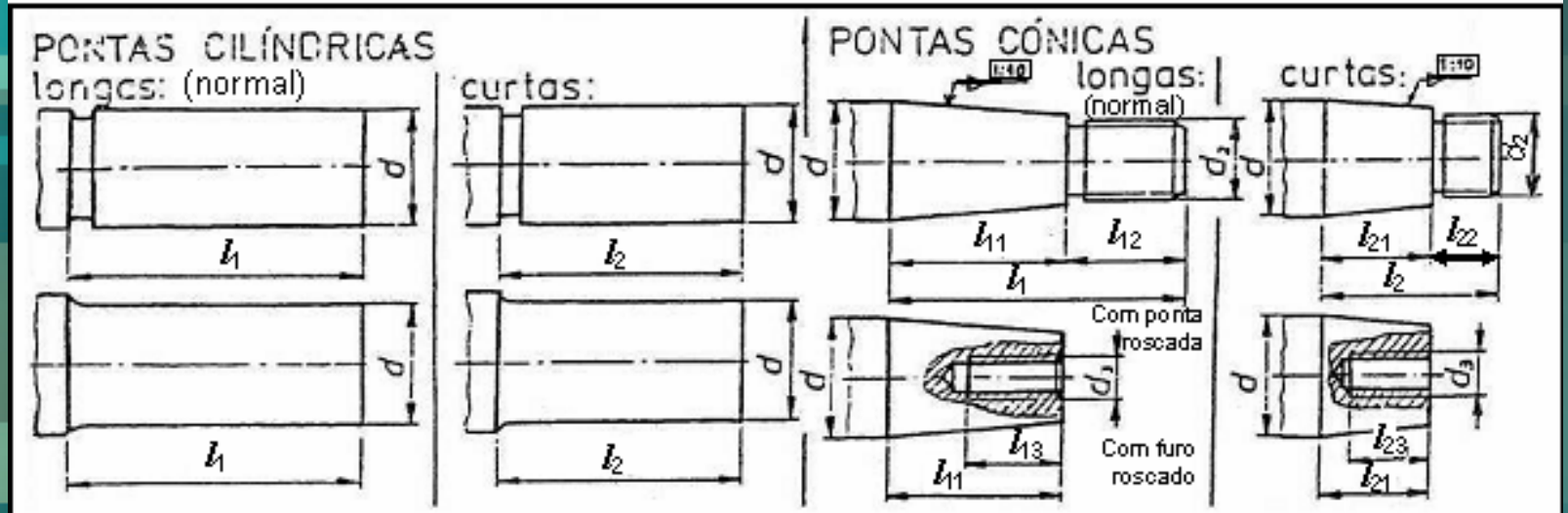
- **Pontas de Veios:**
  - **Norma:** ISO/R 775: 1969 – Cylindrical and 1:10 conical shaft ends (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída)
  - **Formas e dimensões:**
    As **pontas dos veios** podem ser **cilíndricas** ou **cónicas (C = 1:10)** e, em cada caso, **curtas** ou **longas**.
  - **Designação das pontas de veios:**
    A designação de uma ponta de veio é feita mencionando, sucessivamente:
    - Ponta de veio;
    - Forma (cilíndrica ou cónica);
    - Comprimento (curta ou longa);
    - Diâmetro nominal;
    - Furo roscado ou extremidade roscada;

    Exemplo: Ponta de veio cilíndrica, curta, ∅40 com furo roscado

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Pontas de Veios:**

Pontas de veio



Diâmetro da ponta		Ponta cilíndrica		Ponta cónica longa			Ponta cónica curta			Elementos roscados		Binário transmissível em N.m		
Longa	curta													
d	toler.	l_1	l_2	l_{11}	l_{12}	l_{13}	l_{21}	l_{22}	l_{23}	d_2	Md_3	C_1	C_2	C_3
6	j6	16		10	6					M4			0,307	0,145
7		16		10	6					M4			0,530	0,250
8		20		12	8					M6			0.850	0,40
9		20		12	8					M6			1,28	0,60
10		23	20	15	8					M6			1,85	0,875
11		23	20	15	8					M6			2,58	1,22
12		30	25	18	12	10				M8 x 1	M4		3,55	1,65
14		30	25	18	12	10				M8 x 1	M4		6,00	2,80
16		40	28	28	12	10	16	12	10	M10 x 1,25	M4		9,75	4,50

Pontas de Veio e Enchavetamentos

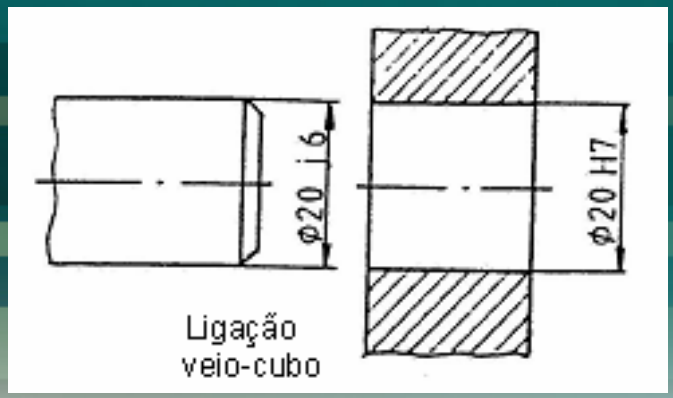
- **Pontas de Veios (cont.):**

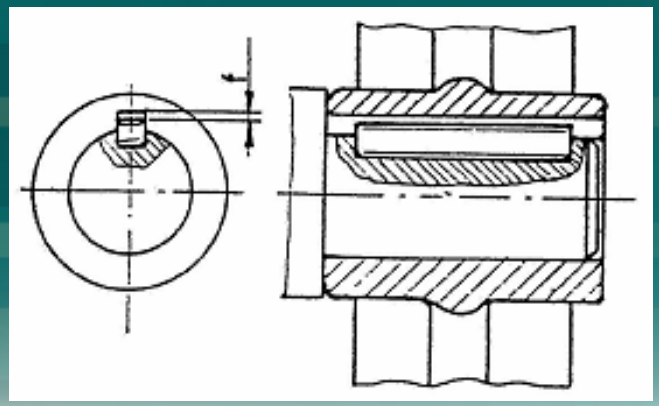
18		40	28	28	12	13	16	12	13	M10 x 1,25	M5		14,50	6,70
19		40	28	28	12	13	16	12	13	M10 x 1,25	M5		17,50	8,25
20		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		21,20	9,75
22		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		29,00	13,60
24		50	36	36	14	16	22	14	16	M12 x 1,25	M6		40,00	18,50
25		60	42	42	18	19	24	18	19	M16 x 1,5	M8		46,20	21,20
28		60	42	42	18	19	24	18	19	M16 x 1,5	M8		69,00	31,50
30		80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	205	87,50	40,00
32	**k6**	80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	250	109	50,0
35		80	58	58	22	22	36	22	22	M20 x 1,5	M10	325	150	69,0
38		80	58	58	22	28	36	22	28	M24 x 2	M12	425	200	92,5
40		110	82	82	28	28	54	28	28	M24 x 2	M12	487	236	112
42		110	82	82	28	28	54	28	28	M24 x 2	M12	560	280	132
45		110	82	82	28	36	54	28	36	M30 x 2	M16	710	355	170
48		110	82	82	28	36	54	28	36	M30 x 2	M16	850	450	212
50		110	82	82	28	36	54	28	36	M36 x 3	M16	950	515	243
55	**m6**	110	82	82	28	42	54	28	42	M36 x 3	M20	1280	730	345
60		140	105	105	35	42	70	35	42	M42 x 3	M20	1650	975	462

OBSERVAÇÕES: Os **furos dos cubos** a ajustar nestas pontas de veio deverão ter tolerâncias:
H7 – no caso de uniões e de tambores; **K7** – no caso de uniões rígidas e de rodas dentadas.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Normas**:
      ISO/R 773: 1969 – Rectangular or square parallel keys and their corresponding keyways (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída)
      ISO 2491: 1974 – Thin parallel keys and their corresponding keyways
      NP 360: 1964 – Chavetas paralelas normais
      NP 361: 1964 – Chavetas paralelas finas
      NP 362: 1964 – Chavetas paralelas para máquinas-ferramenta



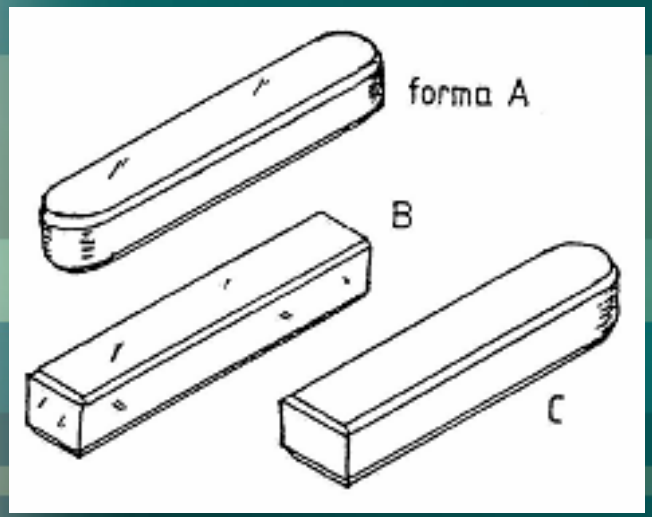


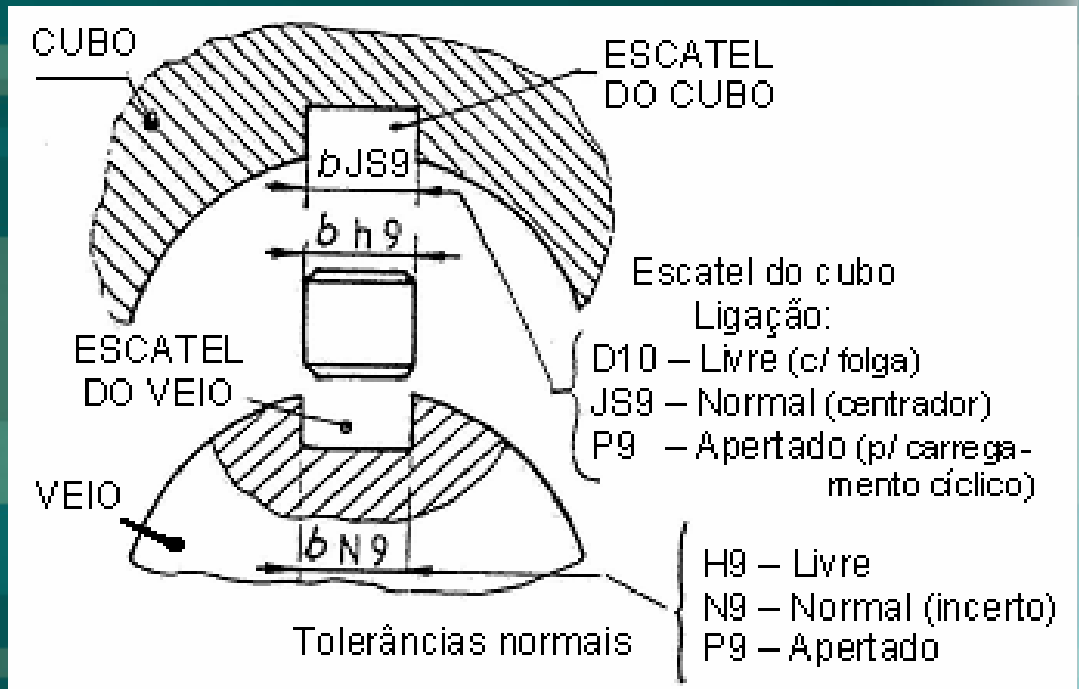
Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Características:**
      Existem chavetas paralelas (normais ou finas), chavetas paralelas fixadas por parafusos ou chavetas-disco.
      A chaveta é alojada, no escatel do veio. Entre a face superior da chaveta e o fundo do escatel do cubo existe uma folga *f*.
      A largura da chaveta tem uma tolerância h9.
      A largura do escatel do veio tem, normalmente, uma tolerância N9, o que dá origem a um ajustamento incerto (preso) (N9/h9).
      A largura do escatel do cubo pode ser toleranciada por:
      - **D10 : ajustamento c/ folga** (D10/h9) usado em uniões com movimentos de translação;
      - **JS9 : ajustamento incerto** (c/ guiamento) (JS9/h9) usado em uniões centradoras;
      - **P9 : ajustamento apertado** (P9/h9) usado em uniões submetidas a cargas cíclicas.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**





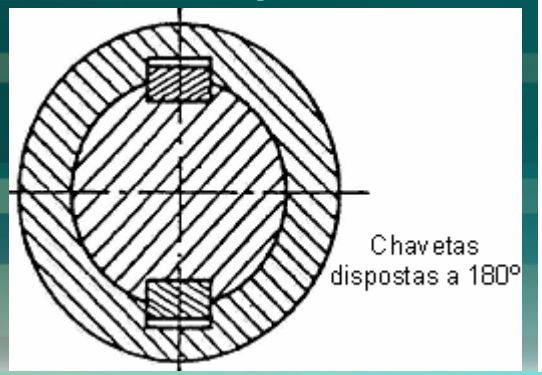
As chavetas paralelas podem ter **três formas**:

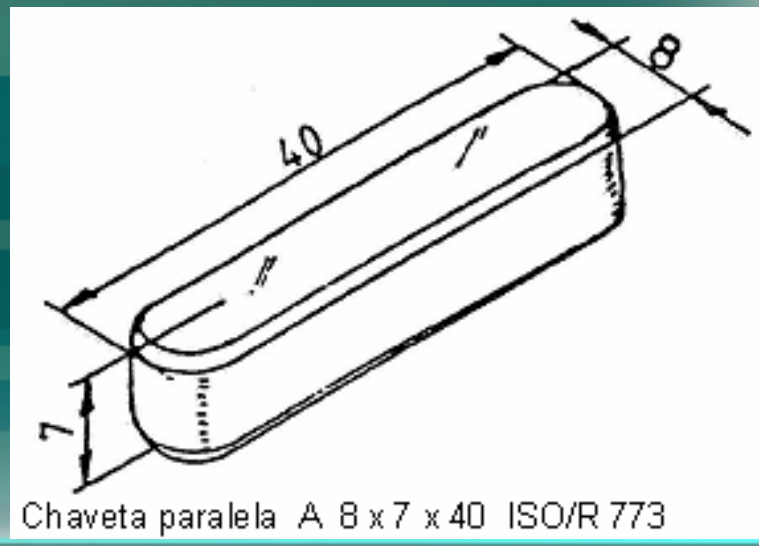
- **Chaveta paralela de forma A** com as extremidades redondas;
- **Chaveta paralela de forma B** com as extremidades planas;
- **Chaveta paralela de forma C** com uma extremidade redonda e outra plana.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Designação:**
      - Chaveta
      - Forma (ou tipo)
      - Largura *b* x altura *h* x comprimento *L*
      - Norma
    - **Por exemplo:**
      Chaveta paralela A 8 x 7 x 40 ISO/R 773 (ou NP 360)

Em cubos de paredes finas, podem utilizar-se duas **chavetas** finas **dispostas a 180º**. Esta disposição facilita também a obtenção de um **equilíbrio dinâmico**.





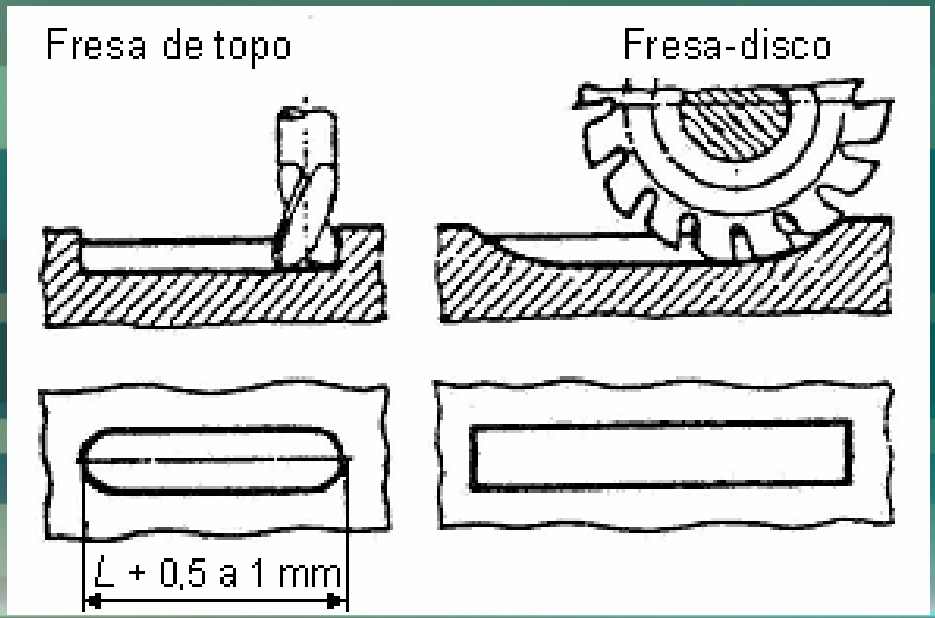
Chaveta paralela A 8 x 7 x 40 ISO/R 773

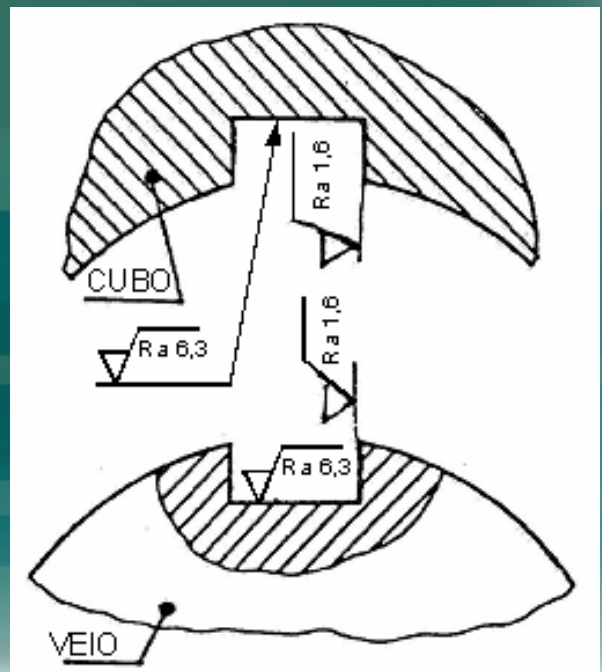
Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    O escatel do veio é aberto por fresagem.
    A abertura do escatel no veio, para uma chaveta de forma A, é realizada com uma fresa de topo.
    O escatel do veio deve ter um comprimento superior ao da chaveta em 0,5 a 1 mm.
    Os escatéis em veios, para chavetas das formas B e C, são abertos com fresas-disco.
    Acabamentos de superfície:
    - Ra 3,2 μm – nas faces laterais de trabalho, em uniões simples;
    - Ra 1,6 μm – nas faces laterais de trabalho, em uniões cuidadas;
    - Ra 6,3 μm – nos fundos (ou bases).

Pontas de Veio e Enchavetamentos

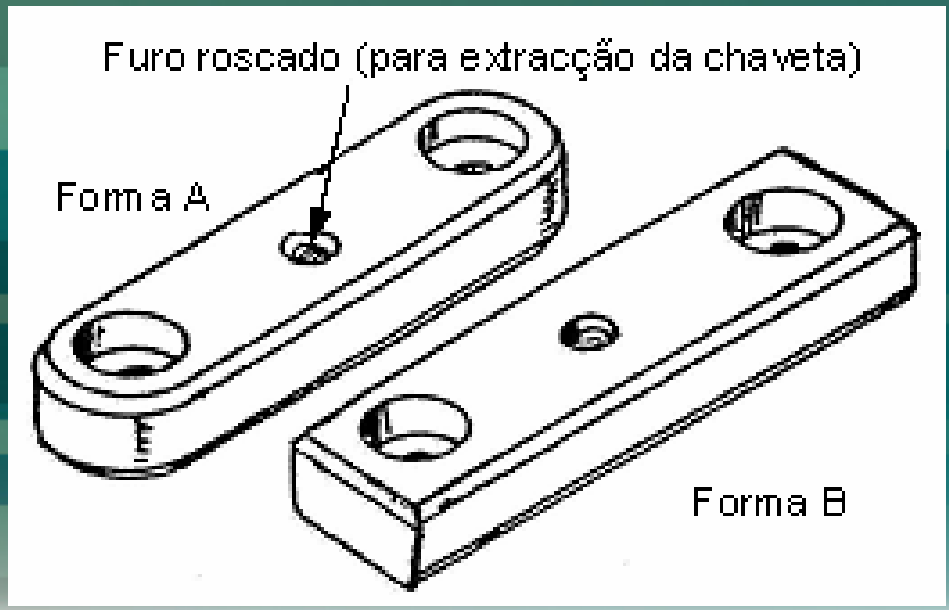
- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Comprimentos das chavetas:**
      Os comprimentos das chavetas paralelas deverão ser, aproximadamente: ***L*** **≈ 1,5** ***d***. *A*doptando os **comprimentos normais** *L* = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm.





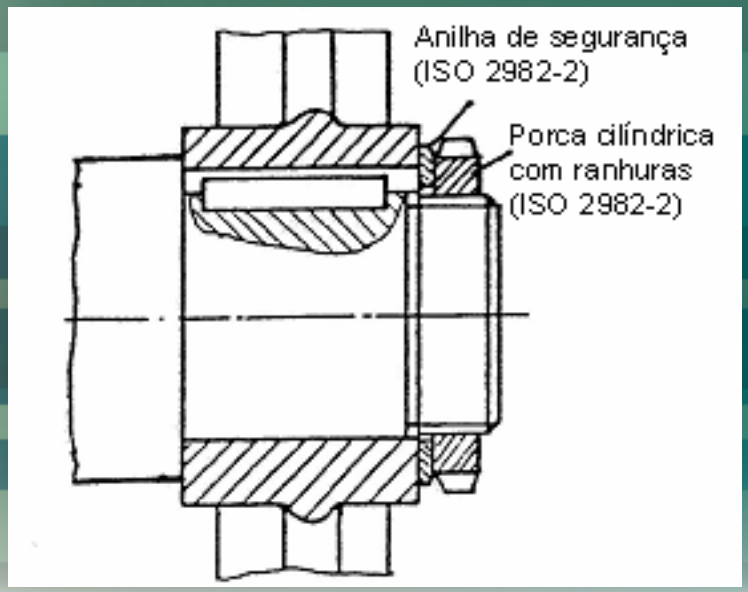
Pontas de Veio e Enchavetamentos

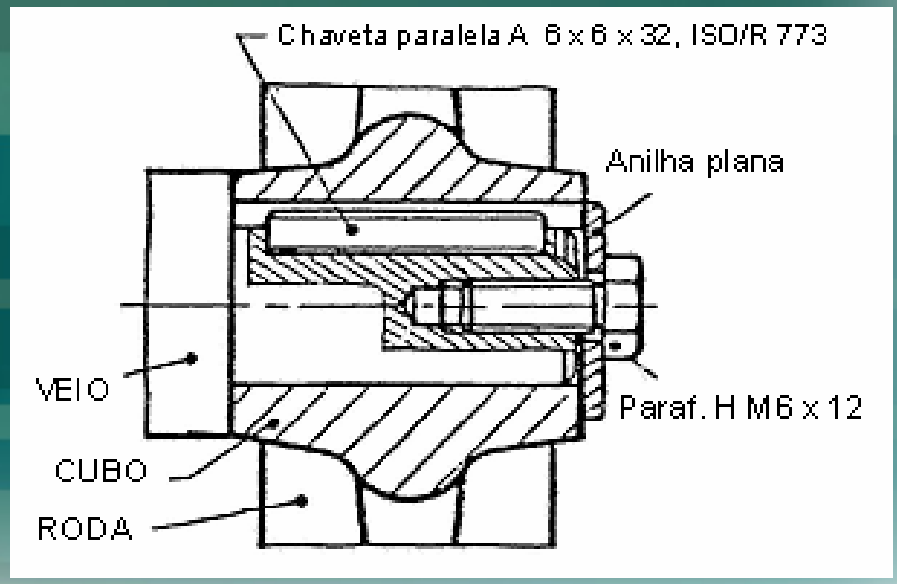
- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Chavetas-guia:**
      Chavetas paralelas (longas) fixadas no escatel do veio, com parafusos C ou CHC, com as cabeças alojadas em caixas existentes, nas chavetas de formas A ou B.
      Para funcionamentos com choques e se há um movimento guiado de translação do cubo ($d \leq L \leq 2{,}5\ d$).



Pontas de Veio e Enchavetamentos

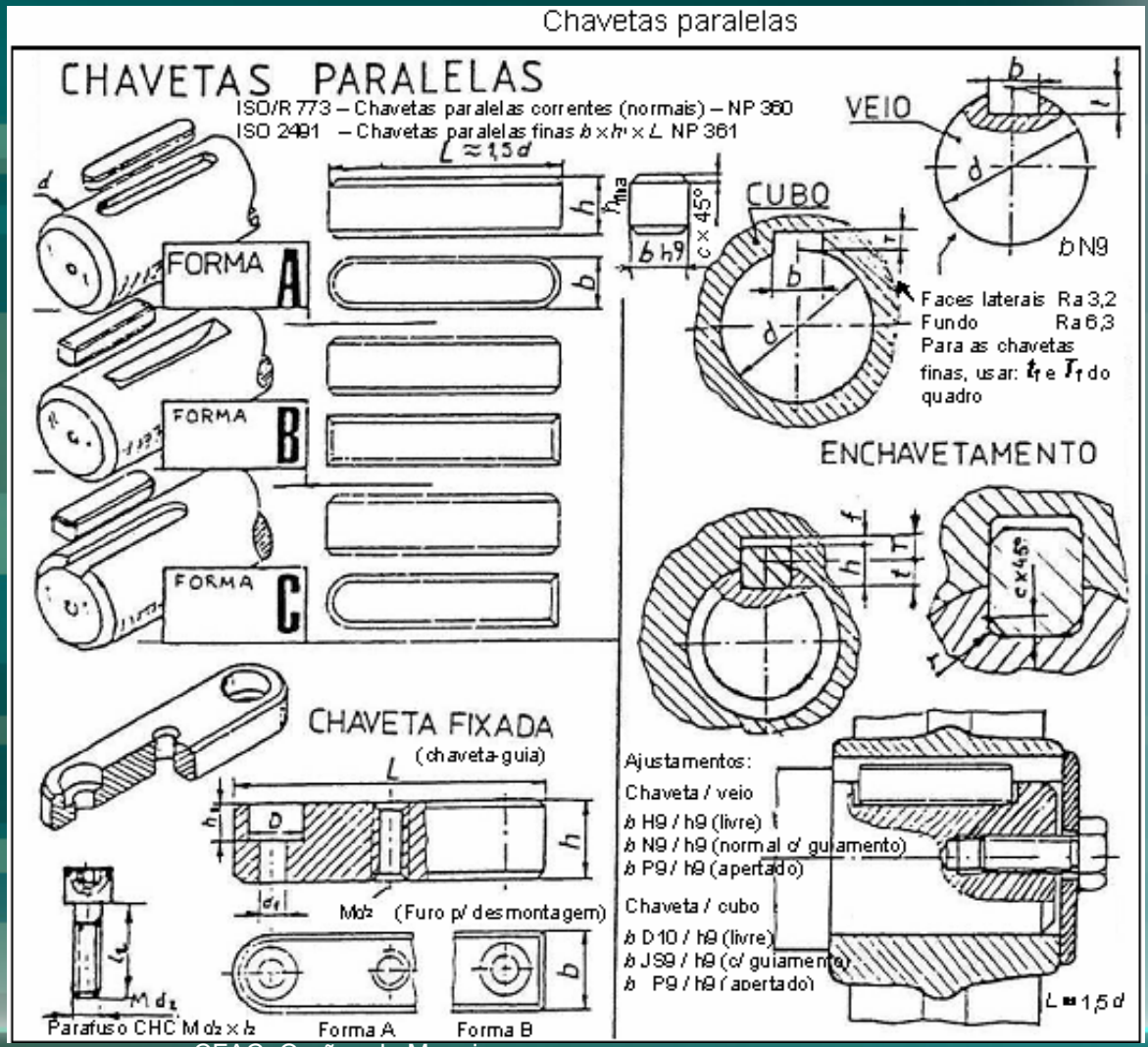
- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**
    - **Fixação axial:**
      A ligação em translação de um enchavetamento livre pode ser concretizada por:
      - Porca hexagonal (H) ou porca cilíndrica com ranhuras (ou estrias);
      - Parafuso de cabeça hexagonal (H) e anilha plana.





Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**



Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas Paralelas:**

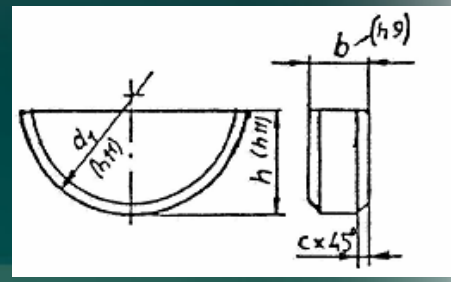
DIAMETROS dos veios de (>)	até incl.	CHAVETAS correntes b h9	h	finas b	h_1	Comprimento L min.	max.	Paraf. CHC ou C $M d_2 \times l_2$	ESCATEIS Veio t	t_{1fino}	Cubo T	T_{1fino}	Chanfro e arredondado c_{max}	r_{max}	r_{min}
6	8	2	2 h9			6	20		1,2 +0,1 0		1 +0,1 0		0,25	0,16	0,08
8	10	3	3			6	36		1,8		1,4				
10	12	4	4			8	45		2,5		1,8				
12	17	5	5	5 h9	3 h11	10	56		3	1,8	2,3	1,4	0,4	0,25	0,16
17	22	6	6	6	4	14	71	M2,5x6	3,5	2,5	2,8	1,8			
22	30	8	7 h11	8	5	18	90	M3x8	4 +0,2 0	3	3,3 +0,2 0	2,3			
30	38	10	8	10	6	22	110	M4x10	5	3,5	3,3	2,8	0,6	0,4	0,25
38	44	12	8	12	6	28	140	M5x10	5	3,5	3,3	2,8			
44	50	14	9	14	6	36	160	M6x10	5,5	3,5	3,8	2,8			
50	58	16	10	16	7	45	180	M6x10	6	4	4,3	3,3			
58	65	18	11	18	7	50	200	M8x10	7	4	4,4	3,3			
65	75	20	12	20	8	56	220	M8x10	7,5	5	4,9	3,3	0,8	0,6	0,4
75	85	22	14	22	9	63	250	M10x12	9	5,5	5,4	3,8			
…	…	…	…	…	…	…	…	… …	…	…	…	…			

Comprimentos normais L = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm. ($L \approx 1{,}5\ d$)

Exemplo: **Chaveta paralela A** $b \times h \times L$ **ISO/R 773** ex.: 8 x 7 x 40 (corrente ou normal)

Chaveta paralela fina A $b \times h_1 \times L$ **ISO2491** ex.: 8 x 5 x 40 (fina)

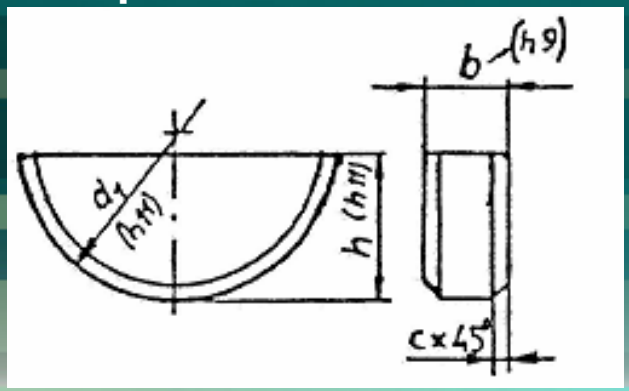
Pontas de Veio e Enchavetamentos

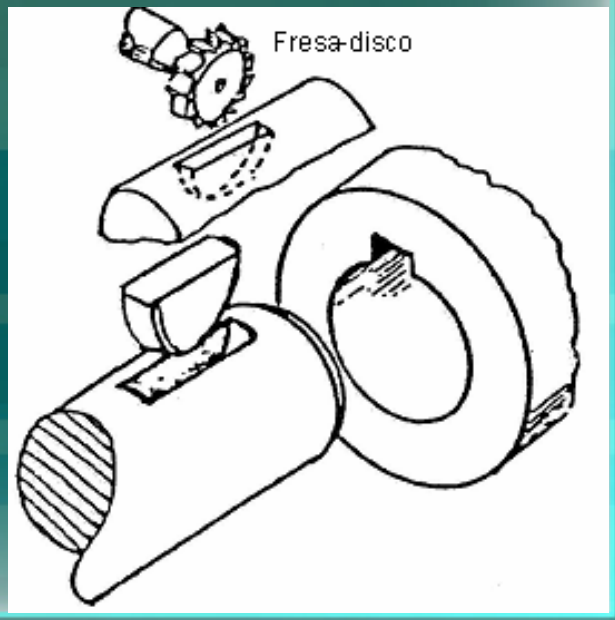


- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**
    - **Normas:**
      - ISO 3912: 1977 – Woodruff keys and keyways;
      - NP 363: 1964 – Enchavetamentos livres – Chaveta-disco;
      - NP 364: 1964 – Chavetas-disco;
      - DIN 6888: 1956 - Drive Type Fastenings without Taper Action; Woodruff Keys, Dimensions and Application
    - **Características:**
      Para **enchavetamentos livres**, em uniões que transmitem **momentos torsores baixos**.
      As **chavetas-disco** usam-se em veios maciços de pequeno diâmetro, para a transmissão de pequenas potências.
      Em veios ocos, utilizam-se de **chavetas-disco truncadas**.
      Material das chavetas: aço DIN **St 60** com Rm ≥ 600 MPa.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**
    - **Vantagens tecnológicas:**
      - Uma fabricação do escatel do veio fácil e de precisão, utilizando uma fresa-disco;
      - Uma fabricação fácil das chavetas (a partir de barra de secção semicircular maciça);
      - Uma extracção mais fácil das chavetas (basta bater numa das suas extremidades);
      - Uma maior aderência da chaveta ao escatel do veio, devido à maior profundidade deste.





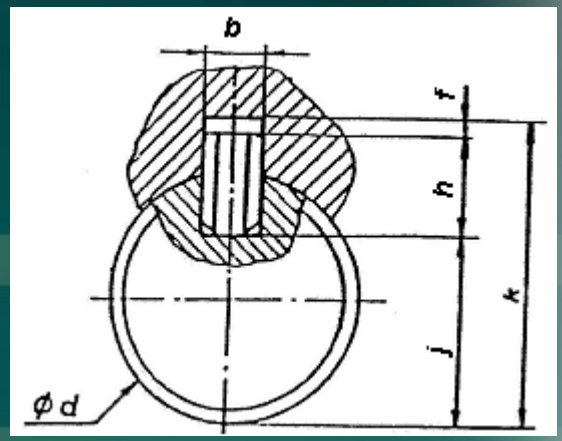
Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**
    A **chaveta-disco** com uma largura *b* h9 deve ser **ajustada no escatel do veio**:
    - N9/h9 – ajustamento incerto (preso), corrente;
    - P9/h9 – ajustamento apertado, para produção em série.

    A **chaveta-disco com uma largura *b* h9** deve ser ajustada em relação às faces laterais do escatel do cubo:
    - JS9/h9 – ajustamento incerto (c/ guiamento), corrente;
    - P9/h9 – ajustamento apertado, para produção individual ou em série.

    A **ponta do veio** e o **furo do cubo** podem ser **cilíndricos ou cónicos**.
    Nos veios cónicos, a chaveta pode ser colocada com uma orientação paralela ao eixo do veio ou com uma orientação paralela à geratriz do cone do veio.

Pontas de Veio e Enchavetamentos



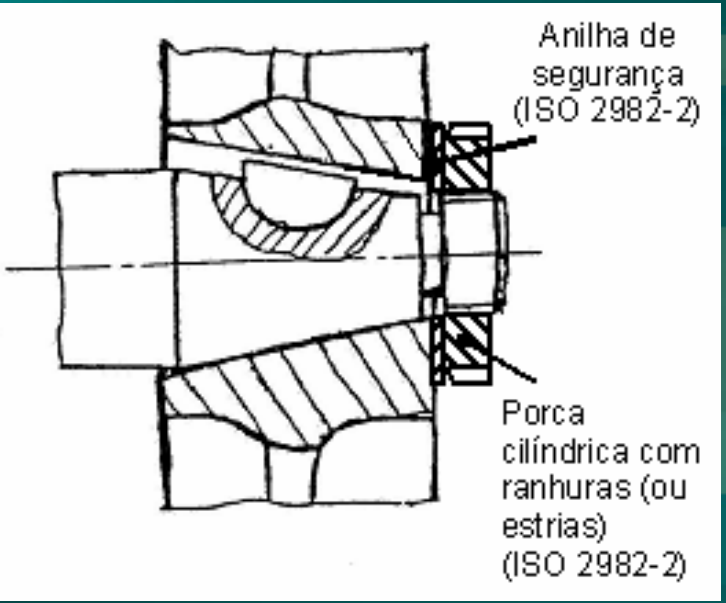
- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**
    - **Designação:**
      - Chaveta-disco;
      - Largura *b* x altura *h;*
      - Norma.

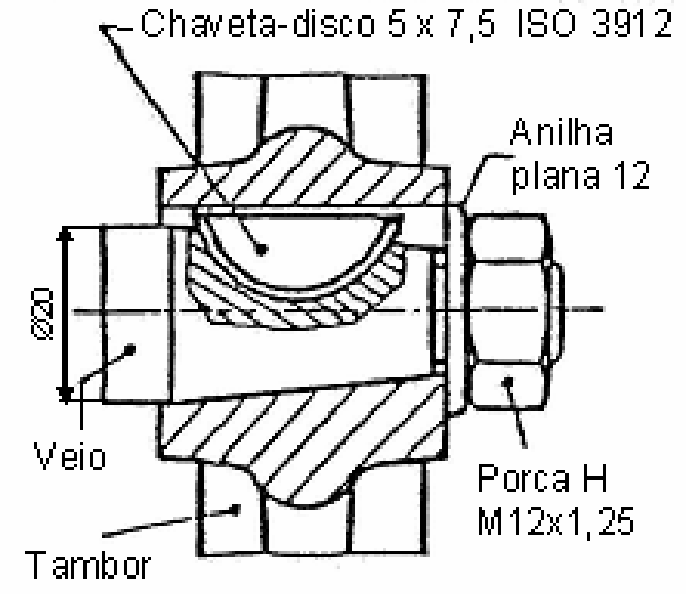
      Por exemplo:
      - Chaveta-disco 5 x 7,5 ISO 3912 (ou NP 364)
    - **Fixação axial (ou em translação):**

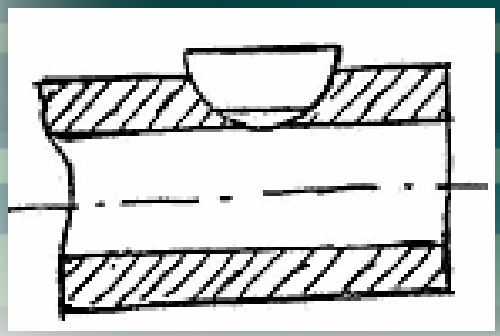
      A ligação em translação de um enchavetamento livre pode ser concretizada por:
      - Porca hexagonal (H) e anilha plana;
      - Porca cilíndrica com ranhuras (ou estrias) e anilha de segurança;
      - Parafuso de cabeça hexagonal (H) e anilha plana.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**



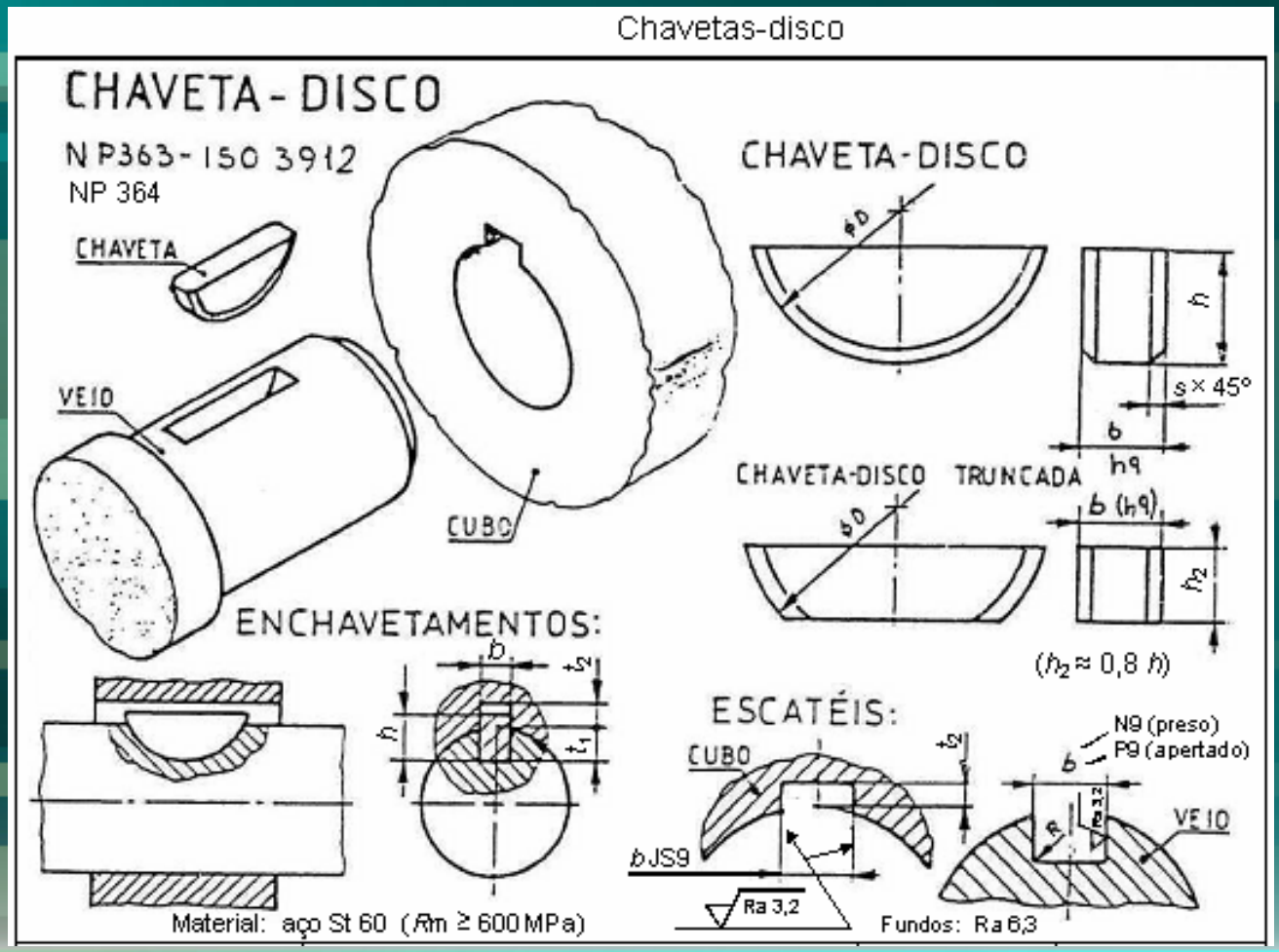




Nos casos de aplicações para a **transmissão de pequenas potências** ou **em ligações onde os cubos têm paredes finas ou os veios são ocos** é conveniente usar **chavetas de dimensões menores** do que as indicadas no quadro, desde que se continue a garantir a capacidade de transmissão da potência pretendida.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**



Pontas de Veio e Enchavetamentos

- Enchavetamentos Livres:
  - **Chavetas-Disco ou Woodruff:**

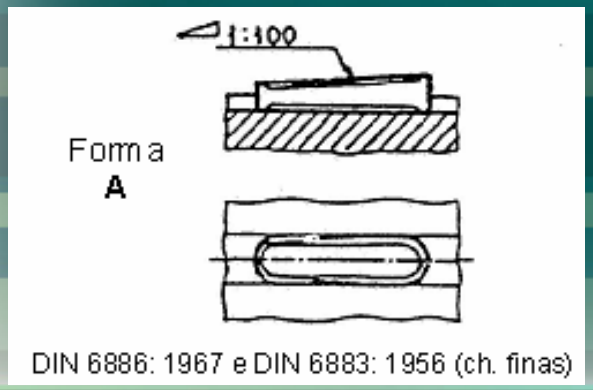
Ponta de veio				Chavetas-disco						Escatel			
Série 1 Transmissão de momento torsor Diâmetros		Série 2 Apenas fixação ou posicionamento Diâmetros		Largura	Altura	Diâmetro	Chanfro		Truncada	Veio	Cubo	Biselado ou arredondado	
de	até	de	até	b (h9)	h (h11)	D (h11)	s_{min}	s_{max}	h_2	t_1	t_2	R_{max}	R_{min}
>	Incl.									+0,1	+0,1		
3	4	3	4	1,0	1,4	4	0,16	0,25	1,1	1,0 o	0,6 o	0,16	0,08
4	5	4	6	1,5	2,6	7			2,1	2,0	0,8		
5	6	6	8	2,0	2,6	7			2,1	1,8	1,0		
6	7	8	10	2,0	3,7	10			3,0	2,9	1,0		
7	8	10	12	2,5	3,7	10			3,0	2,7	1,2		
										+0,2			
8	10	12	15	3,0	5,0	13			4,0	3,8 o	1,4		
10	12	15	18	3,0	6,5	16			5,2	5,3	1,4		
12	14	18	20	4,0	6,5	16	0,25	0,4	5,2	5,0	1,8	0,25	0,16
14	16	20	22	4,0	7,5	19			6,0	6,0	1,8		
16	18	22	25	5,0	6,5	16			5,2	4,5	2,3		
18	20	25	28	5,0	7,5	19			6,0	5,5	2,3		
										+0,3			
20	22	28	32	5,0	9,0	22			7,2	7,0 o	2,3		
22	25	32	36	6,0	9,0	22			7,2	6,5	2,8		
											+0,2		
25	28	36	40	6,0	10,0	25			8,0	7,5	2,8 o		
28	32	40	--	8,0	11,0	28	0,4	0,6	8,8	8,0	3,3	0,40	0,25
32	38	--		10,0	13,0	32			10,4	10,0	3,3		
...	...	...	...	...	...	...				...	...		

Designação: **Chaveta-disco ISO 3912 – *b* x *h*** (normal) Chaveta-disco ISO 3912 – 5 x 6,5

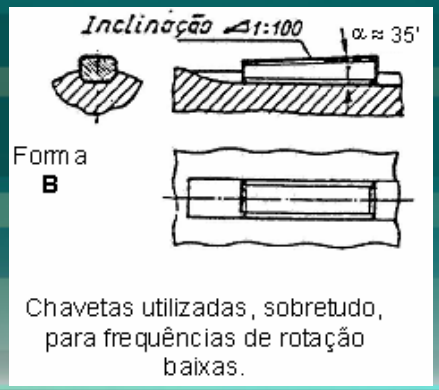
Chaveta-disco ISO 3912 – *b* x *h* (truncada) Chaveta-disco ISO 3912 – 5 x 5,2

Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**
    - **Normas:**
      - ISO/R 774: 1969 – Taper keys with or without gib head and their corresponding keyways (norma anulada, mas actualmente ainda não substituída);
      - ISO 2492: 1974 – Thin taper keys with or without gib head and their corresponding keyways;
      - NP 349: 1964 – Chavetas de cunha sem cabeça;
      - NP 350: 1964 – Chavetas de cunha com cabeça;
      - NP 352: 1964 – Chavetas de cunha finas s/ cabeça;
      - NP 353: 1964 – Chavetas de cunha finas c/ cabeça.

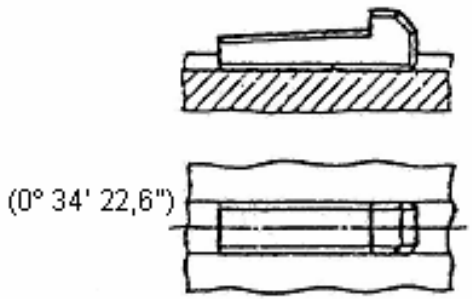


DIN 6886: 1967 e DIN 6883: 1956 (ch. finas)



Chavetas utilizadas, sobretudo, para frequências de rotação baixas.

DIN 6887: 1968 e DIN 6884: 1956 (ch. finas)



Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**
    - **Características:**

Um enchavetamento forçado é materializado por meio de vários **tipos de chavetas inclinadas** (ou chavetas de cunha):

- Chaveta inclinada da forma A, com as extremidades redondas;

- Chavetas inclinadas da forma B, com as extremidades planas;

- Chavetas inclinadas da forma C com uma extremidade redonda e outra plana;

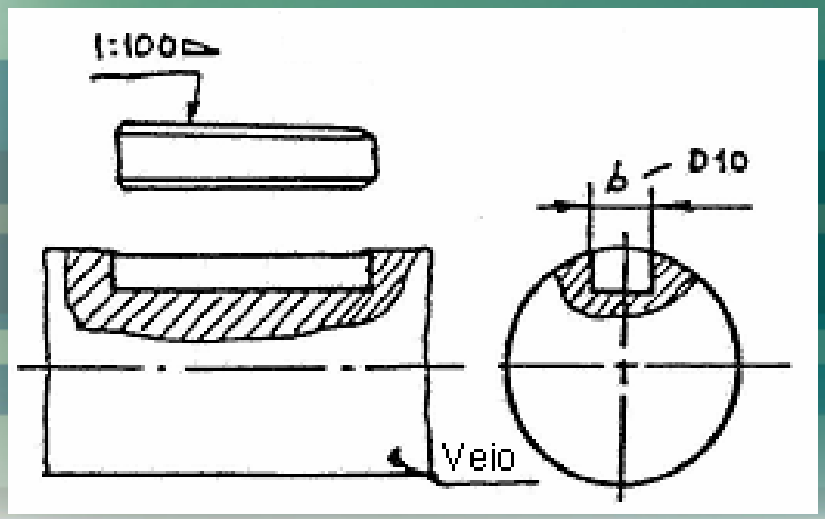
- Chavetas inclinadas com cabeça.

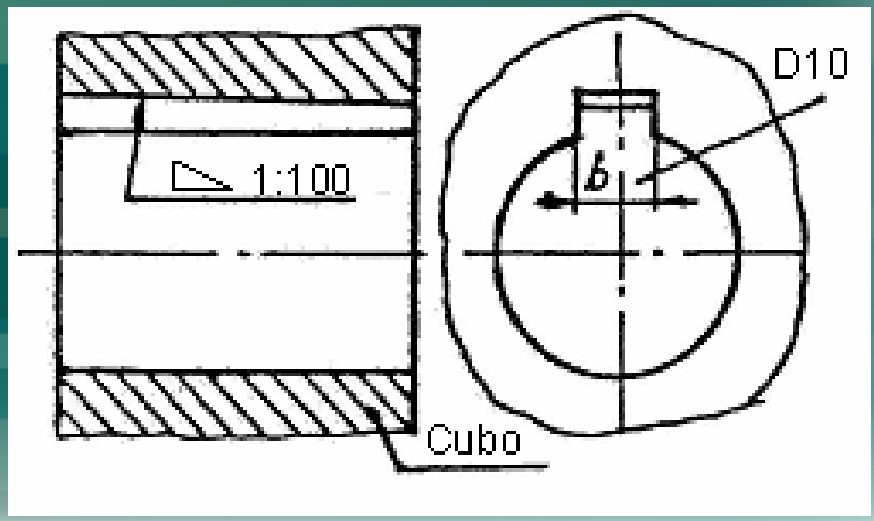
A **altura nominal** das **chavetas inclinadas c/ cabeça** deve ser medida na secção nominal. No caso de **chavetas inclinadas s/ cabeça**, a sua altura nominal deve ser medida na extremidade mais alta.

A **face superior** de uma chaveta de cunha tem uma inclinação de 1:100 em relação à face inferior.

Pontas de Veio e Enchavetamentos

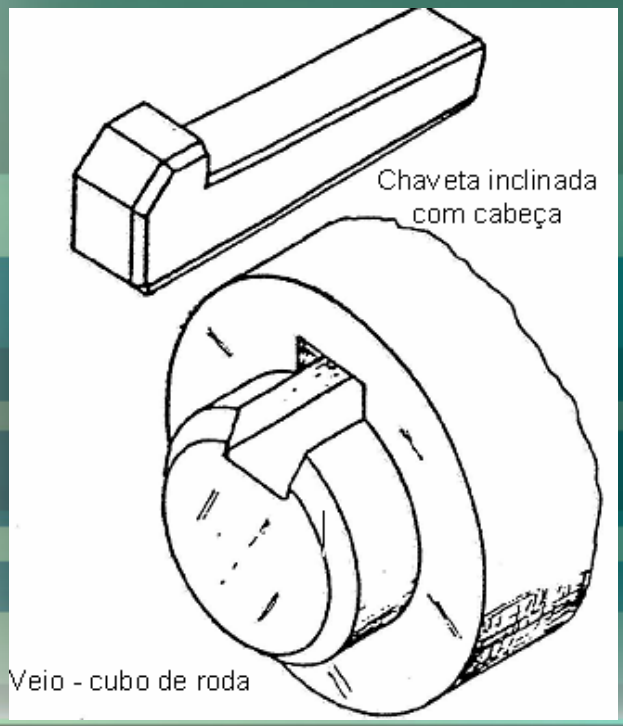
- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**
    - **Escatéis:**
      No veio, a chaveta é alojada no escatel com um ajustamento livre D10/h9 com as faces laterais do escatel.
      No cubo, a chaveta é alojada no escatel com um ajustamento livre D10/h9 com as faces laterais do escatel.
      As peças estão ligadas em rotação e em translação. Trata-se, pois, de uma **ligação desmontável, completa e indirecta**.

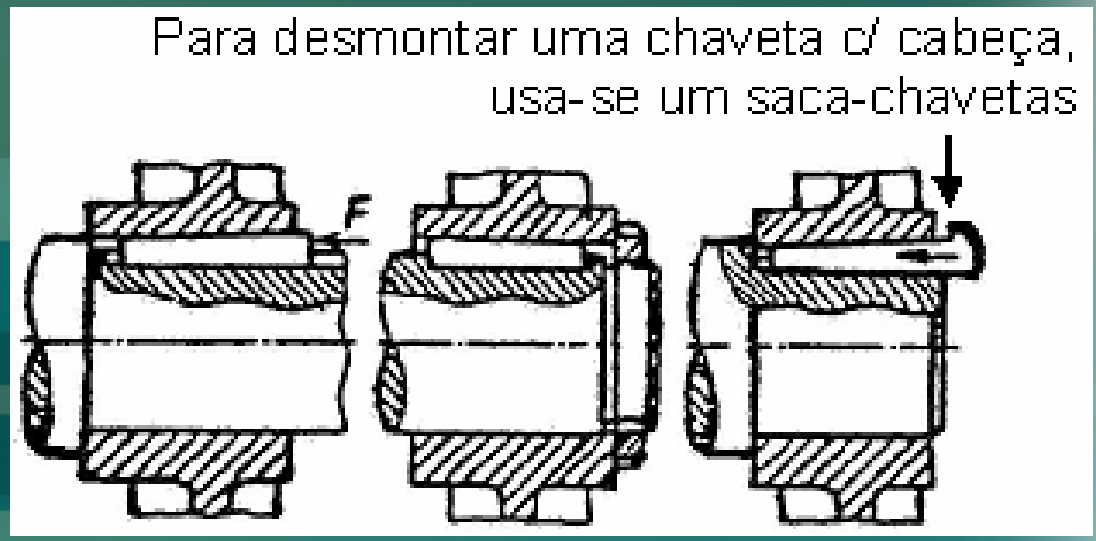




Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**
    - As **chavetas com cabeça são utilizadas, preferencialmente, quando as ligações se realizam nas extremidades dos veios**.
    - Numa ligação realizada a meio de um veio, o escatel deste deve ter o dobro do comprimento da chaveta.

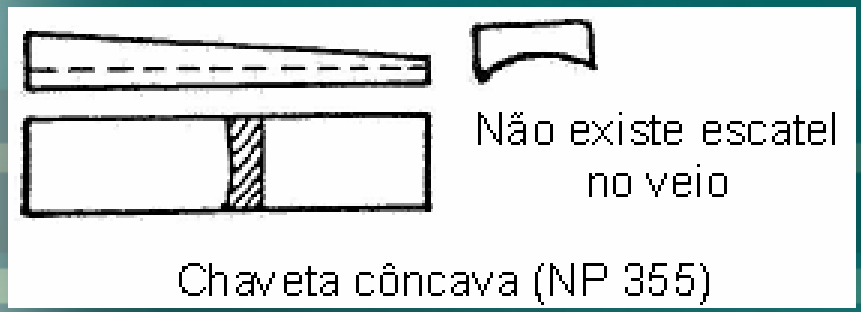


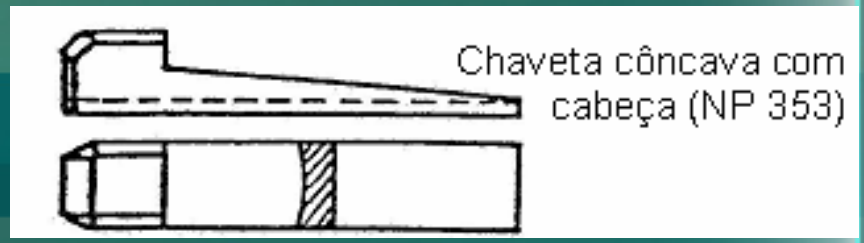


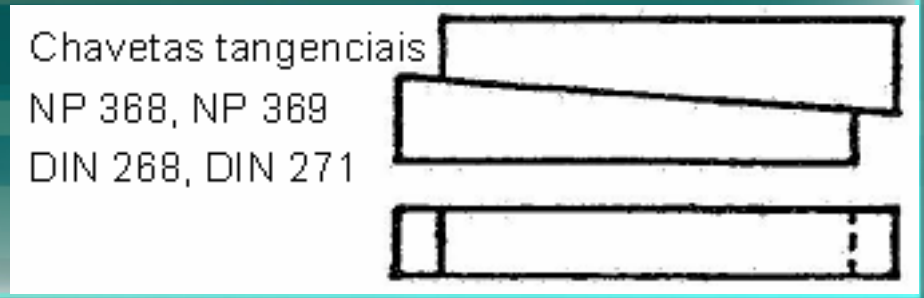
Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**
    - **Designação:**
      - **Chaveta inclinada (ou de cunha) com ou sem cabeça;**
      - **Forma (ou tipo);**
      - **Largura *b* x altura *h* x comprimento *L;***
      - **Norma.**

      Por exemplo:
      - Chaveta inclinada A 16 x 10 x 63 ISO/R 774 (ou NP 349)

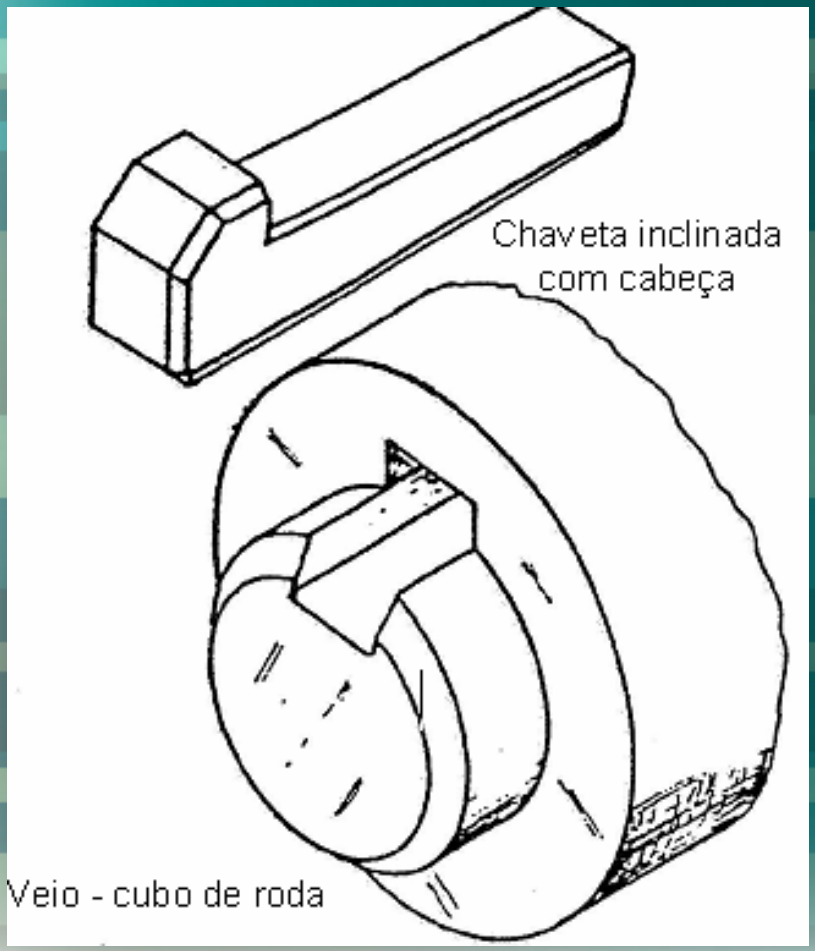


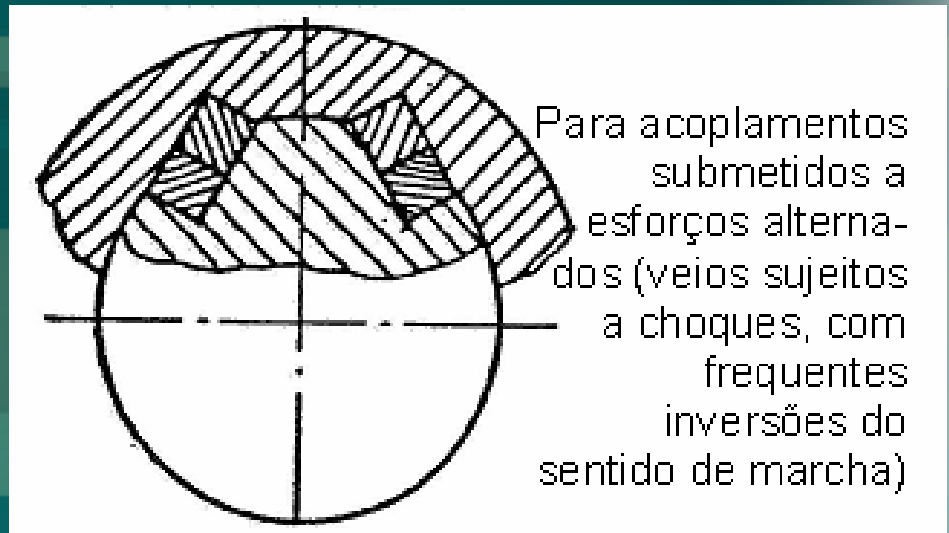




Pontas de Veio e Enchavetamentos

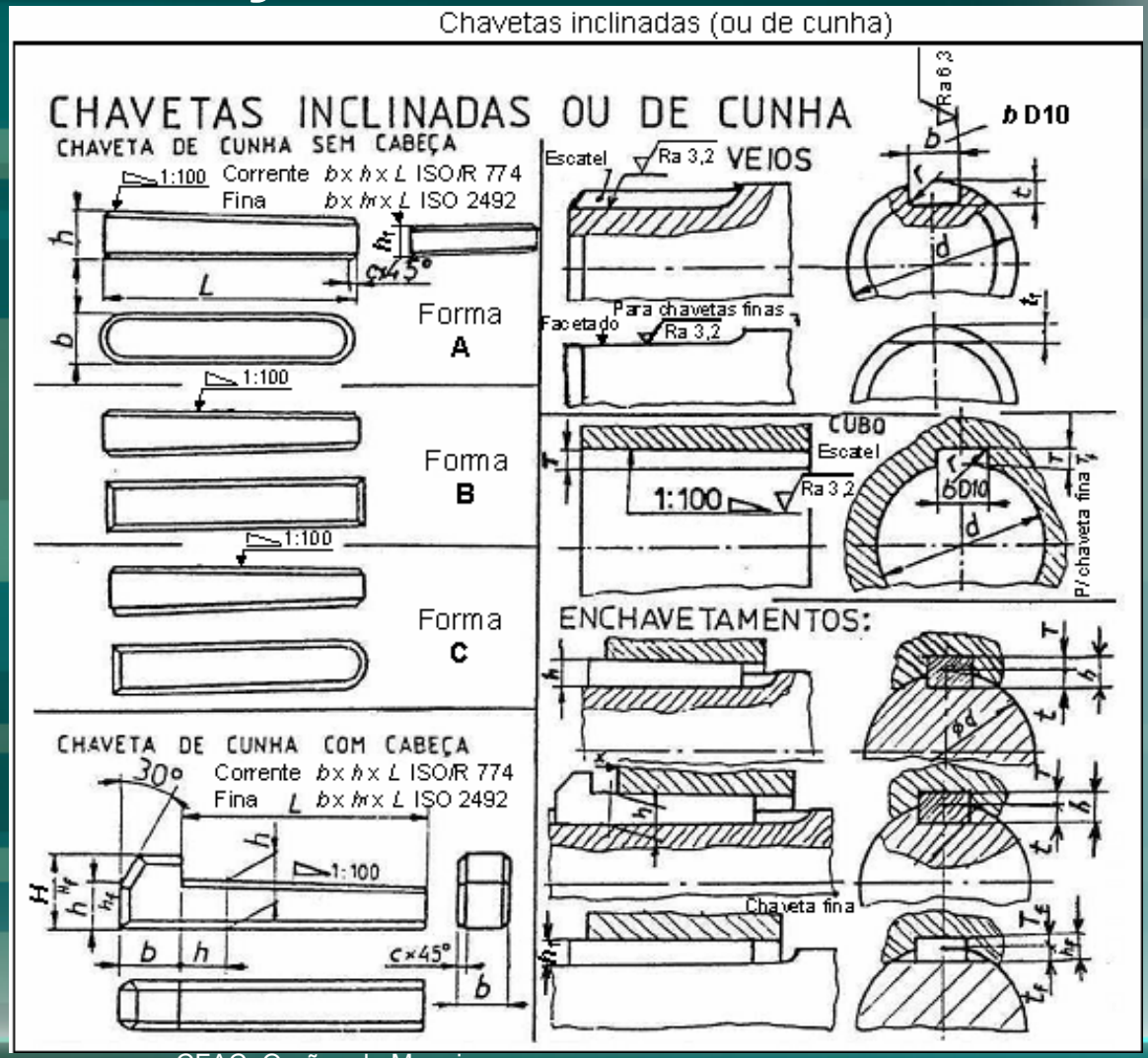
- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**





Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**



Pontas de Veio e Enchavetamentos

- **Enchavetamentos Forçados:**
  - **Chavetas Inclinadas:**

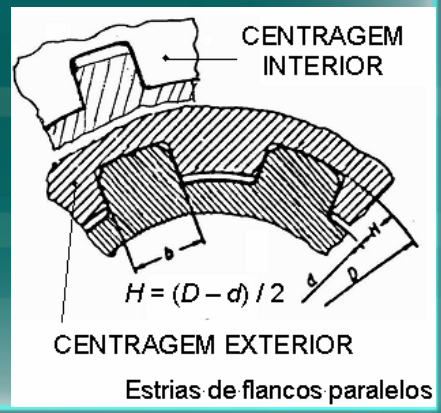
Diâmetro d (veios)		Chavetas			Comprimento L		Chanfro $c \times 45°$		Cabeça		Escatel do veio		Escatel do cubo		Arre-dondado	
		Corrente		fina												
de	até	b	h	h_f	$L_{min.}$	$L_{max.}$	$c_{min.}$	$c_{max.}$	H	H_f	t	t_f	$k = d + T$	T_f	$r_{min.}$	$r_{max.}$
6	8	2 h9	2 h9		6	20	0,16	0,25			1,2 +0,1/0		d + 0,5+0,1/0		0,08	0,16
9	10	3	3		6	36					1,8		+ 0,9			
10	12	4	4		8	45			7		2,5		+ 1,2			
12	17	5	5		10	56	0,25	0,4	8		3 +0,2/0		+ 1,7+0,2/0		0,16	0,25
17	22	6	6		14	71			10		3,5		+ 2,2			
22	30	8	7 h11	5 h11	18	90			11	8	4	3	+ 2,4	1,7		
30	38	10	8	6	22	110	0,4	0,6	12	10	5	3,5	+ 2,4	2,2	0,25	0,4
38	44	12	8	6	28	140			12	10	5	3,5	+ 2,4	2,2		
44	50	14	9	6	36	160			14	10	5,5	3,5	+ 2,9	2,2		
50	58	16	10	7	45	180			16	11	6	4	+ 3,4	2,4		
58	65	18	11	7	50	200			18	11	7	4	+ 3,4	2,4		
65	75	20	12	8	56	220	0,6	0,8	20	12	7,5	5	+ 3,9	2,4	0,4	0,6
75	85	22	14	9	63	250			22	14	9	5,5	+ 4,4	2,4		
85	95	25	14	9	70	280			22	14	9	5,5	+ 4,4	2,9		
95	110	28	16	10	80	320			25	16	10	6	+ 5,4	3,4		
110	130	32	18	11	90	360			28	18	11 +0,3/0	7	+ 6,4 +0,3/0	3,4		
...	...	...	...	...	...	...			...	...	...	...	...	...		

Comprimentos normais L = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 400 mm.

Exemplo: **Chaveta inclinada A $b \times h \times L$ ISO/R 774** ex.: 8 x 7 x 40 (corrente ou normal)
Chaveta inclinada fina A $b \times h_f \times L$ ISO2492 ex.: 8 x 5 x 40 (fina)

Acoplamentos por Estrias

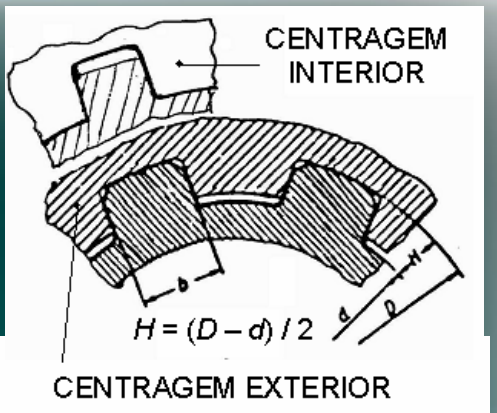
- Os acoplamentos (veio-cubo) por estrias utilizam-se **para transmitir potências elevadas**. Nos veios com estrias, as saliências comportam-se como chavetas solidárias com o veio, logo não o debilitando.
- A **ligação em rotação veio-cubo**, obtida por intermédio das estrias, **pode ser fixa ou móvel em translação** (o caso mais habitual).
- A **centragem** das peças ajustadas pode ser:
  - **INTERIOR** (d) – que é utilizada em montagens de maior exactidão e apresenta maiores superfícies de contacto do que a centragem exterior;
  - **EXTERIOR** (D) – usada na industria automóvel (económica - evitar);
  - **PELOS FLANCOS** (faces laterais) (b).



Estrias de flancos paralelos

Acoplamentos por Estrias

- **Ajustamentos:**



Estrias de flancos paralelos

a) CENTRAGEM INTERIOR (*d*):

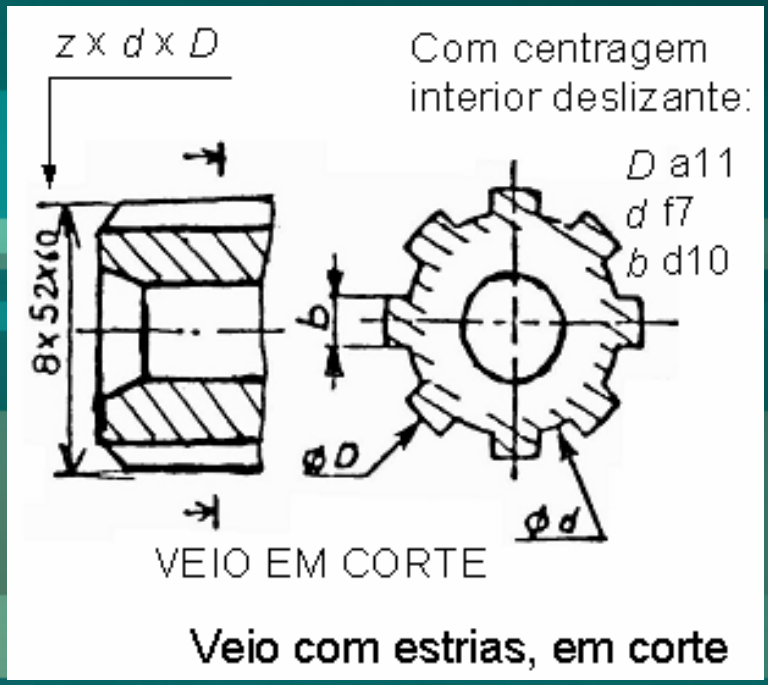
(maior exactidão)

Cubo		Veio			Centragem mais comum, porque menos difícil de obter, e de maior exactidão
s/ tratamento térmico após brochagem	c/ tratamento térmico após brochagem	**Montagem deslizante**	**Montagem deslizante justa**	**Montagem fixa**	
b H9	*b* H11	*b* d10	*b* f9	*b* h10	entre as faces laterais dos flancos
Ø*d* H7	Ø*d* H7	Ø*d* f7	Ø*d* g7	Ø*d* h7	entre superfícies cilíndricas interiores
Ø*D* H10	Ø*D* H10	Ø*D* a11	Ø*D* a11	Ø*D* a11	entre superfícies cilíndricas exteriores

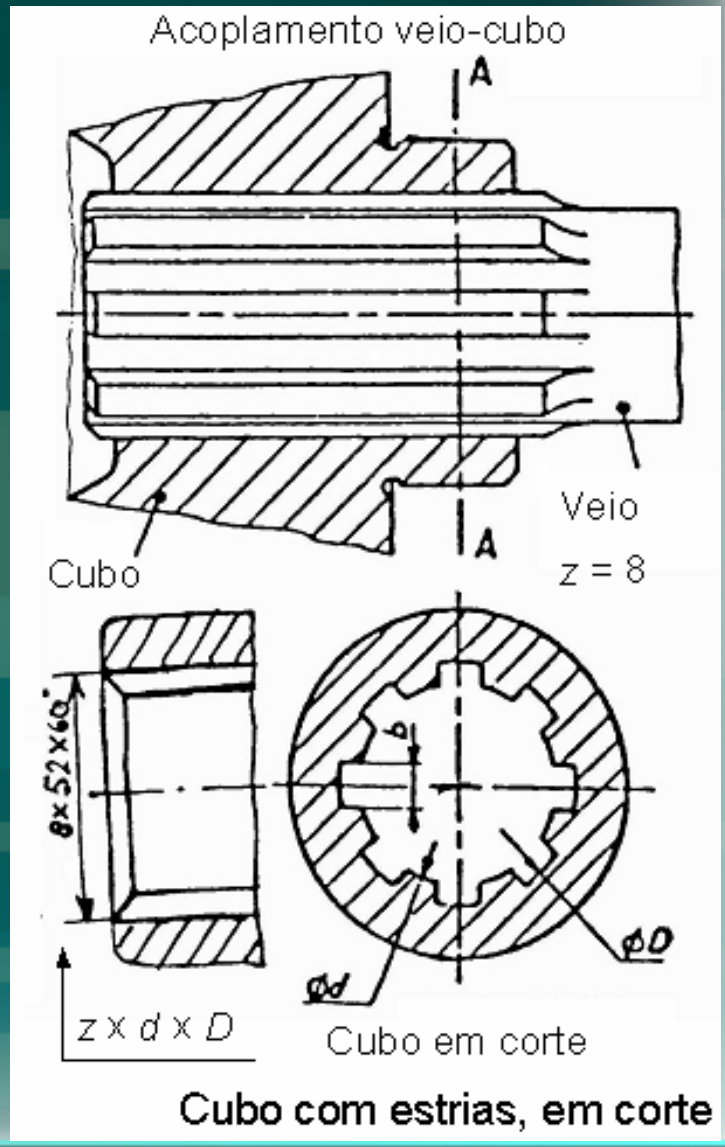
b) CENTRAGEM EXTERIOR (*D*):

Cubo		Veio		**Centragem a evitar**. Utilizada na indústria automóvel, na produção em grandes séries, por razões económicas.
s/ tratamento térmico após brochagem	c/ tratamento térmico após brochagem	**Montagem deslizante**	**Montagem fixa**	
b H9	*b* H11	*b* d10	*b* h10	entre as faces laterais dos flancos
Ø*d* H7	Ø*d* H7	Ø*d* a11	Ø*d* a11	entre superfícies cilíndricas interiores
Ø*D* H10	Ø*D* H10	Ø*D* f7	Ø*D* h7	entre superfícies cilíndricas exteriores

Acoplamentos por Estrias



Veio com estrias, em corte



Cubo com estrias, em corte

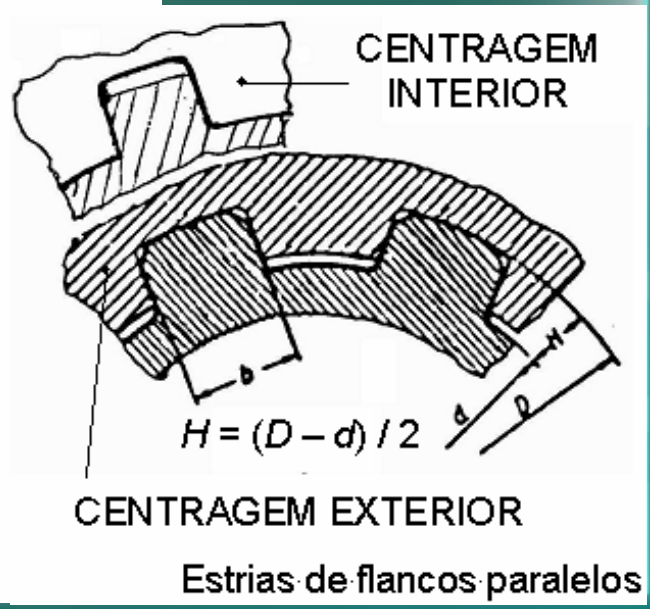
- **Séries** de elementos com estrias:
  - Série **ligeira** (c/ centragem interior);
  - Série **média** (c/ centragem interior) de uso corrente;
  - Série **forte ou pesada** (c/ centragem exterior).

Acoplamentos por Estrias

- **Séries** de elementos com estrias:

Elementos com estrias de flancos paralelos (ISO 14, DIN 5464)

Série ligeira		Série média		Série pesada	
z x d x D	*b*	*z x d x D*	*b*	*z x d x D*	*b*
		6 x 11 x 14	3		
		6 x 13 x 16	3,5		
		6 x 16 x 20	4	10 x 16 x 20	2,5
		6 x 18 x 22	5	10 x 18 x 23	3
		6 x 21 x 25	5	10 x 21 x 26	3
6 x 23 x 26	6	6 x 23 x 28	6	10 x 23 x 29	4
6 x 26 x 30	6	6 x 26 x 32	6	10 x 26 x 32	4
6 x 28 x 32	7	6 x 28 x 34	7	10 x 28 x 35	4
8 x 32 x 36	6	8 x 32 x 38	6	10 x 32 x 40	5
8 x 36 x 40	7	8 x 36 x 42	7	10 x 36 x 45	5
8 x 42 x 46	8	8 x 42 x 48	8	10 x 42 x 52	6
8 x 46 x 50	9	8 x 46 x 54	9	10 x 46 x 56	7
8 x 52 x 58	10	8 x 52 x 60	10	16 x 52 x 60	5
8 x 56 x 62	10	8 x 56 x 65	10	16 x 56 x 65	5
8 x 62 x 68	12	8 x 62 x 72	12	16 x 62 x 72	6
10 x 72 x 78	12	10 x 72 x 82	12	16 x 72 x 82	7
10 x 82 x 88	12	10 x 82 x 92	12	20 x 82 x 92	6
10 x 92 x 98	14	10 x 92 x 102	14	20 x 92 x 102	7
10 x 102 x 108	16	10 x 102 x 112	16	20 x 102 x 115	8
10 x 112 x 120	18	10 x 112 x 125	18	20 x 112 x 125	9



Acoplamentos por Estrias

- **Designação normalizada:**
  A designação de um elemento com **estrias de flancos paralelos** é composta pelas seguintes indicações:
  - Veio (ou cubo) com estrias e símbolo gráfico indicando o seu tipo;
  - Norma;
  - Número de estrias;
  - Diâmetro interior x diâmetro exterior e tolerância conforme a centragem

  Exemplo:
  Veio com estrias, de centragem interior e montagem deslizante:



Acoplamentos por Estrias

- **Designação normalizada:**
  A designação de um elemento com **estrias de flancos em evolvente** é composta pelas seguintes indicações:
  - Símbolo gráfico respectivo e indicação de EXT (veio) ou INT (cubo);
  - Número de dentes *Z*;
  - Módulo *m*;
  - Ângulo de pressão (α) e tipo de fundo do dente [curvo (R) ou plano (P)];
  - Tolerância;
  - Norma.

  Exemplo: Veio com estrias de flancos em evolvente:

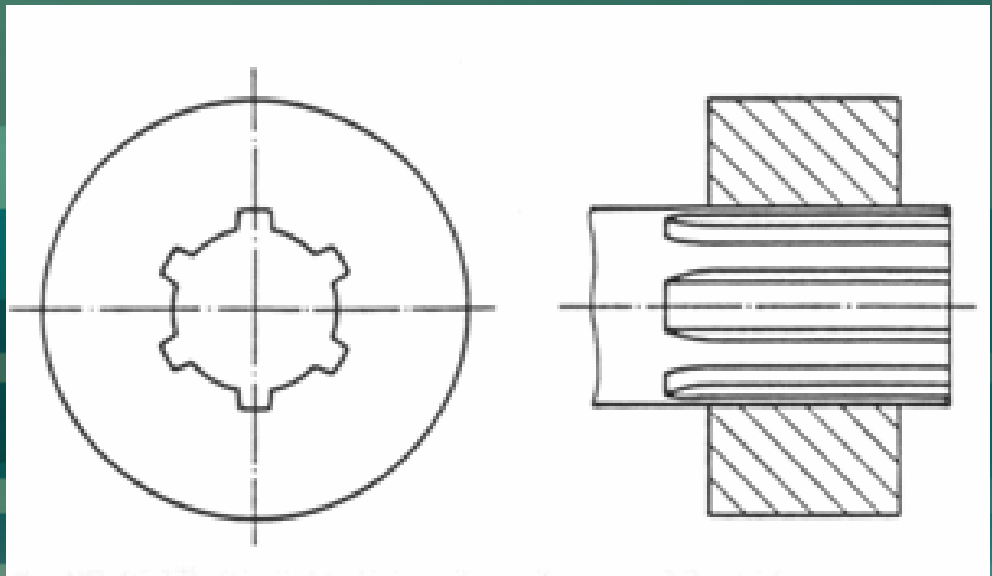


Acoplamentos por Estrias

- Aplicações:
  - Muito utilizados na **indústria automóvel** e, também, em **máquinas-ferramenta**.
  - Nas **produções em série**, em grandes quantidades, utilizam-se, preferencialmente, os acoplamentos por estrias, principalmente, quando há necessidade de transmitir **grandes momentos torsores** e quando as **cargas são cíclicas**.
- Métodos de fabricação de elementos com estrias:
  - As estrias nos veios são abertas por fresagem;
  - Os cubos correspondentes deverão ter as ranhuras complementares produzidas em máquinas de escatelar ou em brochadoras.

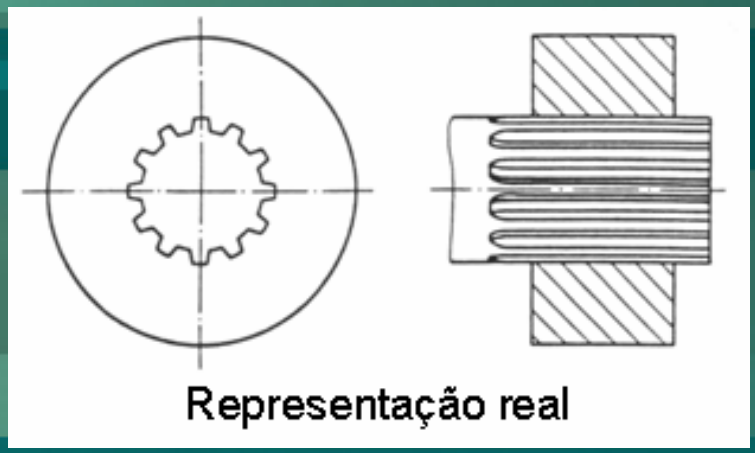
Acoplamentos por Estrias

- **Representação** de Elementos Estriados (NP EN ISO 6413):
  - Existem dois métodos de representação:
    - representação **real**;
    - representação **simplificada**.
  - Elemento com estrias de **flancos paralelos:**

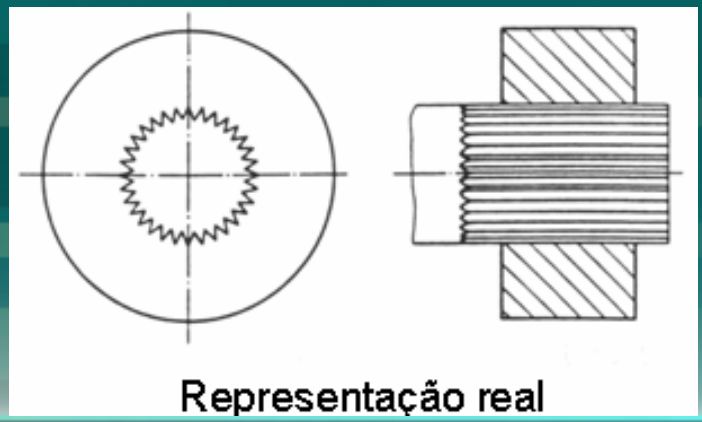


Acoplamentos por Estrias

- **Representação** de Elementos Estriados (NP EN ISO 6413):
  - Elemento com estrias de **flancos em evolvente:**



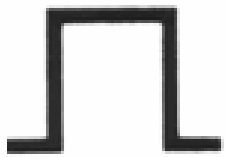
  - **Elemento dentado:**



Acoplamentos por Estrias

- **Designação:**
  A designação de acoplamentos por estrias deve compreender o **símbolo gráfico** correspondente ao tipo **e a designação do acoplamento**, especificados na **Norma** correspondente.
- Símbolos gráficos:

Elementos com estrias de flancos paralelos (ver ISO 14)

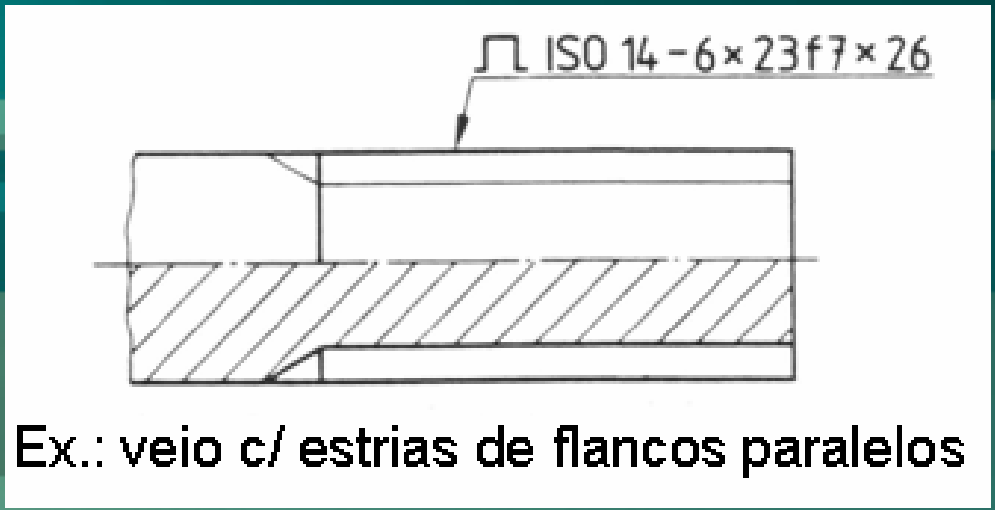


Elementos com estrias de flancos em evolvente (ver ISO 4156) e para elementos dentados



Acoplamentos por Estrias

- **Indicação da designação:**

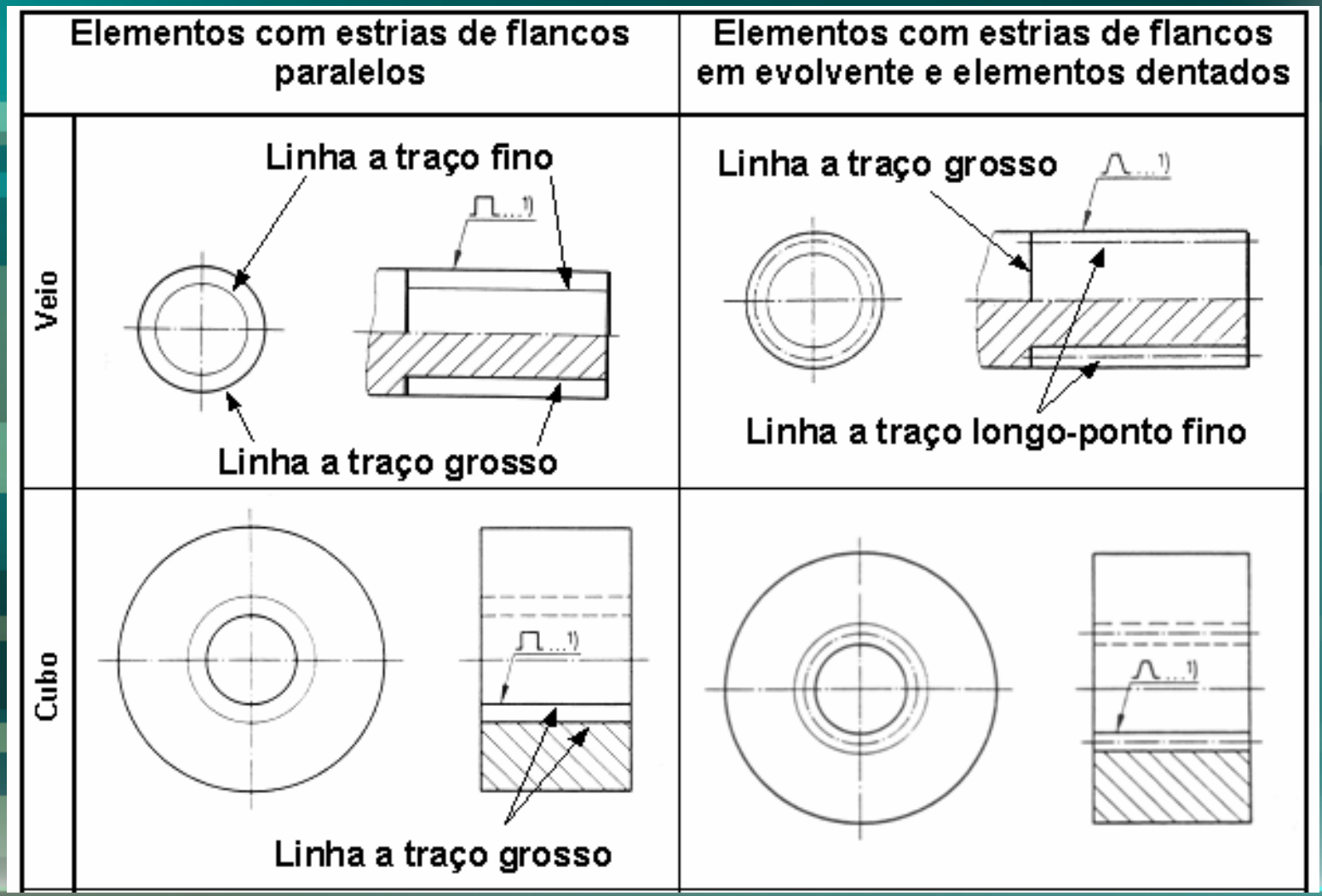


Ex.: veio c/ estrias de flancos paralelos

- **Representação completa** de acoplamentos por estrias:
  Normalmente, uma representação completa (real) de um acoplamento por estrias, indicando todos os detalhes com as suas dimensões reais **não é necessária em desenho técnico e deve ser evitada**.

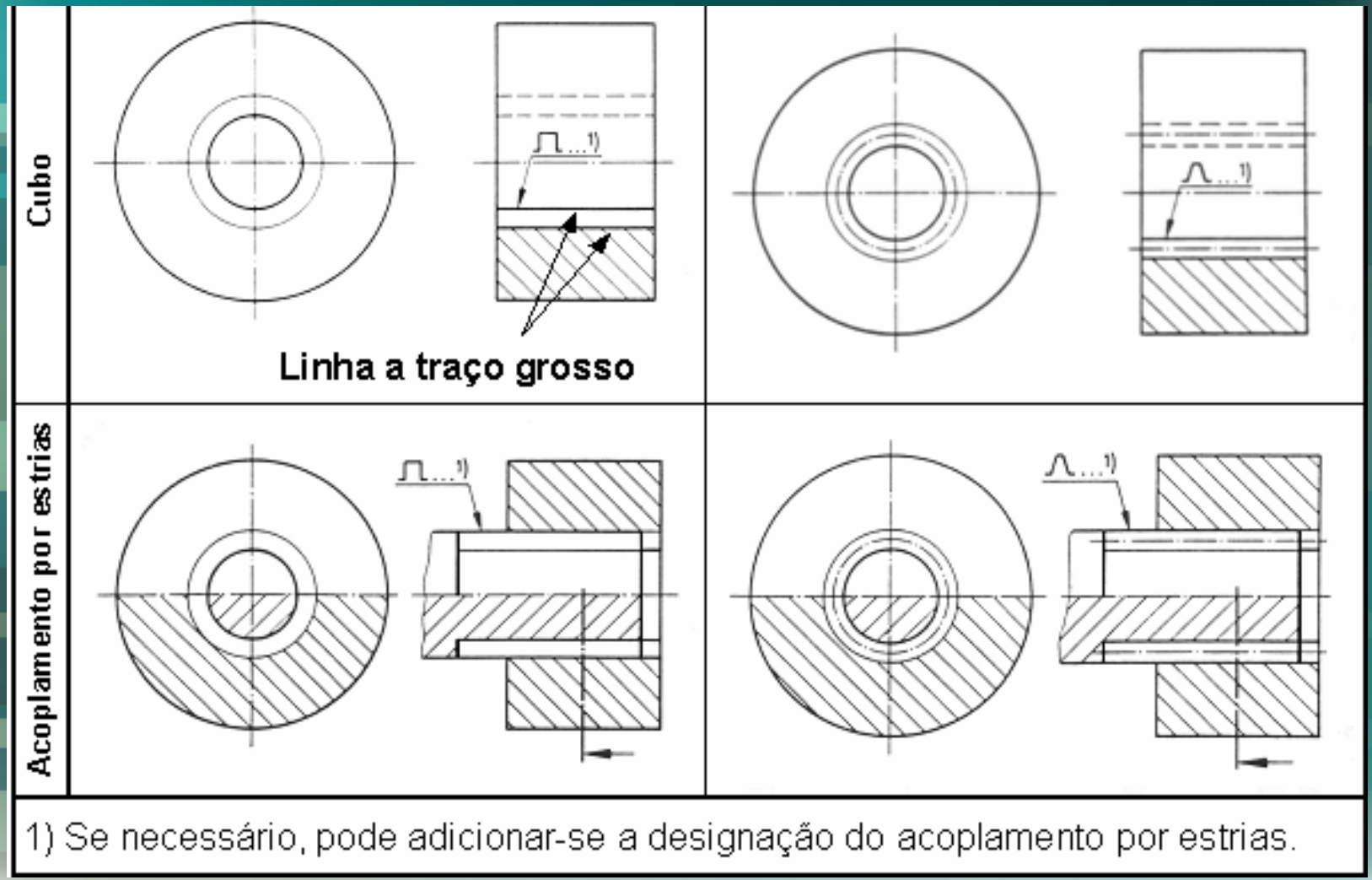
Acoplamentos por Estrias

- Representação simplificada:



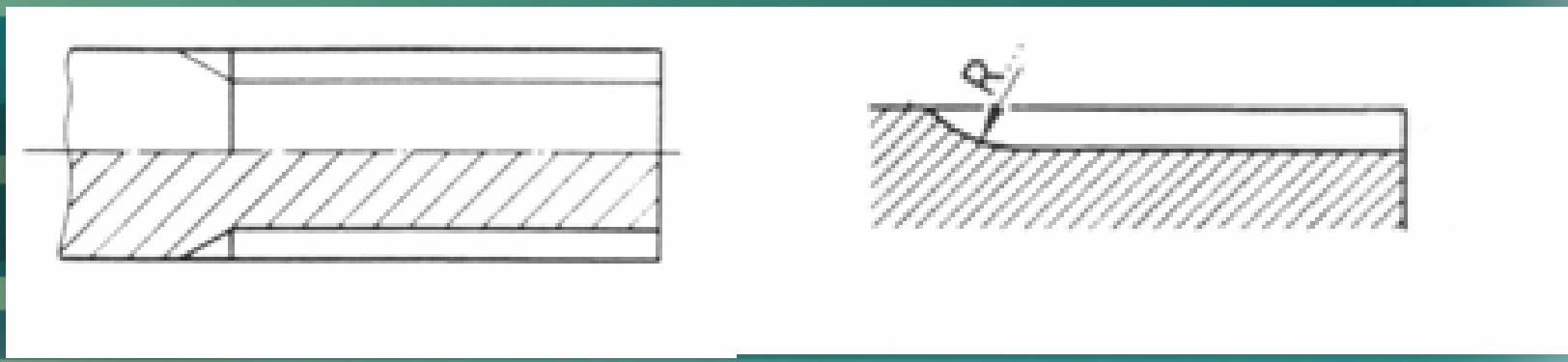
Acoplamentos por Estrias

- Representação simplificada (cont.):



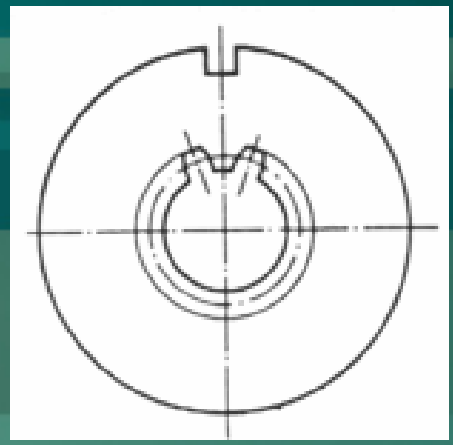
Acoplamentos por Estrias

- **Desenhos de detalhe** (veios e cubos):
  As peças de um acoplamento por estrias devem ser representadas como peças maciças sem dentes, mas com a adição da superfície do pé, representada por uma linha a traço contínuo fino ou da superfície primitiva, representada por uma linha a traço longo-ponto.
  - Saída da ferramenta (se necessário):

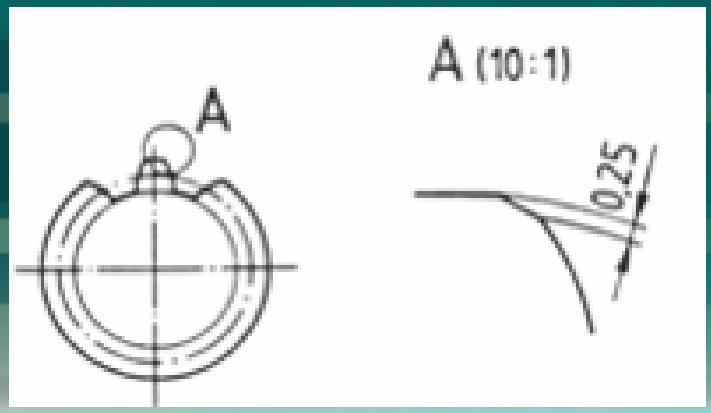


Acoplamentos por Estrias

- **Desenhos de detalhe** (veios e cubos):
  - Posição dos dentes (se necessário):

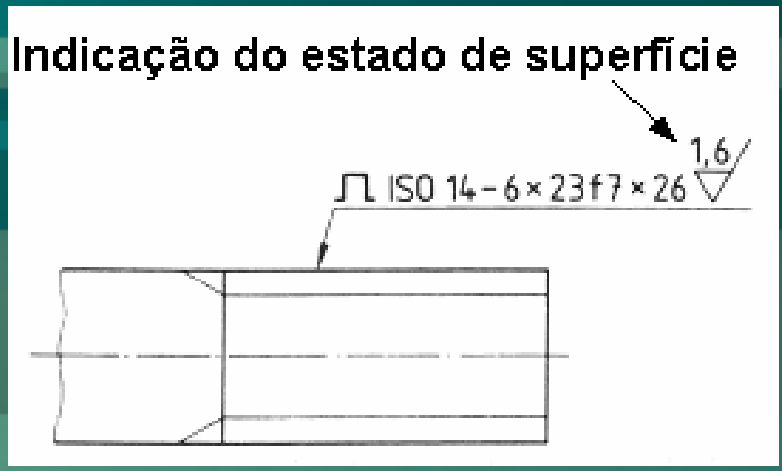


  - Desenho de detalhe do perfil do dentado (se necessário):

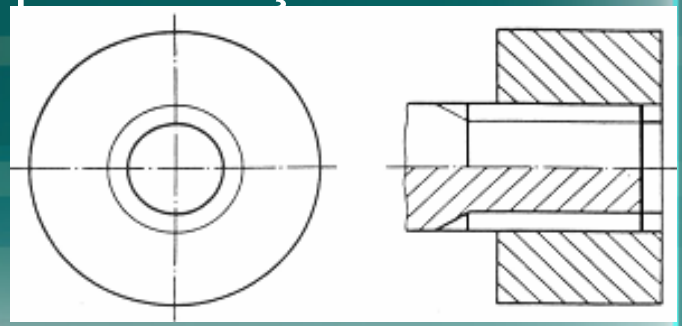


Acoplamentos por Estrias

- **Desenhos de detalhe** (veios e cubos):
  - Estado de superfície (se necessário):

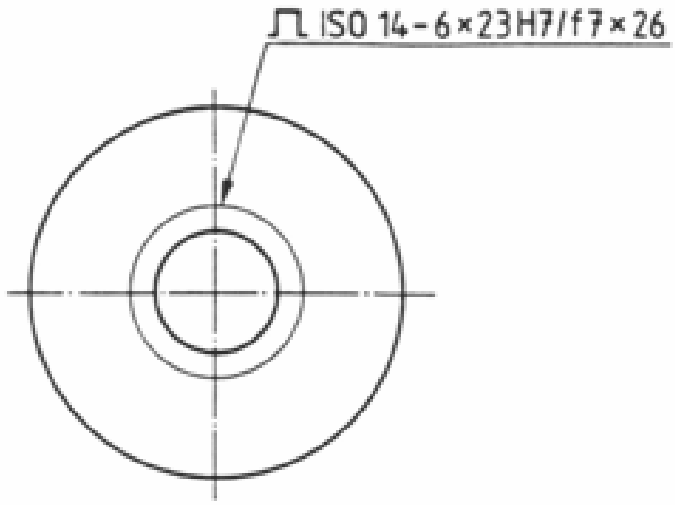


- **Desenhos de conjunto:**
  As regras especificadas para a representação dos desenhos de detalhe aplicam-se, também, aos desenhos de conjunto.

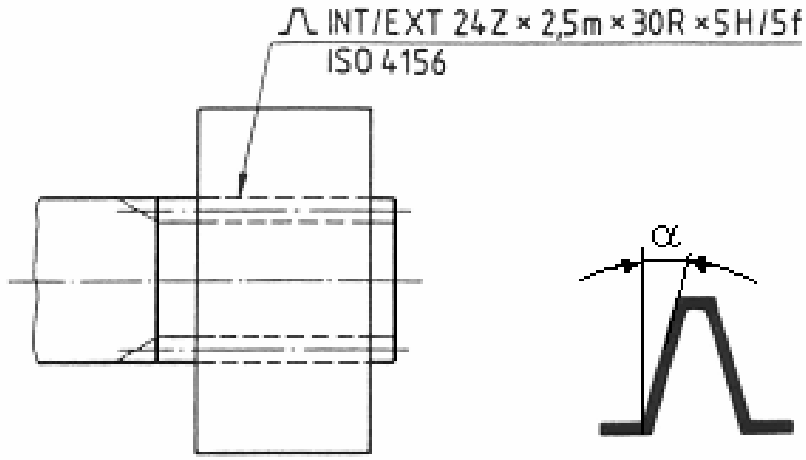


Acoplamentos por Estrias

- **Desenhos de conjunto:**
  Em desenhos de conjunto, as **designações de ambas as peças (cubo e veio) devem ser combinadas.**



Acoplamento por estrias de flancos paralelos



Acoplamento por estrias de flancos em evolvente

Acoplamentos por Estrias

- **Designações normalizadas (Exemplos):**

Acoplamento por estrias ⎍ ISO 14 – 6 x 23 H7/f7 x 26

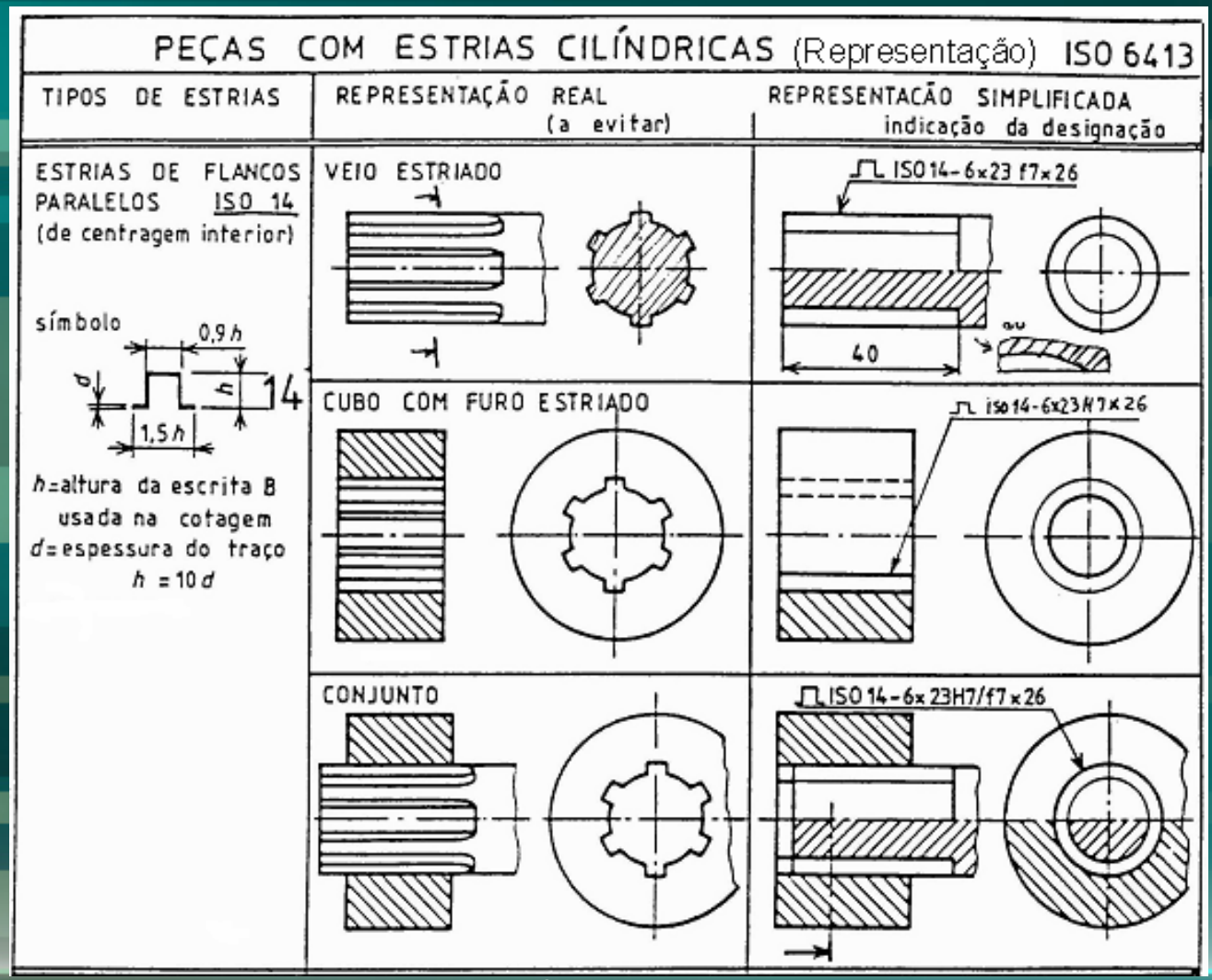
- Acoplamento por estrias de flancos paralelos ISO 14,
- centragem interior e montagem deslizante,
- 6 estrias, de diâmetro interior ∅23, tolerâncias de ajustamento H7/f7 e
- diâmetro exterior ∅26

⩚ INT/EXT 24Z x 2,5m x 30R x 5H/5f – ISO 4156

- Acoplamento por estrias de flancos em evolvente
- 24 dentes de módulo 2,5 mm e ângulo de pressão $\alpha = 30°$,
- fundo do dente curvo (R), tolerâncias de ajustamento 5H/5f e
- norma ISO 4156

Acoplamentos por Estrias

- Quadro resumo:



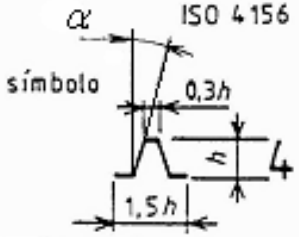
Acoplamentos por Estrias

- Quadro resumo (cont.):

SIMÕES MOR

ESTRIAS DE FLANCOS EM EVOLVENTE

ISO 4156

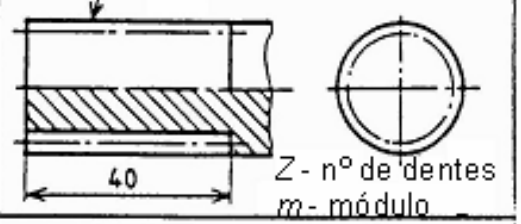


ISO 14

Elementos estriados com flancos paralelos

Série ligeira		Série média		Série pesada	
z×d×D	b	z×d×D	b	z×d×D	b
		6 × 11 × 14	3		
		6 × 13 × 16	3,5		
		6 × 16 × 20	4	10 × 16 × 20	2,5
		6 × 18 × 22	5	10 × 18 × 23	3
		6 × 21 × 25	5	10 × 21 × 26	3
6 × 23 × 26	6	6 × 23 × 28	6	10 × 23 × 29	4
6 × 26 × 30	6	6 × 26 × 32	6	10 × 26 × 32	4
6 × 28 × 32	7	6 × 28 × 34	7	10 × 28 × 35	4
8 × 32 × 36	7	8 × 32 × 38	6	10 × 32 × 40	5
8 × 36 × 40	7	8 × 36 × 42	7	10 × 36 × 45	5
8 × 42 × 46	8	8 × 42 × 48	8	10 × 42 × 52	6
8 × 46 × 50	9	8 × 46 × 54	9	10 × 46 × 56	7
8 × 52 × 58	10	8 × 52 × 60	10	16 × 52 × 60	5
8 × 56 × 62	10	8 × 56 × 65	10	16 × 56 × 65	6
8 × 62 × 68	12	8 × 62 × 72	12	16 × 62 × 72	6
10 × 72 × 78	12	10 × 72 × 82	12	16 × 72 × 82	7
10 × 82 × 88	12	10 × 82 × 92	12	20 × 82 × 92	6
10 × 92 × 98	14	10 × 92 × 102	14	20 × 92 × 102	7
10 × 102 × 108	16	10 × 102 × 112	16	20 × 102 × 113	8
10 × 112 × 120	18	10 × 112 × 125	18	20 × 112 × 123	9

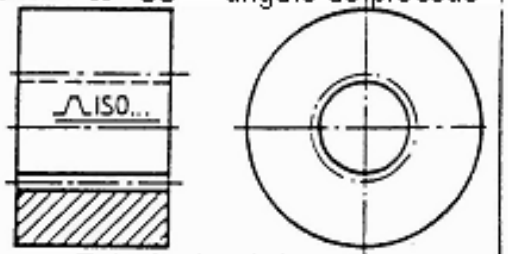
VEIO ISO4156-24Z×2,5m×30R×5f



Z - nº de dentes

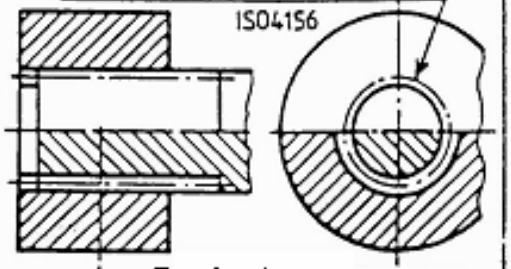
m - módulo

CUBO $\alpha = 30°$ – ângulo de pressão



Tolerâncias / ajustamentos

INT/EXT 24Z×2,5m×30R×5H/5f ISO4156

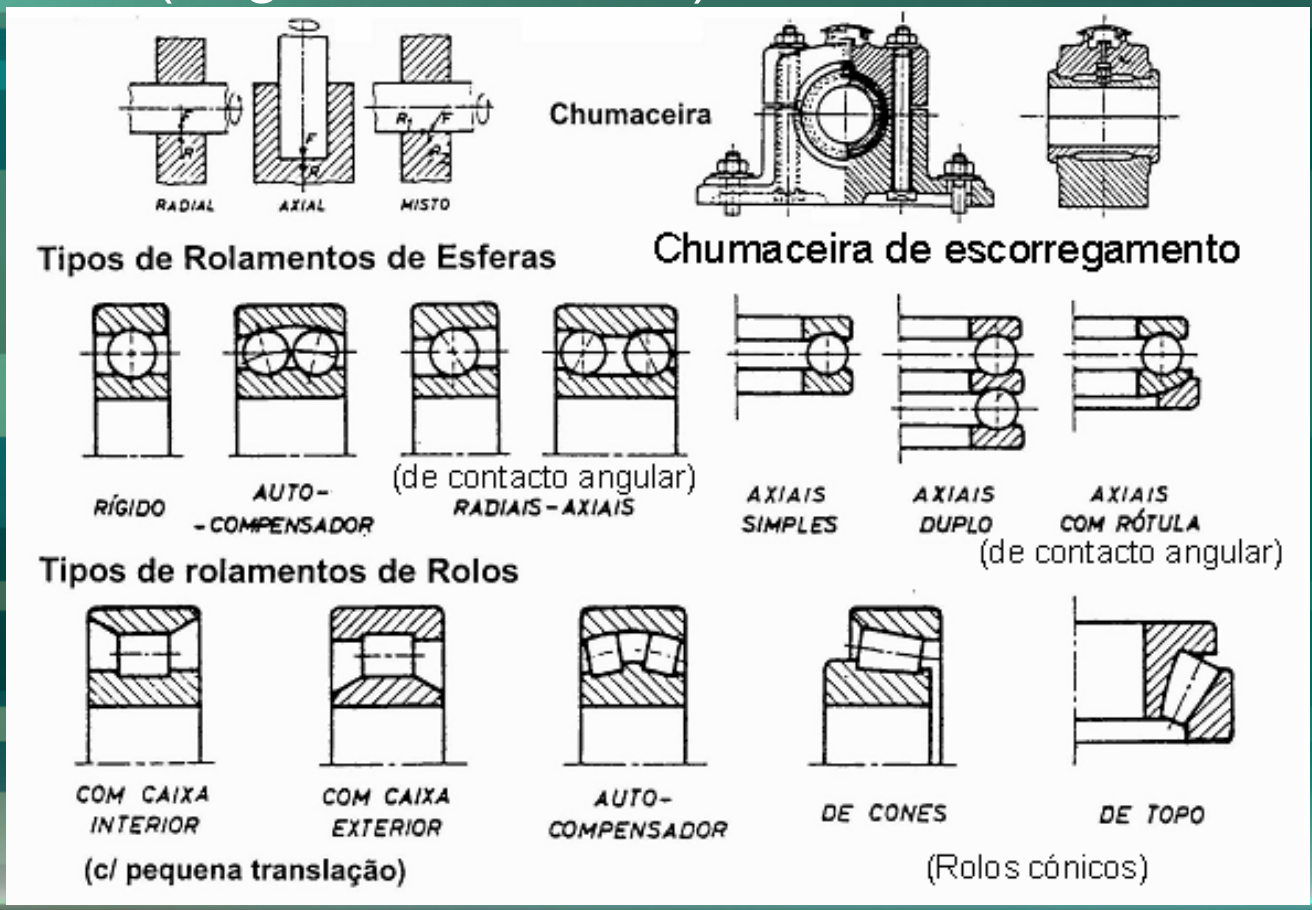


R – fundo curvo

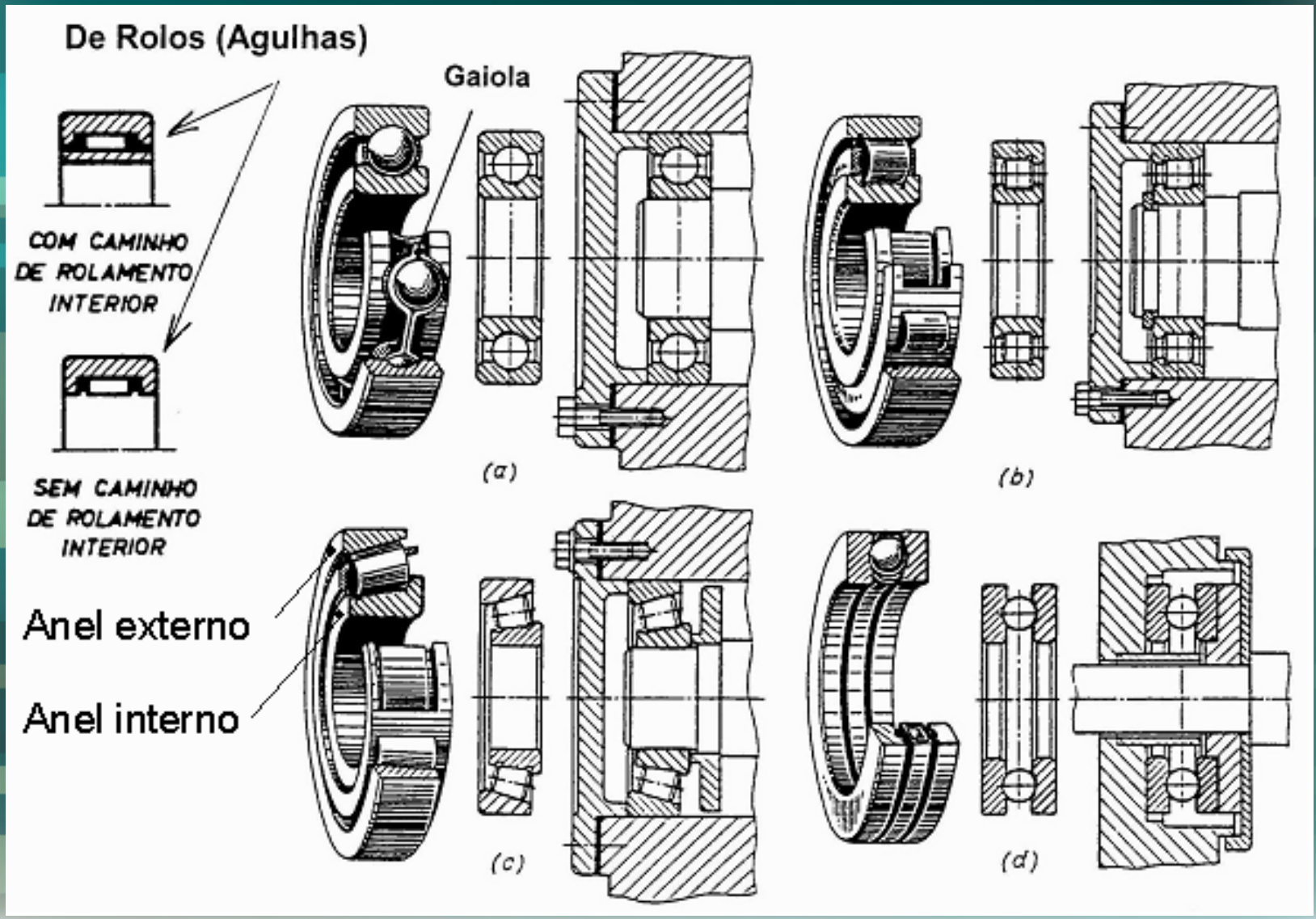
P – fundo plano

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Para o **apoio de veios com movimento de rotação**, com ou sem a possibilidade de absorver pequenos desvios (angulares e axiais) do veio.

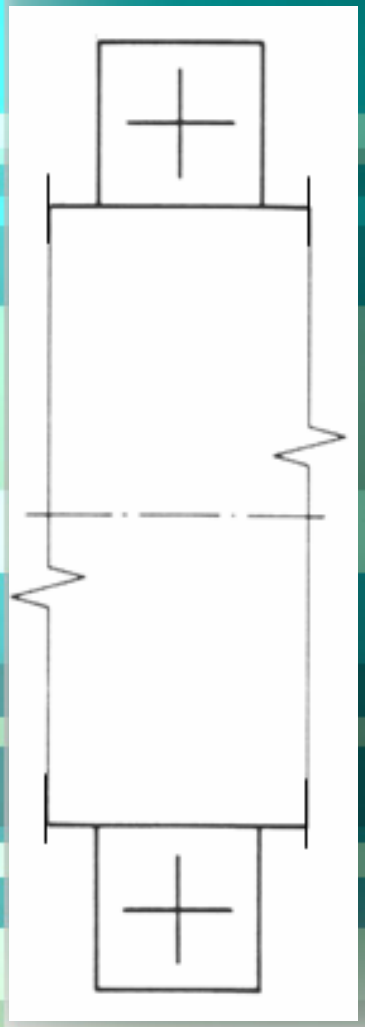


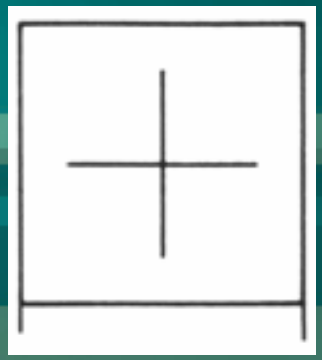
Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

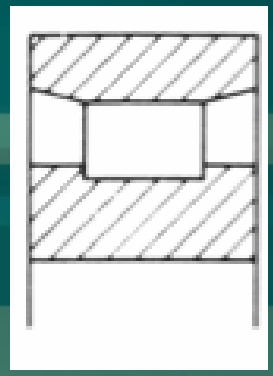


Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- **Representação simplificada geral:**

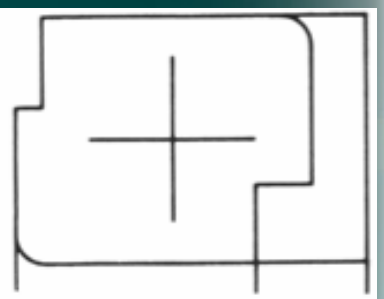






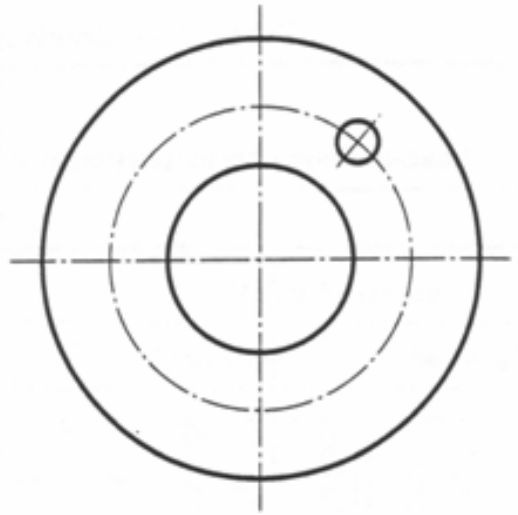
(tracejados)

A cruz não deve tocar nos contornos.



(contorno real)

Nas representações perpendiculares ao eixo do rolamento, o elemento rolante pode ser representado por um círculo, independentemente da sua forma real (esfera, rolo, agulha, etc.) e da sua dimensão.



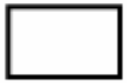
Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Elementos para a representação simplificada particular de diversos rolamentos:

Nº.	Elemento	Descrição	Aplicação
1.1	1)	Linha recta contínua longa	Linha que representa o **eixo do elemento rolante, sem possibilidade de alinhamento**
1.2	 1)	Arco de circunferência contínuo longo	Linha que representa o **eixo do elemento rolante, com possibilidade de alinhamento**

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

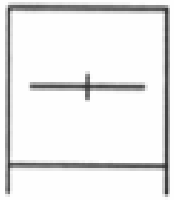
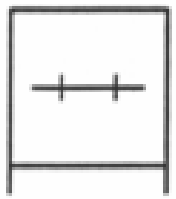
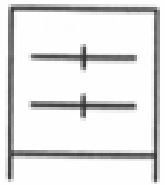
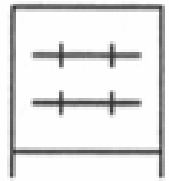
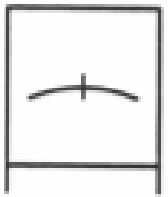
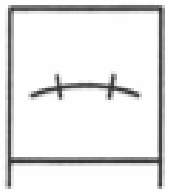
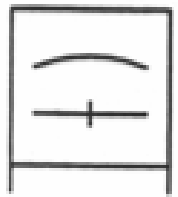
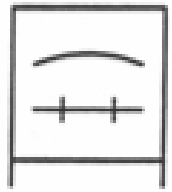
- Elementos para a representação simplificada particular de diversos rolamentos (cont.):

1.3	Indicação alternativa (exemplos) 	**Linha recta contínua curta**, que corta as linhas contínuas longas nº. 1.1 e 1.2 a 90º (indicação simplificada preferível) coincidente com a **linha de eixo (radial) de cada elemento rolante**.	**Número de carreiras e posição dos elementos rolantes**
	 2)	círculo	esfera
	 2)	rectângulo largo	rolo
	 2)	rectângulo estreito	agulha, pino

1) Este elemento pode ser mostrado inclinado, dependendo do tipo de rolamento
2) Alternativamente à linha recta contínua curta, esta variante pode ser usada para representar o elemento rolante

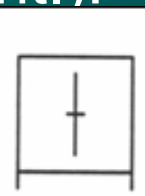
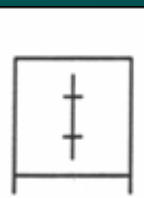
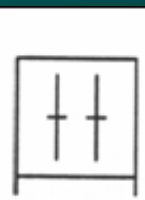
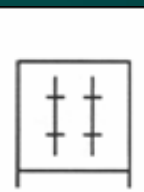
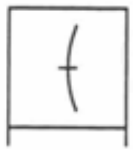
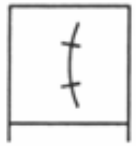
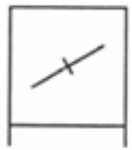
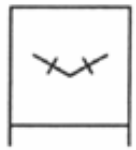
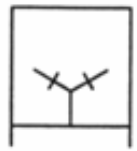
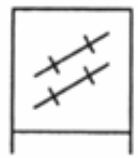
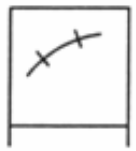
Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular de combinação de elementos:

Especificações de carga			Características do Rolamento			
			Dois anéis		Três anéis	
			Uma carreira	Duas carreiras	Uma carreira	Duas carreiras
Radial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular de combinação de elementos (cont.):

Direcção da carga						
Axial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				
Radial e axial	Possibilidade de alinhamento	não				
		sim				

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

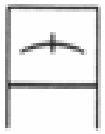
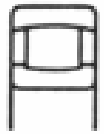
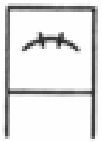
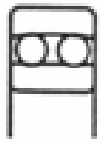
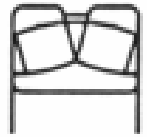
- Representação simplificada particular:

Rolamentos de esferas e de rolos

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
3.1		 Rolamento de esferas, rígido, de uma carreira ISO 15, ISO 8443 Rolamento de fixação rápida ISO 9628	 Rolamento de rolos cilíndricos, de uma carreira ISO 15
3.2		 Rolamento de esferas, rígido, de duas carreiras ISO 15	 Rolamento de rolos cilíndricos, de duas carreiras ISO 15

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

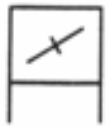
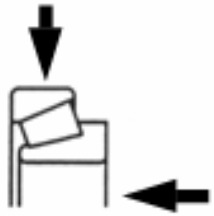
- Representação simplificada particular (cont.):

3.3			 Rolamento de rolos esféricos, de uma carreira ISO 15
3.4		 Rolamento de esferas, autocompensador, de duas carreiras ISO 15	 Rolamento de rolos esféricos, de duas carreiras ISO 15

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

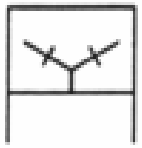
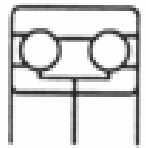
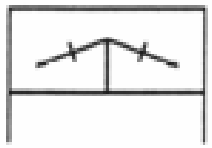
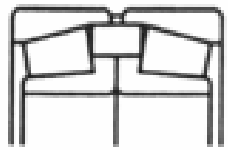
- Representação simplificada particular (cont.):

Rolamentos de esferas e de rolos (continuação)

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
3.5		 Rolamento de esferas, separável, de contacto angular, de uma carreira ISO 582	 Rolamento de rolos cónicos, de contacto angular, de uma carreira ISO 355
3.6		 Rolamento de esferas, não separável, de contacto angular, de duas carreiras	

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular (cont.):

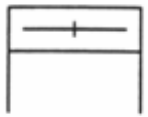
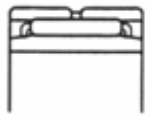
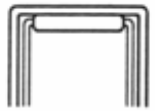
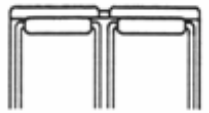
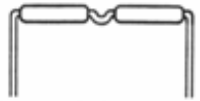
3.7		 Rolamento de esferas, separável, de contacto angular, de duas carreiras, com anel interno bipartido	
3.8			 Rolamento de rolos cónicos, de contacto angular, de duas carreiras, com anel interno bipartido ISO 355

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível.

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular (cont.):

Rolamentos de agulhas

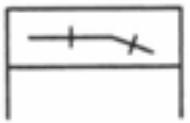
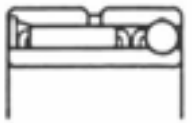
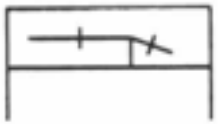
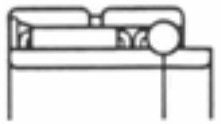
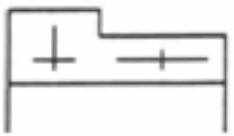
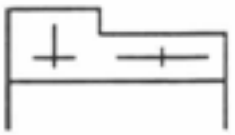
	Representação simplificada particular	Ilustração[1] e referência[2]		
4.1		 Rolamento de agulhas, de uma carreira ISO 1206	 Bucha de agulhas sem anel interno ISO 3245	 Coroa de agulhas ISO 3030
4.2		 Rolamento de agulhas, de duas carreiras	 Rolamento de agulhas sem anel interno, de duas carreiras	 Coroa de agulhas, de duas carreiras ISO 3031
4.3				 Rolamentos de agulhas autocompensadores

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível.

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular (cont.):

Rolamentos combinados

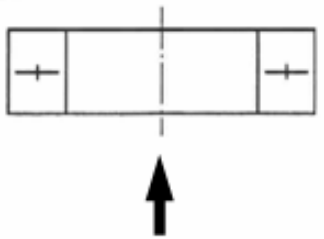
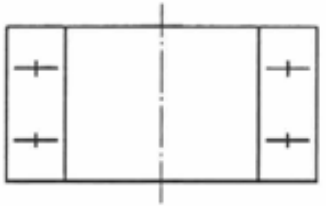
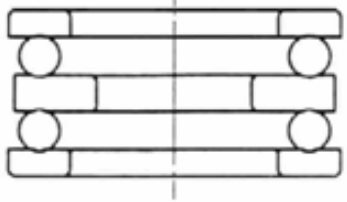
Representação simplificada particular		Ilustração[1)]	
5.1			Rolamento de agulhas e rolamento de esferas, ambos de contacto radial
5.2			Rolamento de agulhas e rolamento de esferas, ambos de contacto radial, com anel interno bipartido
5.3			Rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial e rolamento de esferas de contacto axial
5.4			Rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial e rolamento de rolos cilíndricos de contacto axial

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

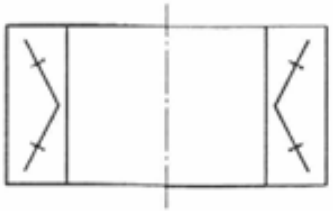
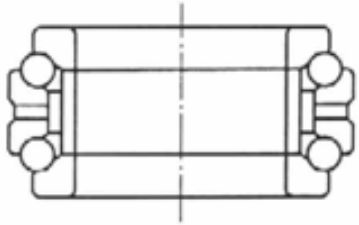
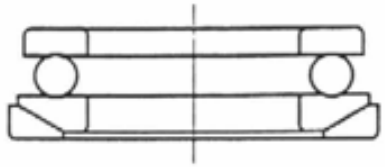
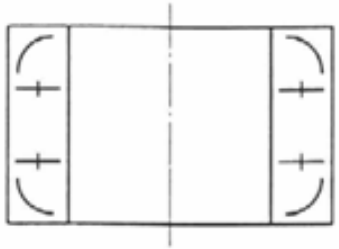
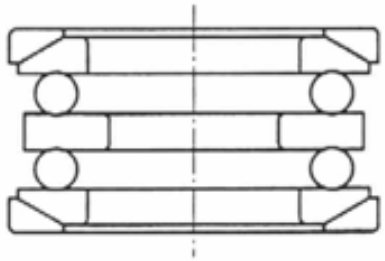
- Representação simplificada particular (cont.):

Rolamentos axiais

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos ou de agulhas
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
6.1		 Rolamento axial de esferas de simples efeito ISO 104	 Rolamento axial de rolos de simples efeito  Coroa axial de agulhas  Coroa axial de rolos
6.2		 Rolamento axial de esferas de duplo efeito ISO 104	

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

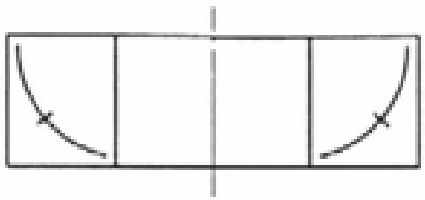
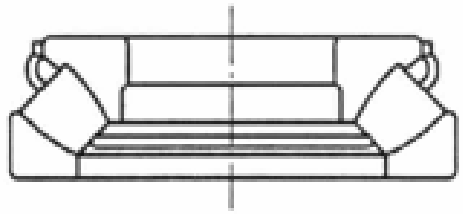
- Representação simplificada particular (cont.):

6.3		 Rolamento axial de esferas de contacto angular	
6.4		 Rolamento axial de esferas de simples efeito, com um anel esférico	
6.5		 Rolamento axial de esferas de duplo efeito, com dois anéis esféricos	

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Representação simplificada particular (cont.):

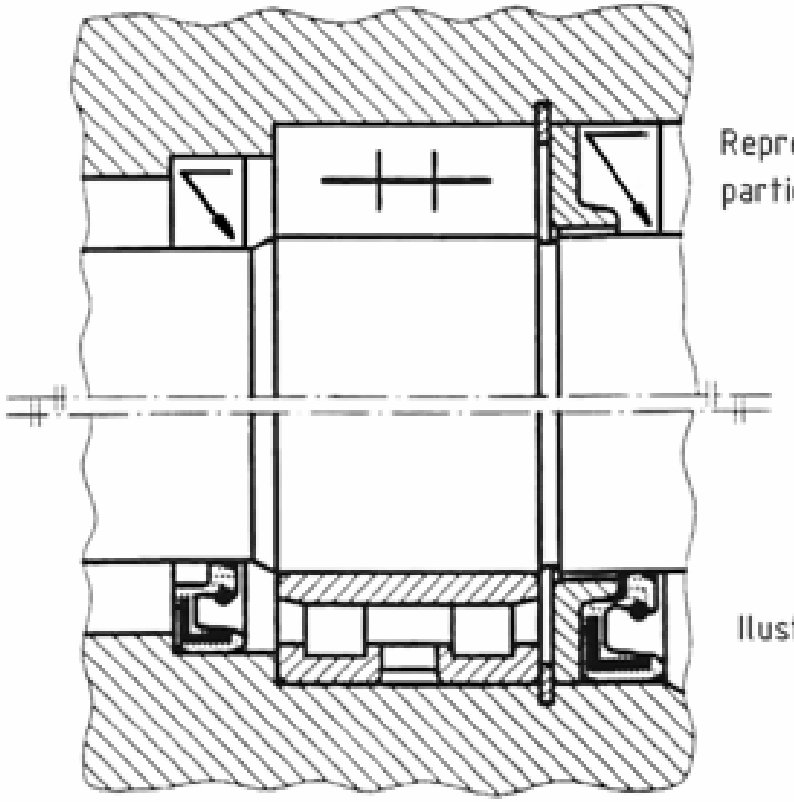
Rolamentos axiais (continuação)

Representação simplificada particular		Aplicação	
		Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos ou de agulhas
		Ilustração[1] e referência[2]	Ilustração[1] e referência[2]
6.6			 Rolamento axial de rolos autocompensador ISO 104

1) Representação incompleta, apenas a título de informação.
2) Se disponível

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

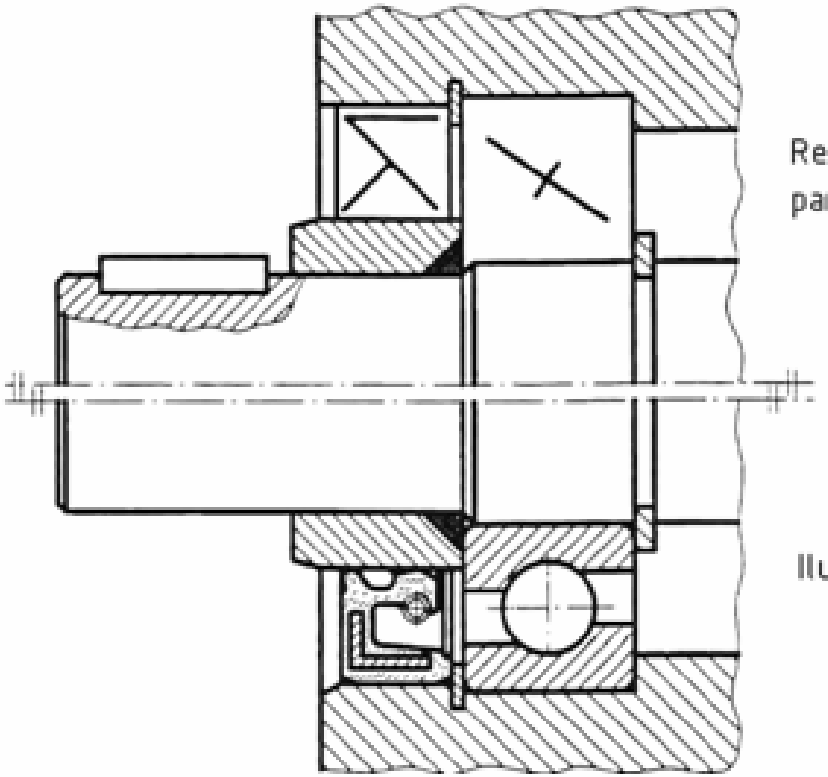
- Exemplos:



Montagem com um rolamento de rolos cilíndricos, de duas carreiras, e dois anéis de vedação (retentores)

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

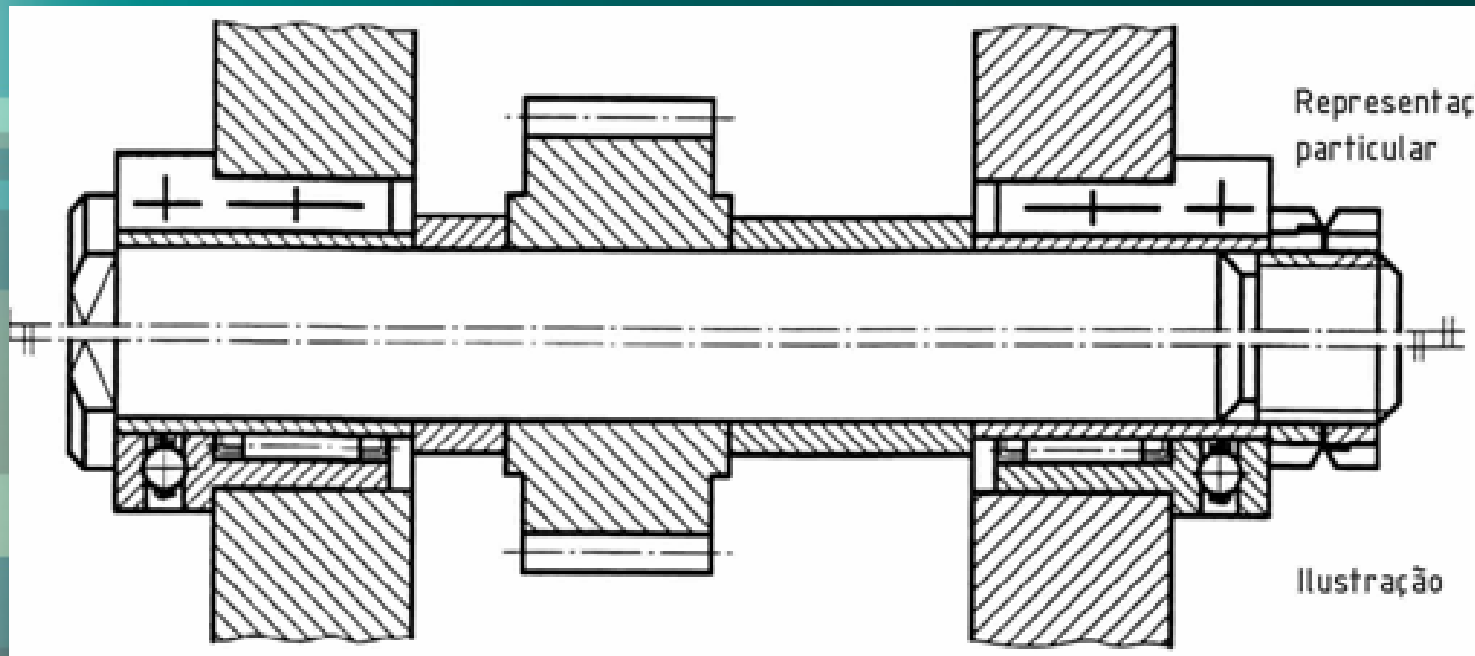
- Exemplos:



Montagem com um rolamento de esferas, separável, de contacto angular, e um anél de vedação (retentor) com lábio antipoeira

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

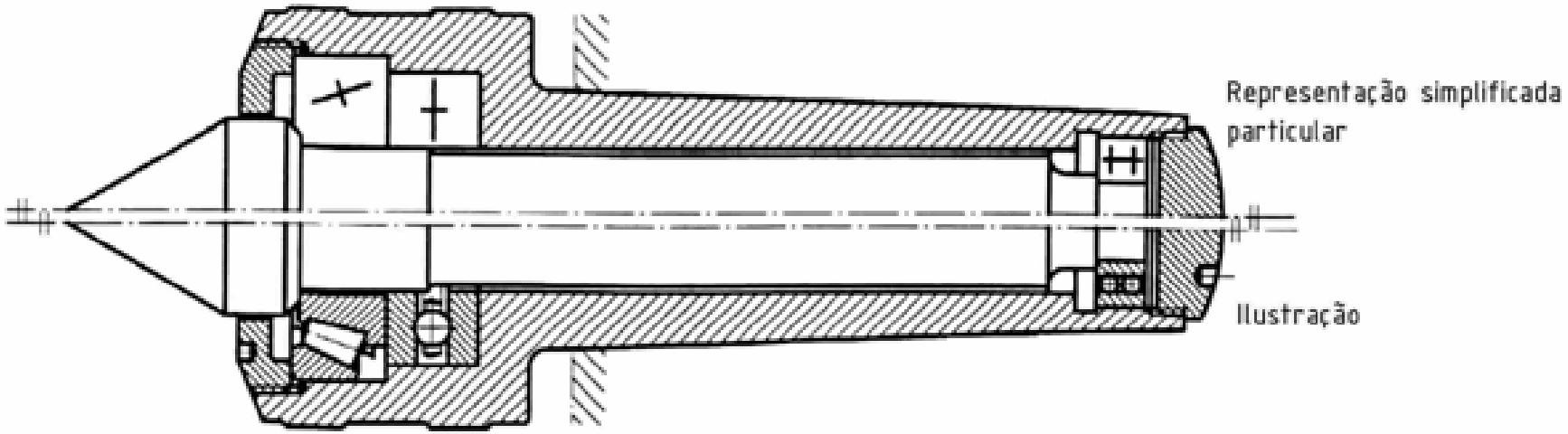
- Exemplos:



Montagem com dois rolamentos combinados (rolamento de agulhas sem anel interno, de contacto radial, e rolamento de esferas de contacto axial).

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Exemplos:



Montagem com um rolamento de rolos cónicos, de uma carreira; um rolamento axial de esferas, de simples efeito; e um rolamento de esferas, rígido, de duas carreiras

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Rolamentos (ou Chumaceiras de Rolamento):
  - Propriedades:
    - **Atrito muito menor**, no arranque, coeficiente de atrito no arranque menor do que o verificado nos apoios com escorregamento e menor influência da rotação nesse atrito:
    - **Lubrificação contínua mais fácil** e menor consumo de lubrificante;
    - **Maior capacidade de carga** por mm de largura de apoio;
    - **Rodagem prévia desnecessária e maior liberdade na escolha do material do veio**;
    - **Maior Normalização**;
    - **Óptimos para velocidades baixas e médias**.

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

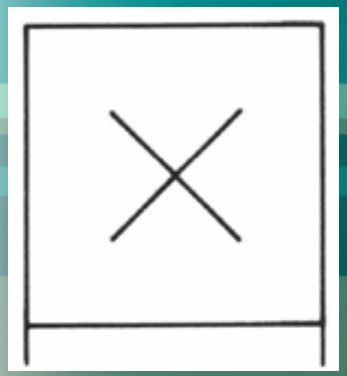
- Rolamentos (ou Chumaceiras de Rolamento):
  - Limites de aplicação:
    - Quando o **ruído é inconveniente**;
    - Quando o apoio sofre **choques fortes em repouso**;
    - Em **grandes rolamentos radiais de baixa rotação** (preço elevado e diâmetros exteriores elevados);
    - Em **apoios axiais submetidos a fortes cargas** (geradores, turbinas).
  - A produção de calor é igual à dos apoios com chumaceiras de escorregamento, para o mesmo regime de carga.

Chumaceiras de Escorregamento e de Rolamento (Rolamentos)

- Chumaceiras de Escorregamento (ou Lisas):
  - Propriedades:
    - A **área de lubrificação relativamente grande amortece as vibrações, o choque e o ruído**;
    - **Menor sensibilidade aos choques e às poeiras**;
    - **Folgas no apoio mais reduzidas**;
    - **Tolerâncias de ajustamento relativamente grandes**;
    - **Para grandes diâmetros são mais baratos** do que os apoios de rolamento.
  - Quando bem dimensionadas usam-se para grandes cargas ou velocidades elevadas.
  - A baixas velocidades (e no arranque) podem ter problemas de lubrificação (desgaste).

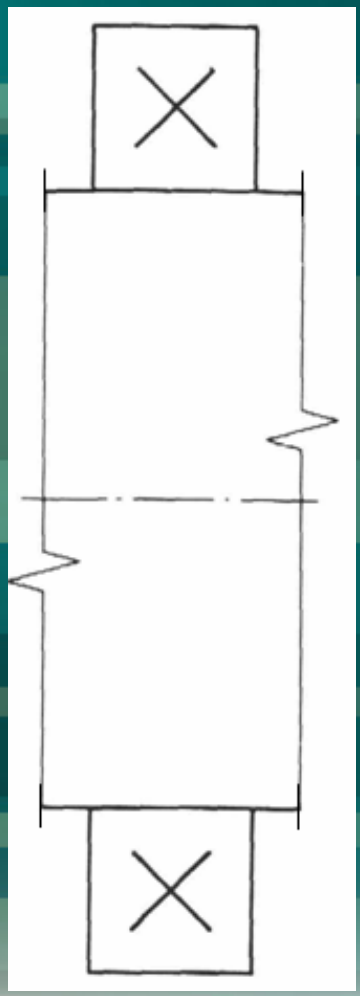
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

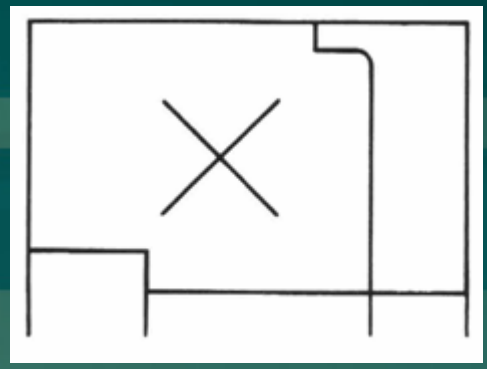
- Representação simplificada geral:



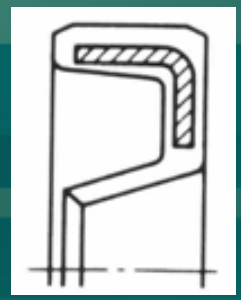


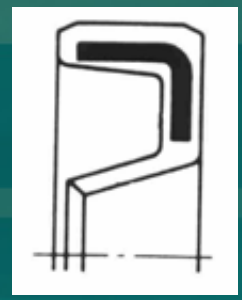
(sentido de vedação)





(contorno real)

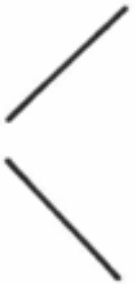




(tracejados)

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Elementos para a representação simplificada particular de juntas de vedação:

Nº	Elemento	Descrição	Aplicação
1.1		Linha recta contínua longa (paralela a uma geratriz da superfície de vedação)	**O elemento** (junta de vedação ou peça da junta de vedação ou função) **estático** (introduzido com pressão, fixo)
1.2		Linha recta contínua longa (na diagonal em relação ao contorno) [1)]	**O elemento de vedação dinâmica** (lábio) ou função (peça da junta de vedação) Combinado com o símbolo nº1.1, indica a posição do lado da vedação dinâmica contra fluídos, gases e sólidos
1.3		Linha recta contínua curta (em diagonal em relação ao contorno e a 90º relativa-mente ao símbolo nº1.2) [1)]	Em combinação com o símbolo nº1.2, **lábios antipoeiras, raspadores**, etc.

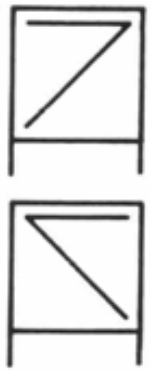
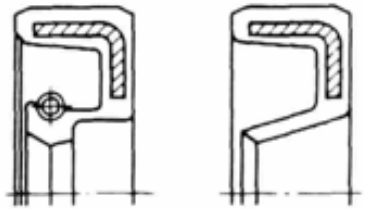
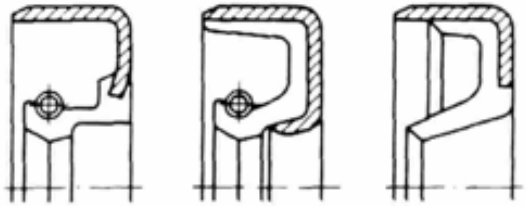
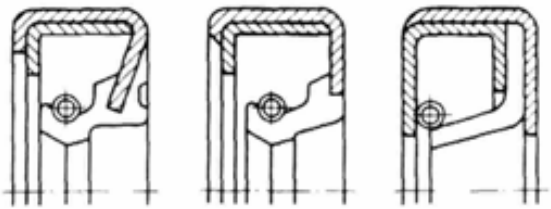
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Elementos para a representação simplificada particular de juntas de vedação (cont.):

1.4.1		Linha recta contínua curta inclinada dirigida para o centro do quadrado [1)]	**Lábios de vedação de vedantes em U, de anéis em V, de conjuntos de empanque**, etc.
1.4.2		Linha recta contínua curta dirigida para o centro do quadrado	Tal como 1.4.1 **para vedantes em U, anéis em V, conjuntos de empanque**, etc.
1.5		T (macho) (T dentro do U)	**Juntas de vedação sem contacto**, por exemplo, **vedações por labirinto**
1.6		U (fêmea)	
1) O sentido de vedação pode ser indicado através de uma seta.			

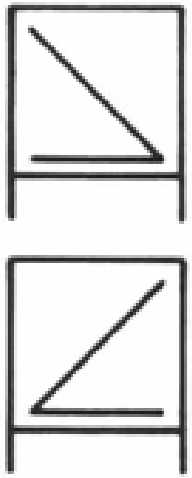
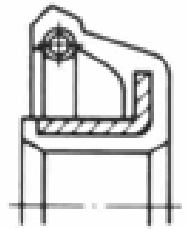
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular:

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de rotação	Ilustração [1)]
2.1		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira Elementos mecânicos de vedação (ISO 6194-1)	ISO 6194-1, tipo 1 – Revestido a borracha  ISO 6194-1, tipo 2 – Revestido de metal  ISO 6194-1 – tipo 3 – Armadura reforçada 

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

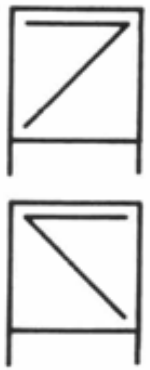
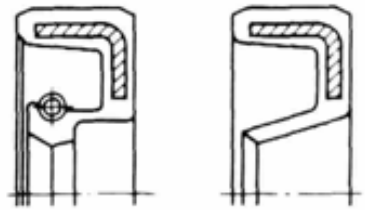
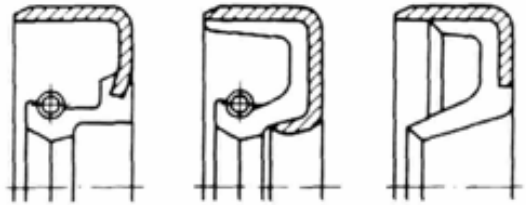
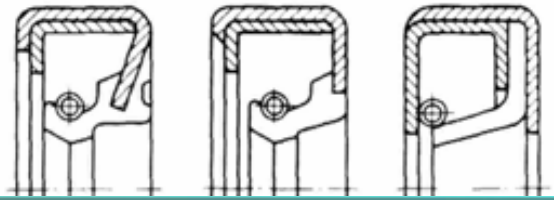
- Representação simplificada particular (cont.):

2.2		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira Elementos mecânicos de vedação (ISO 6194-1)	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

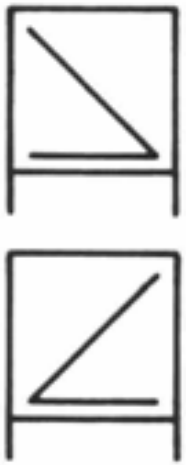
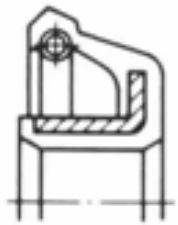
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular (cont.):

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação: Juntas de vedação para movimentos relativos de translação	Ilustração [1)]
2.1		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, sem raspador (ISO 5597)	ISO 6194-1, tipo 1 - Revestido a borracha  ISO 6194-1, tipo 2 - Revestido de metal  ISO 6194-1 - tipo 3 - Armadura reforçada 

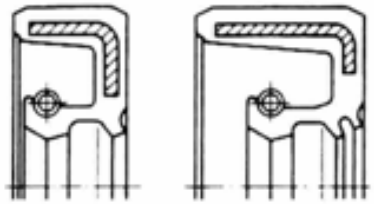
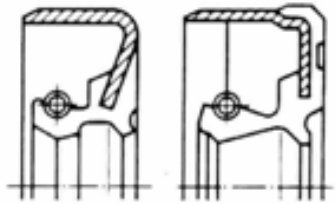
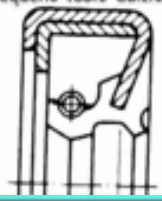
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular (cont.):

2.2		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, sem raspador (ISO 5597)	
1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.			

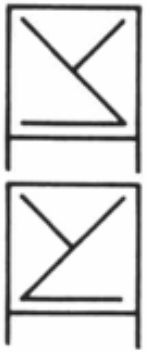
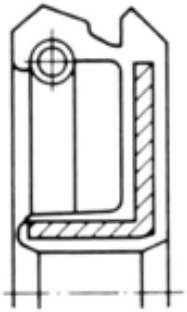
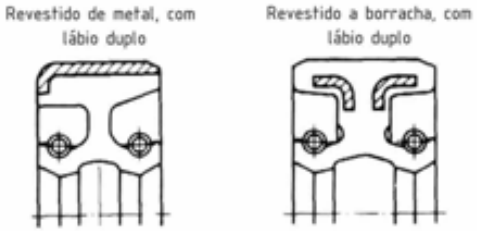
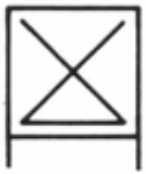
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular (cont.):

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação	
		Juntas de vedação para movimentos relativos de rotação	Ilustração [1]
2.3		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, com lábio antipoeira (ISO 6194-1)	ISO 6194-1, tipo 4 – Revestido a borracha com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 5 – Revestido de metal, com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 6 – Armadura reforçada, com pequeno lábio adicional 

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

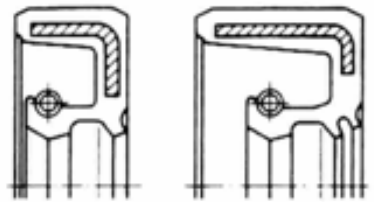
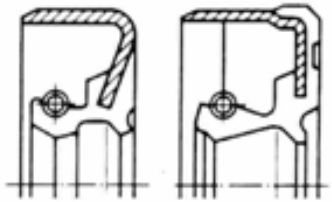
- Representação simplificada particular (cont.):

2.4		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, com lábio antipoeira (ISO 6194-1)	
2.5		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira, de duplo efeito Elementos mecânicos de vedação	
2.6		Anéis de vedação (retentores) com lábio para veios rotativos, sem lábio antipoeira, de duplo efeito Elementos mecânicos de vedação	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

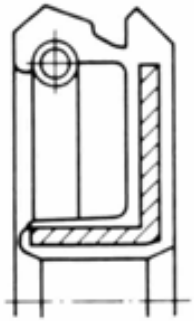
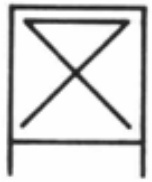
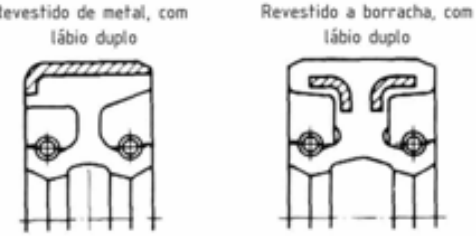
Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular (cont.):

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação Juntas de vedação para movimentos relativos de translação	Ilustração [1)]
2.3		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, com raspador	ISO 6194-1, tipo 4 – Revestido a borracha com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 5 – Revestido de metal, com pequeno lábio adicional  ISO 6194-1, tipo 6 – Armadura reforçada, com pequeno lábio adicional 

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Representação simplificada particular (cont.):

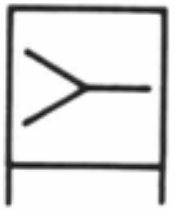
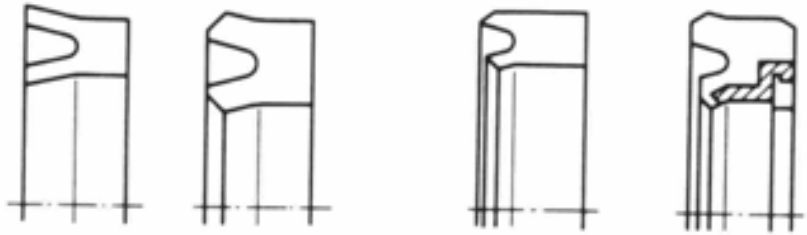
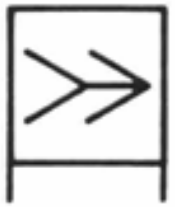
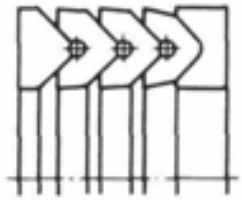
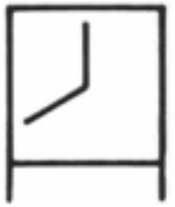
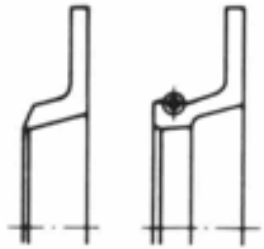
2.4		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, com raspador	
2.5		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, de duplo efeito	
2.6		Juntas de vedação (vedantes) para hastes de êmbolos, de duplo efeito ISO 6547	

1) Este tipo de ilustração não é, geralmente, utilizado em desenhos técnicos, mas, em contrapartida, é utilizado em catálogos, manuais de utilização, prospectos, etc.

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

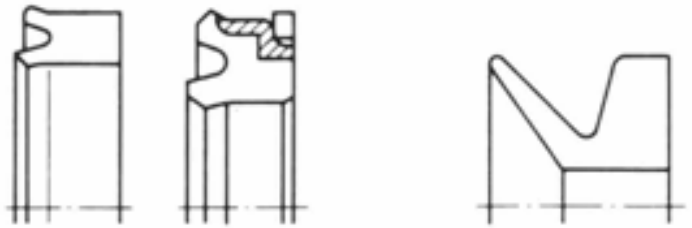
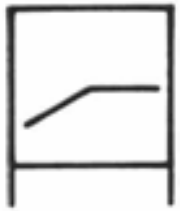
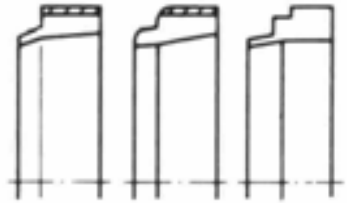
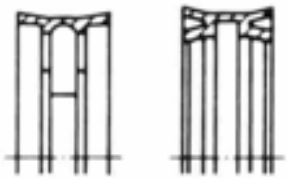
- Representação simplificada particular (cont.):

Representação simplificada particular de vedantes em U, de conjuntos de empanque e de anéis em V

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação
3.1		
3.2		
3.3		

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

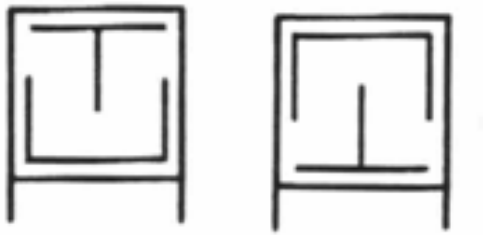
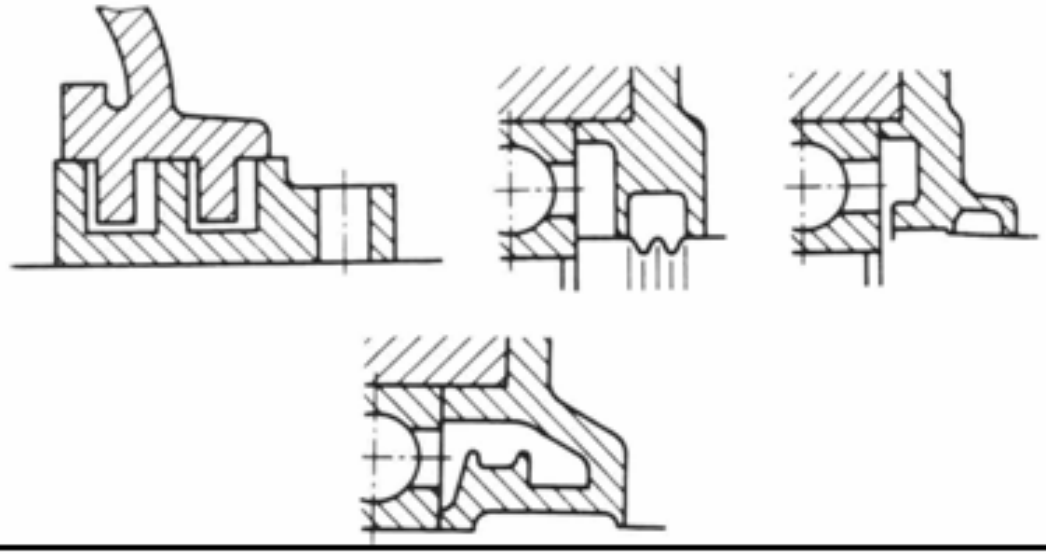
- Representação simplificada particular (cont.):

3.4		
3.5		
3.6		
3.7		

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

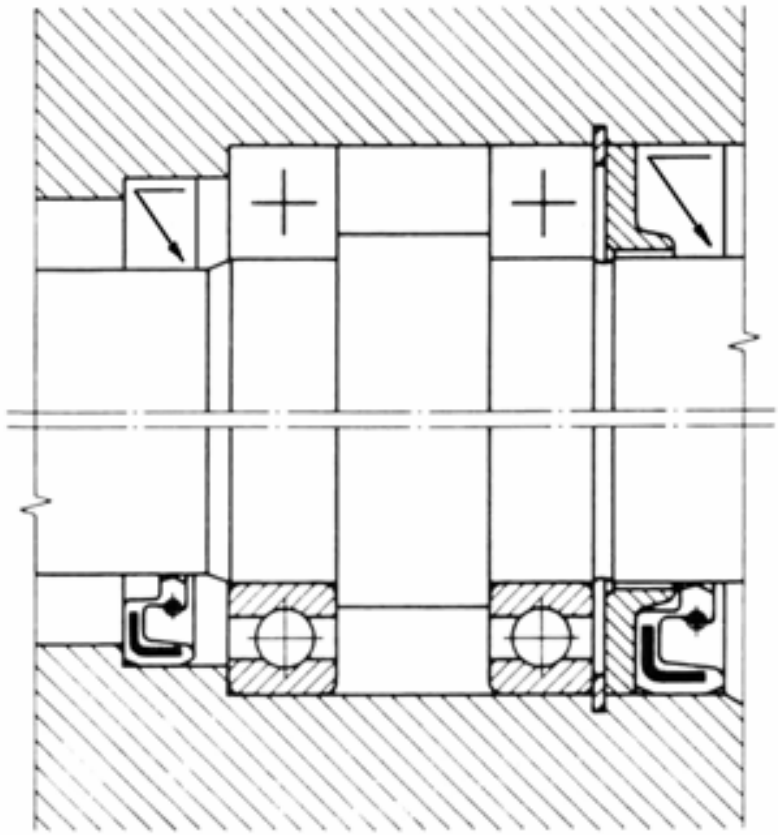
- Representação simplificada particular (cont.):

Representação simplificada particular de vedações por labirinto (qualquer que seja o número de labirintos)

Nº	Representação simplificada particular	Aplicação
4.1		

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

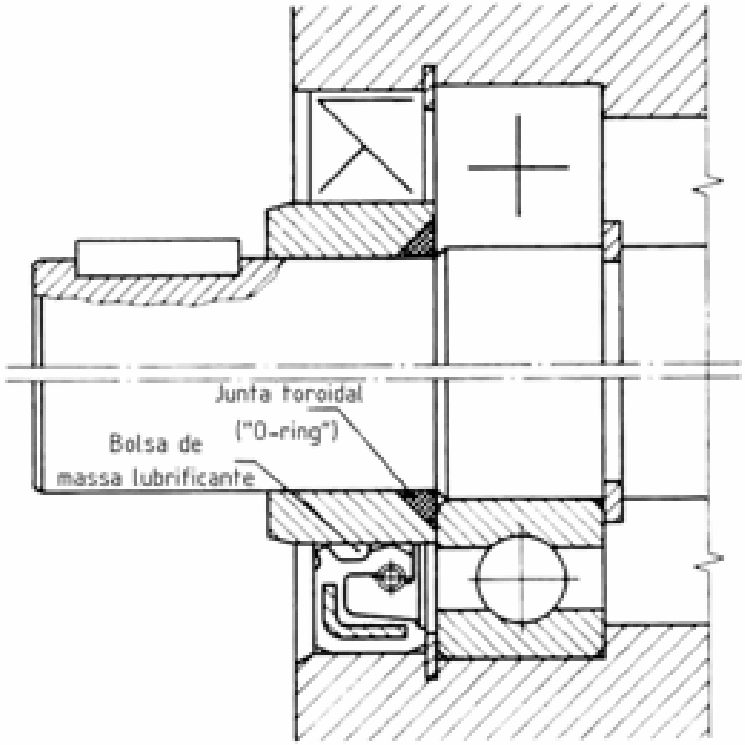
- Exemplos:



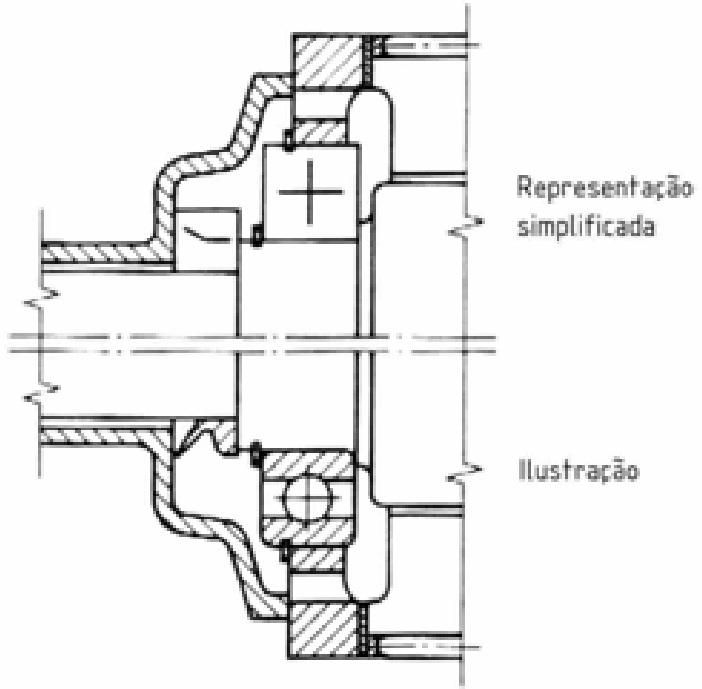
Anéis de vedação (retentores) com lábio para veio rotativo (vedação contra fluídos)

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Exemplos:



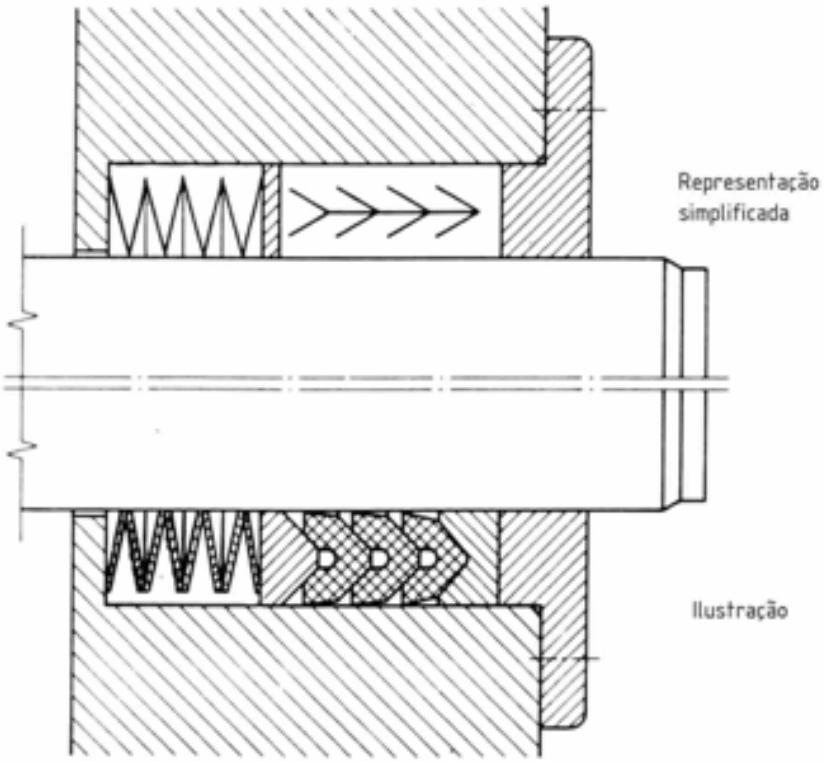
Anel de vedação (retentor) com lábio para veio rotativo, com lábio antipoeiras



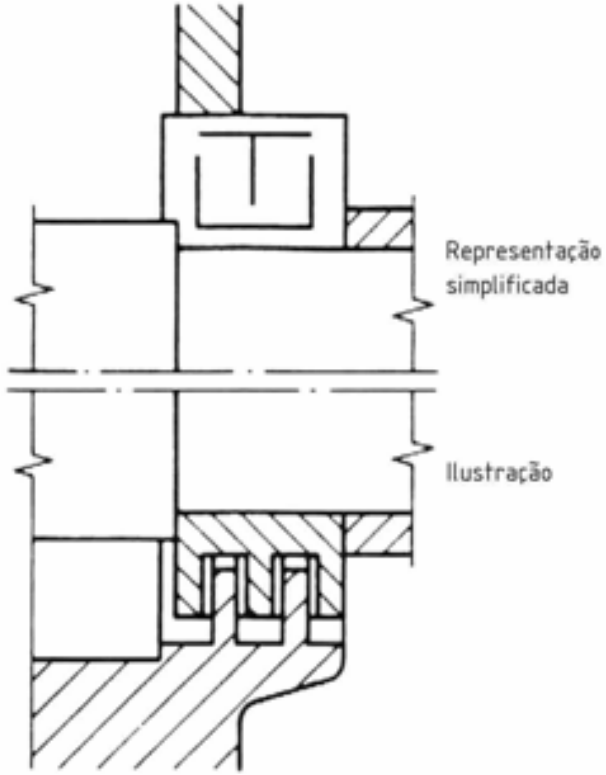
Anel em V

Juntas de Vedação para Aplicação Dinâmica

- Exemplos:



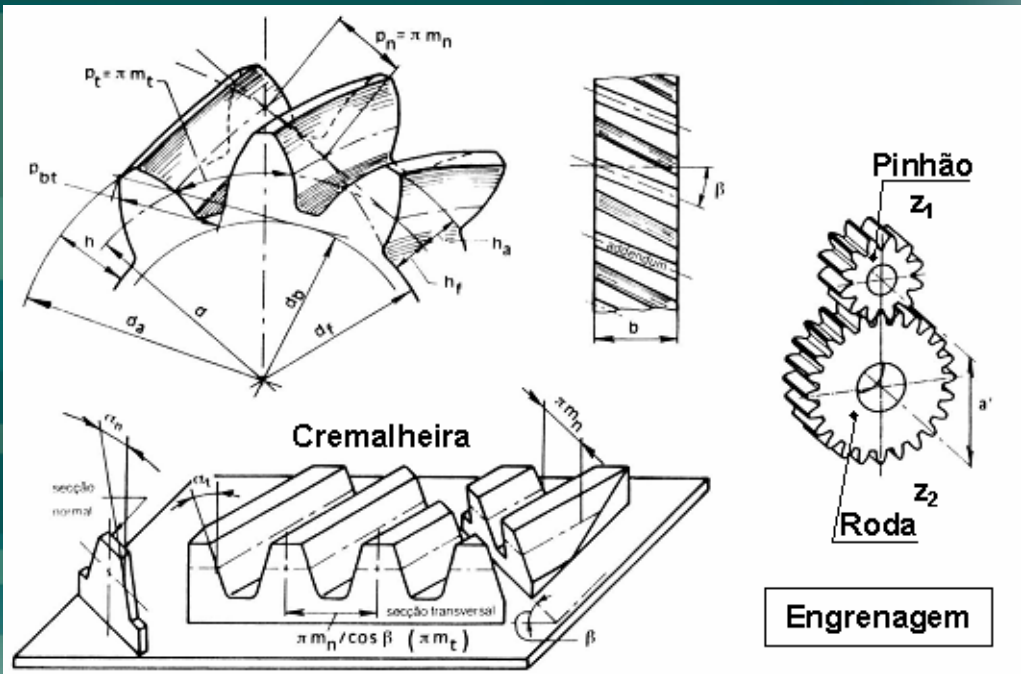
Conjunto de empanque (anilhas elásticas cónicas + vedantes)



Vedação por labirinto

Engrenagens

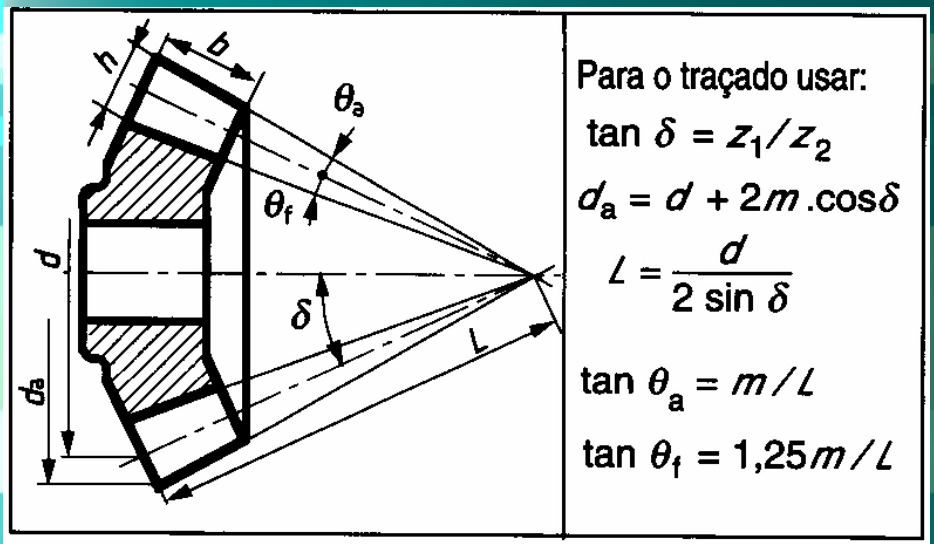
- Engrenagens são mecanismos elementares formados por **duas rodas dentadas que giram em torno de eixos com posições relativas invariáveis**, constituem a solução técnica com um carácter mais universal, podendo ser aplicadas entre veios paralelos, veios concorrentes ou veios não complanares.



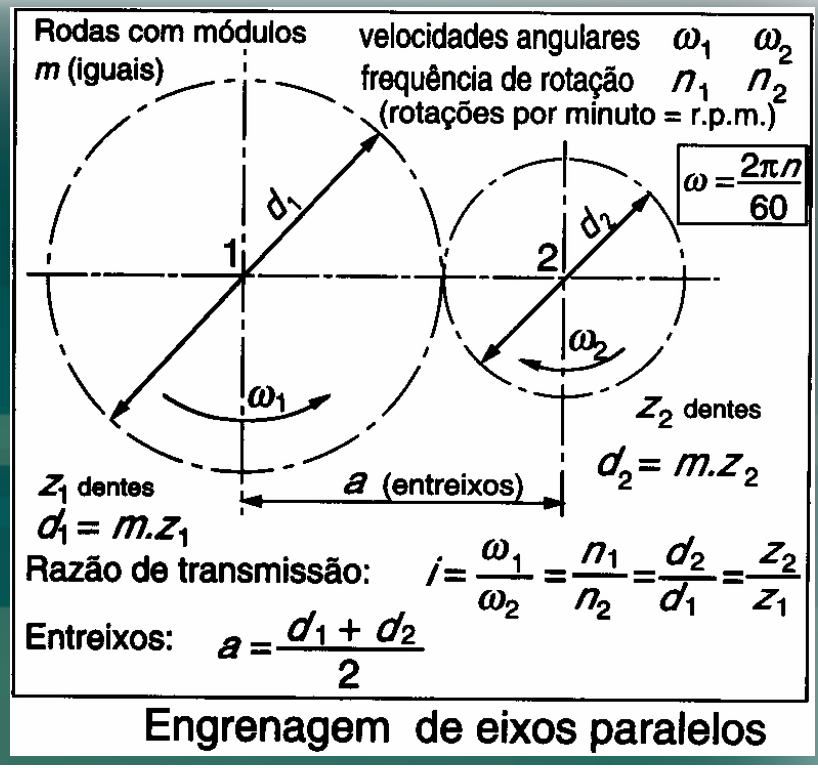
Alguns parâmetros característicos das rodas dentadas cilíndricas.

Engrenagens

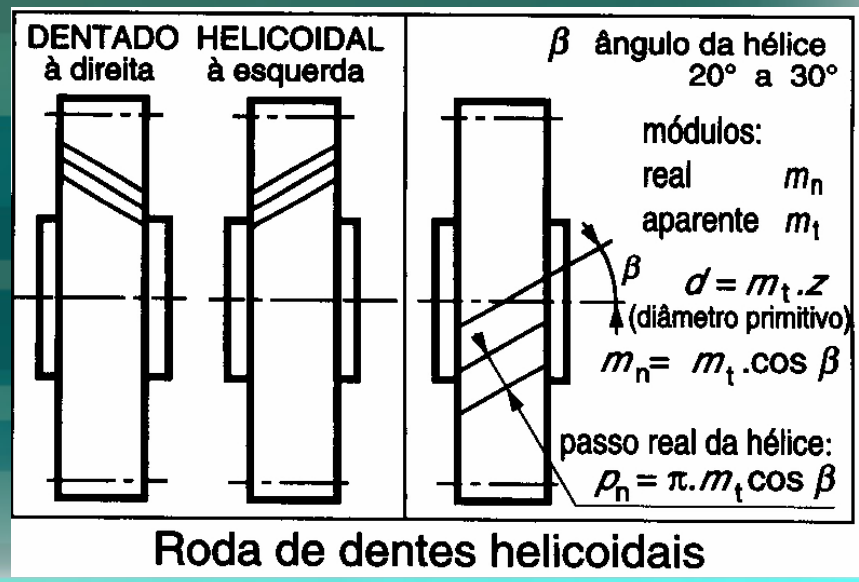
- Parâmetros:



Roda cónica de dentes rectos



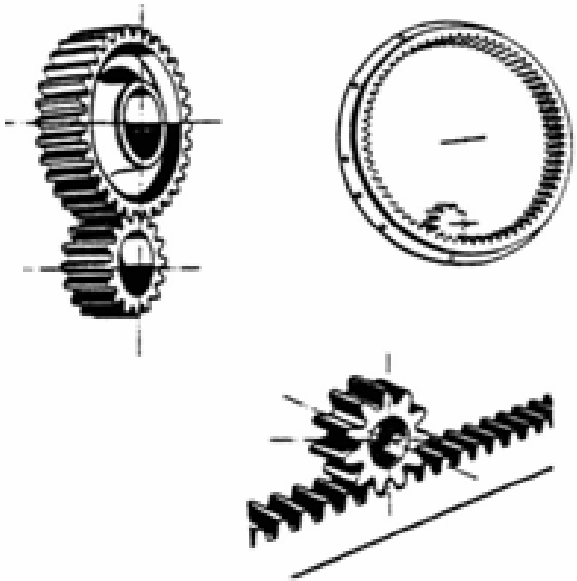
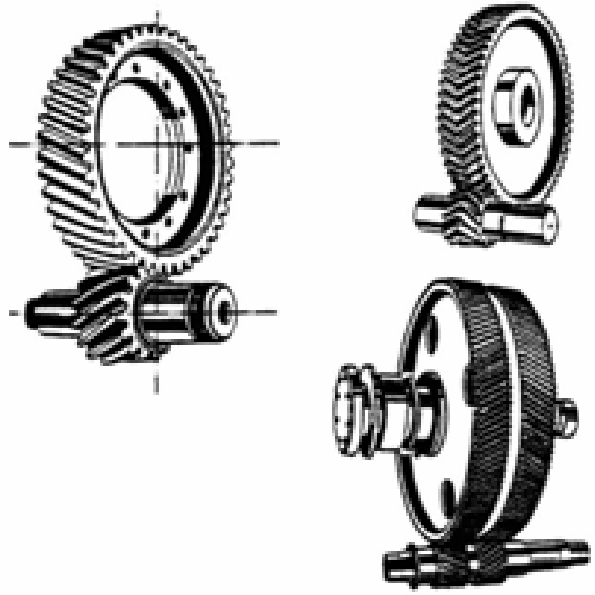
Engrenagem de eixos paralelos



Roda de dentes helicoidais

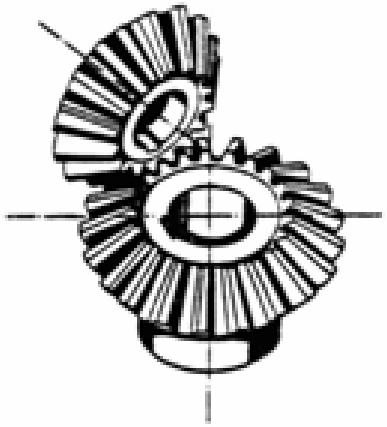
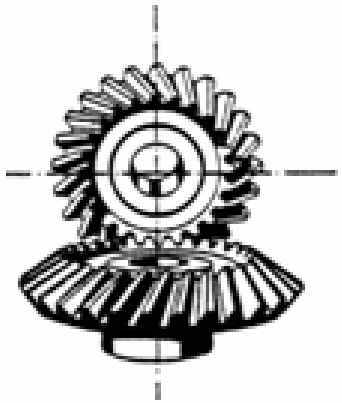
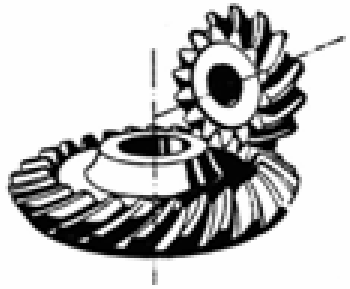
Engrenagens

- Tipos de engrenagens:

ENGRENAGENS PARALELAS OU CILÍNDRICAS (EIXOS PARALELOS)		
DENTADO RECTO	DENTADO HELICOIDAL	OBSERVAÇÕES
		Para mecanismos com um ou mais andares de transmissão e com as seguintes características limites nominais: Razões de transmissão até 8:1 (10:1), por andar. Potências até 15 000 kW a 22 400 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 150 a 200 m/s. O rendimento, por andar, situa-se entre 95% e 99% (98%).

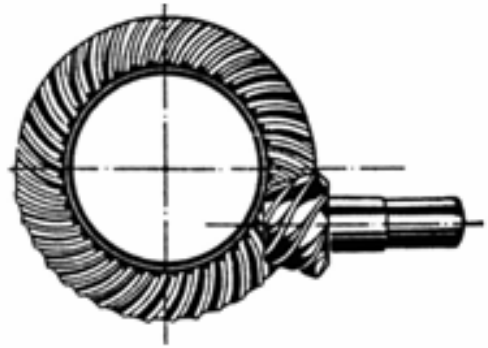
Engrenagens

- Tipos de engrenagens (cont.):

ENGRENAGENS CONCORRENTES OU CÓNICAS (EIXOS CONCORRENTES)			
DENTADO RECTO	DENTADO INCLINADO	DENTADO ESPIRAL	OBSERVAÇÕES
			Para razões de transmissão até 6:1 (8:1). Potências até 370 (recto) a 740 kW (inclinado). Velocidades tangenciais no primitivo de funcion. até 50 a 75 (150) m/s. Para aumentar a capacidade de carga (até 3 700 kW) e o rendimento, diminuindo o ruído, utilizam-se dentes espirais. O rendimento é idêntico ao das engrenagens cilíndricas (97% a 99%).

Engrenagens

- Tipos de engrenagens (cont.):

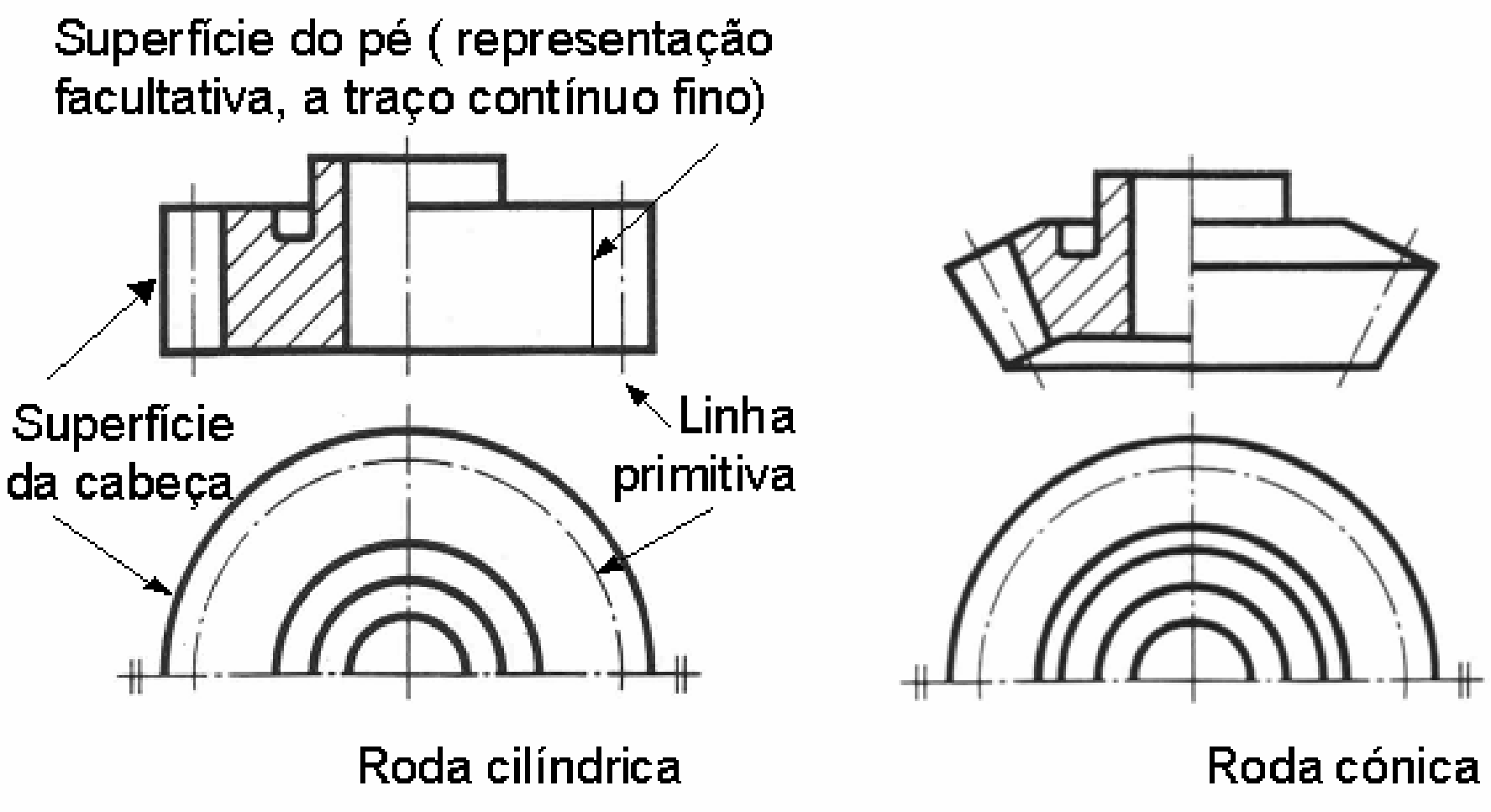
ENGRENAGENS ESQUERDAS (EIXOS NÃO COMPLANARES)		
DENTADO HELICOIDAL	PARAFUSO SEM-FIM / RODA DE COROA	DENTADO HIPÓIDE
		
OBSERVAÇÕES: Razões de transmissão até 5:1 e pequenos entreeixos, mas também (20:1 a 100:1). Para a transmissão de baixas potências (até 75 kW), pois o contacto entre dentes inicial é do tipo pontual. Veloc. tangenciais no primitivo de funcionamento até 25 a 50 m/s. Os rendimentos aproximam-se dos registados nas engrenagens cilíndricas helicoidais (até 95%).	Razões de transmissão de 10:1 até 60:1 (100:1). Potências até 560 a 750 kW. Velocidades tangenciais no primitivo de funcionamento até 60 a 70 m/s. O rendimento situa-se entre 45% e 95%, sendo superior para menores razões de transmissão. Baixos de níveis ruído e de vibrações.	Razões de transmissão até 10:1, (20:1 a 100:1), pois o número de dentes do pinhão pode descer até 5. Para pequenas distâncias entre eixos, com uma redução de ruído. Potências até 740 kW. Veloc. tang. no prim. de func. até 40 a 75 m/s. Rendimentos ligeiramente inferiores aos registados nas engrenagens cónicas, desde (60%) até 85% a 95% e um aquecimento um pouco mais elevado.

Engrenagens

- Representação Convencional de Engrenagens (NP EN ISO 2203):
  Uma roda de uma engrenagem é representada (excepto em corte axial) como uma peça maciça não dentada, tendo por único acrescento, o traçado da superfície primitiva, com uma linha a traço longo-ponto fino.
- Desenhos de detalhe (Rodas isoladas):
  - Em vista, representa-se como uma roda não dentada, limitada pela superfície de cabeça;
  - Em corte axial, representa-se como uma roda de dentado recto, com dois dentes diametralmente opostos, representados não cortados (mesmo no caso de dentado não recto, ou de um nº ímpar de dentes);
  - A superfície primitiva representada com linha a traço longo-ponto fino.

Engrenagens

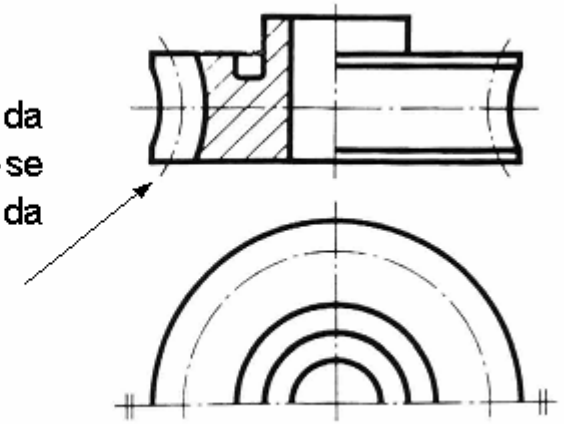
- Desenhos de detalhe (Rodas isoladas):



Engrenagens

- Desenhos de detalhe (Rodas isoladas):

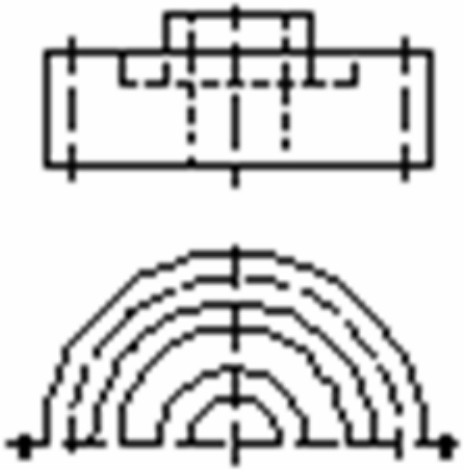
O contorno aparente da superfície primitiva estende-se para além do contorno da roda, em ambos os lados



Roda de coroa

Geralmente, a superfície do pé não se representa, excepto nas vistas em corte.

Se necessário, representar a superfície do pé, também em vistas não cortadas, com linha a traço contínuo fino



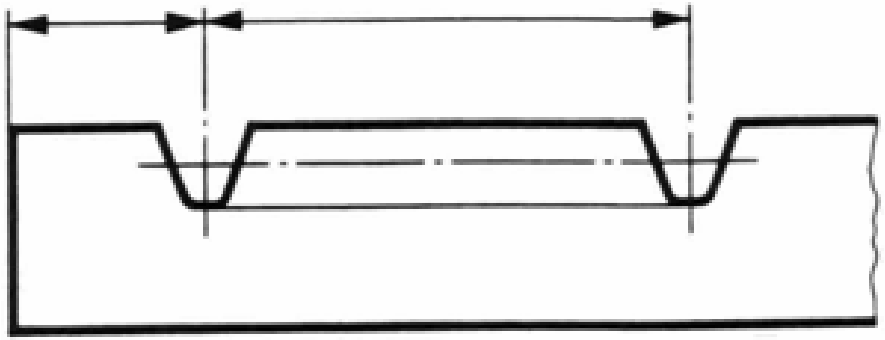
Vista de roda dentada s/ e c/ representação da superfície do pé

Engrenagens

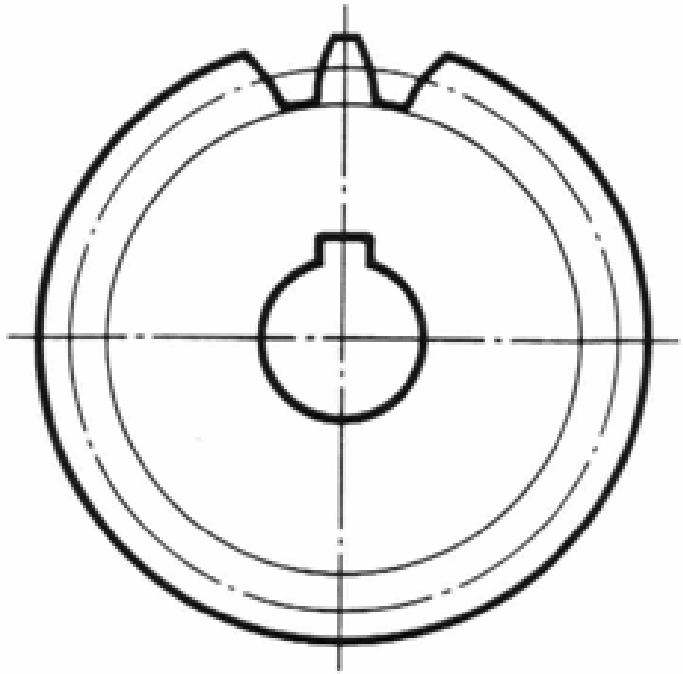
- Desenhos de detalhe (Rodas isoladas):

Rodas em vista, com representação da superfície do pé, a traço contínuo fino:

Se necessário, representar um ou dois dentes a traço contínuo grosso.



Cremalheira

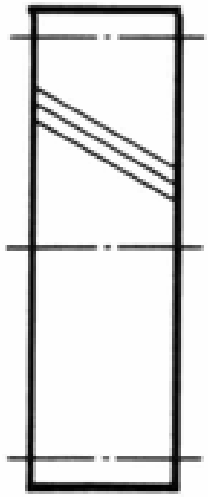


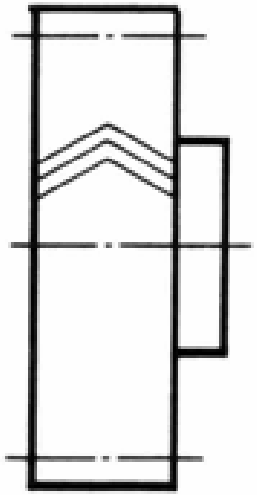
Roda dentada

Engrenagens

- Desenhos de detalhe (Rodas isoladas):

Dentado	Símbolo
Helicoidal à direita	
Helicoidal à esquerda	
Em espinha	
Espiral	





Representação da orientação do dentado

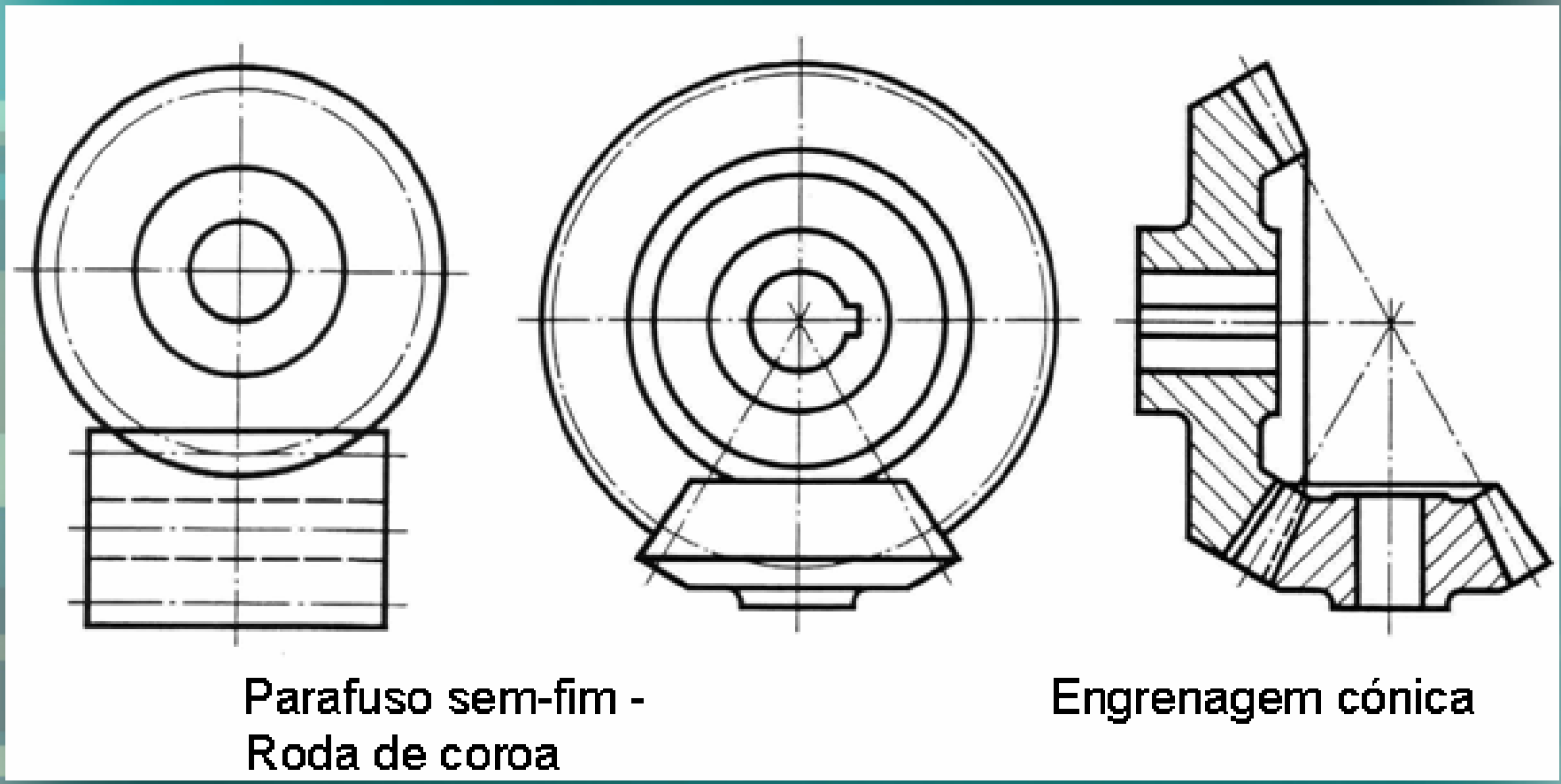
Nota: Na representação de rodas conjugadas, mostrar o símbolo apenas numa única roda.

Engrenagens

- Desenhos de conjunto (engrenagens):
  - **Em engrenagens de rodas cónicas, em projecção paralela ao eixo, deve prolongar-se a linha da superfície primitiva até ao ponto de intersecção com o eixo.**
  - **Não é admissível que qualquer uma das duas rodas de uma engrenagem seja, na zona de engrenamento, escondida pela outra, excepto nos dois casos seguintes:**
    - **Se uma das rodas, situada totalmente à frente da outra, esconde, efectivamente, parte desta;**
    - **Se as rodas estão representadas em corte axial, no qual uma delas, escolhida arbitrariamente, é admitida parcialmente escondida pela outra.**
  - A representação dos contornos e arestas escondidas pode ser omitida, se ela não for indispensável à clareza do desenho.

Engrenagens

- Desenhos de conjunto (engrenagens):

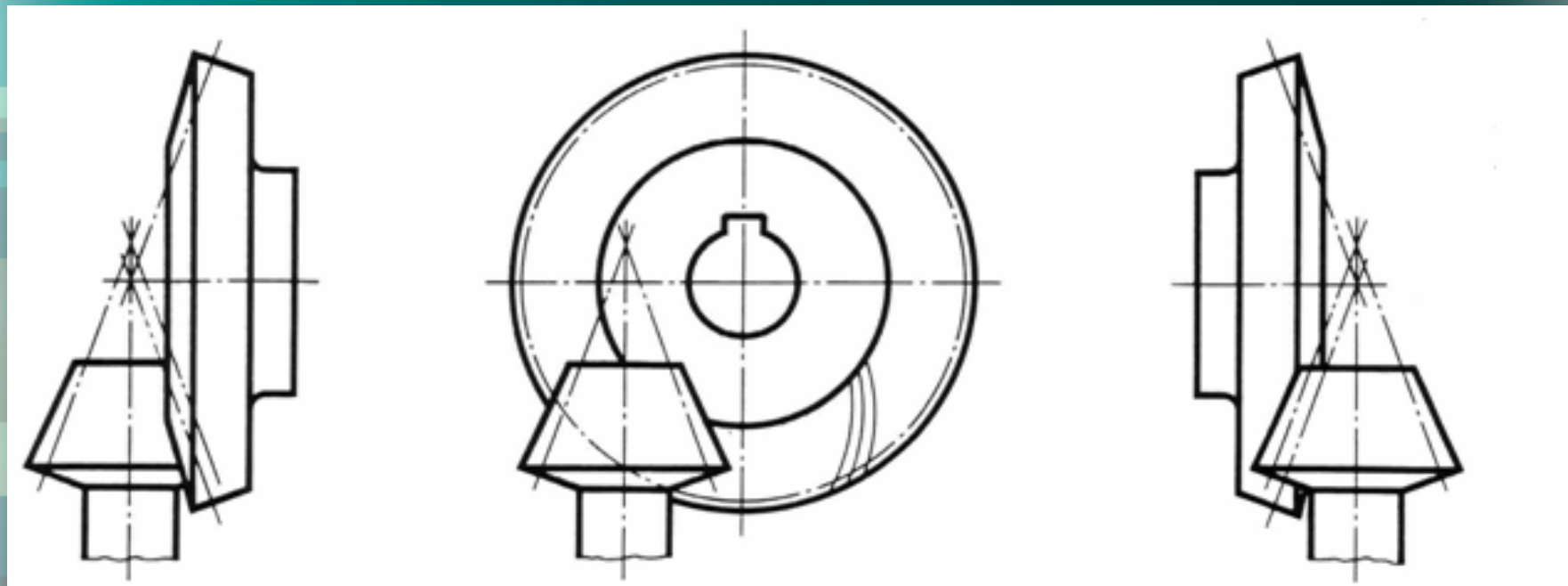


Parafuso sem-fim - Roda de coroa

Engrenagem cónica

Engrenagens

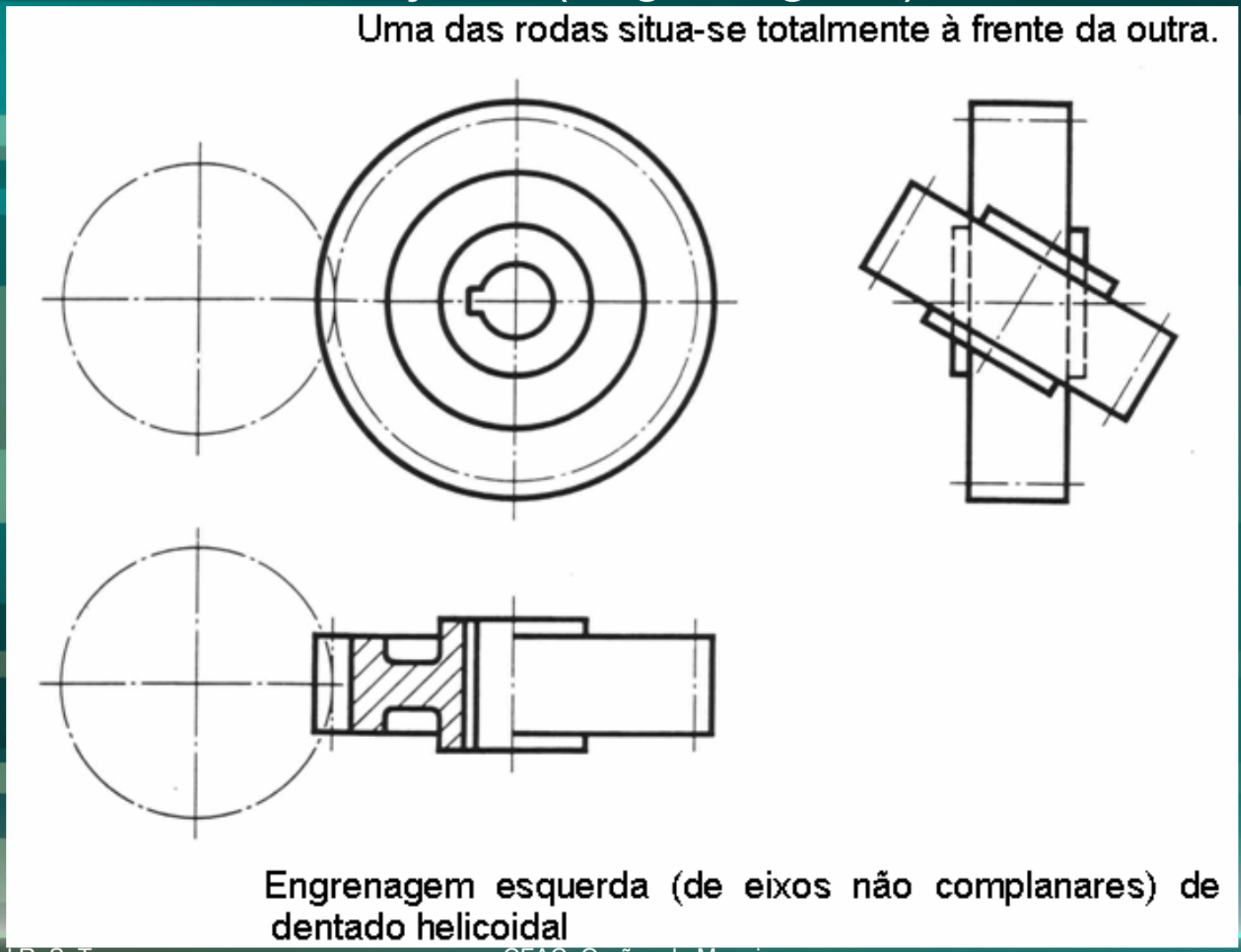
- Desenhos de conjunto (engrenagens):



Engrenagem esquerda (eixos não complanares) de dentado hipóide

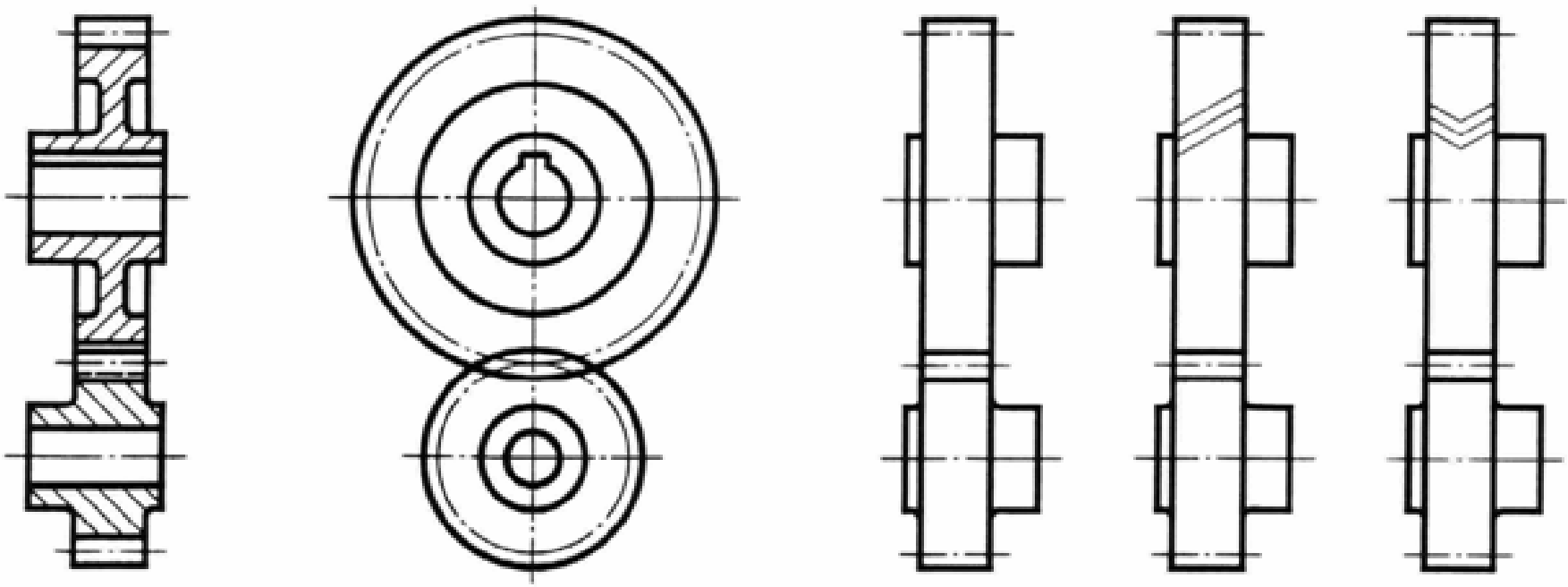
Engrenagens

- Desenhos de conjunto (engrenagens):



Engrenagens

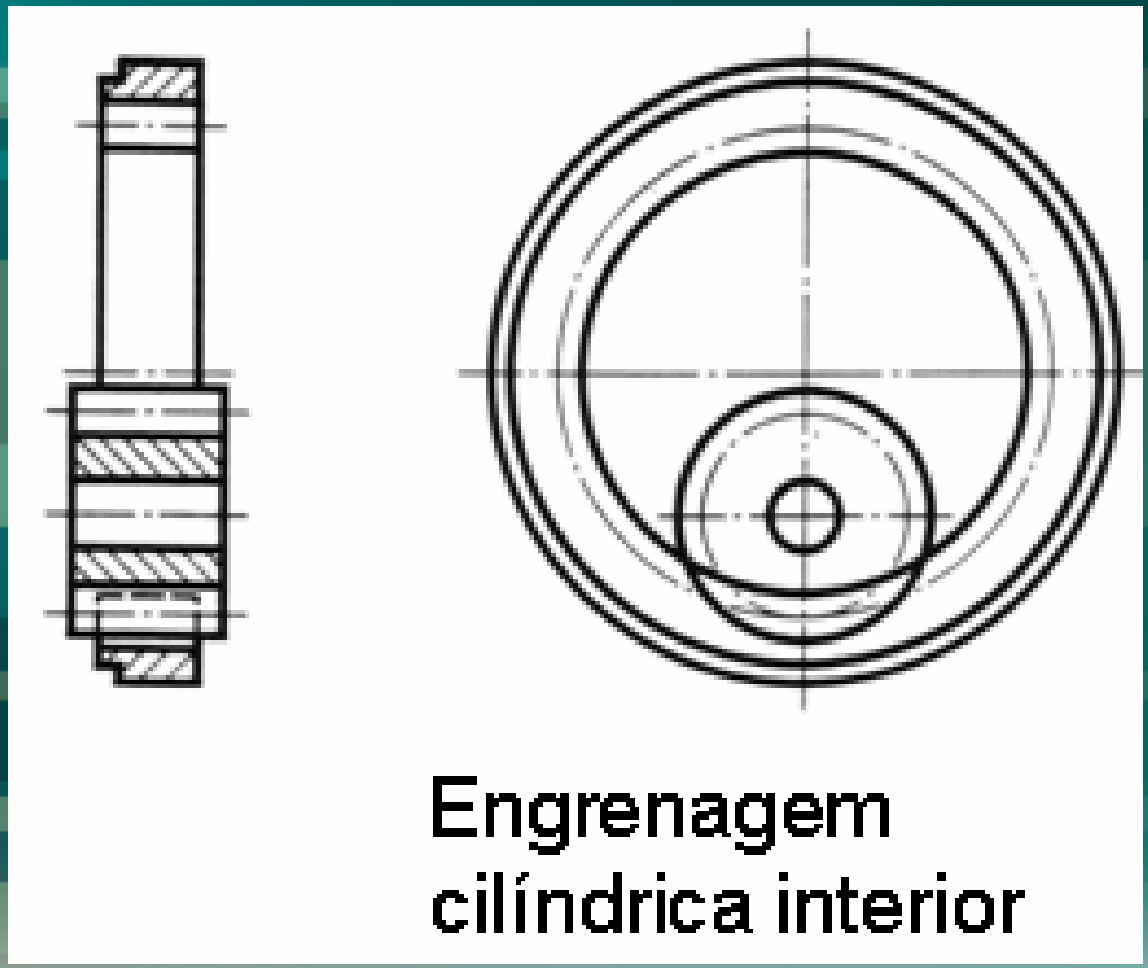
- Engrenagem exterior de rodas cilíndricas:



Representações de engrenagens cilíndricas, em vista e em corte

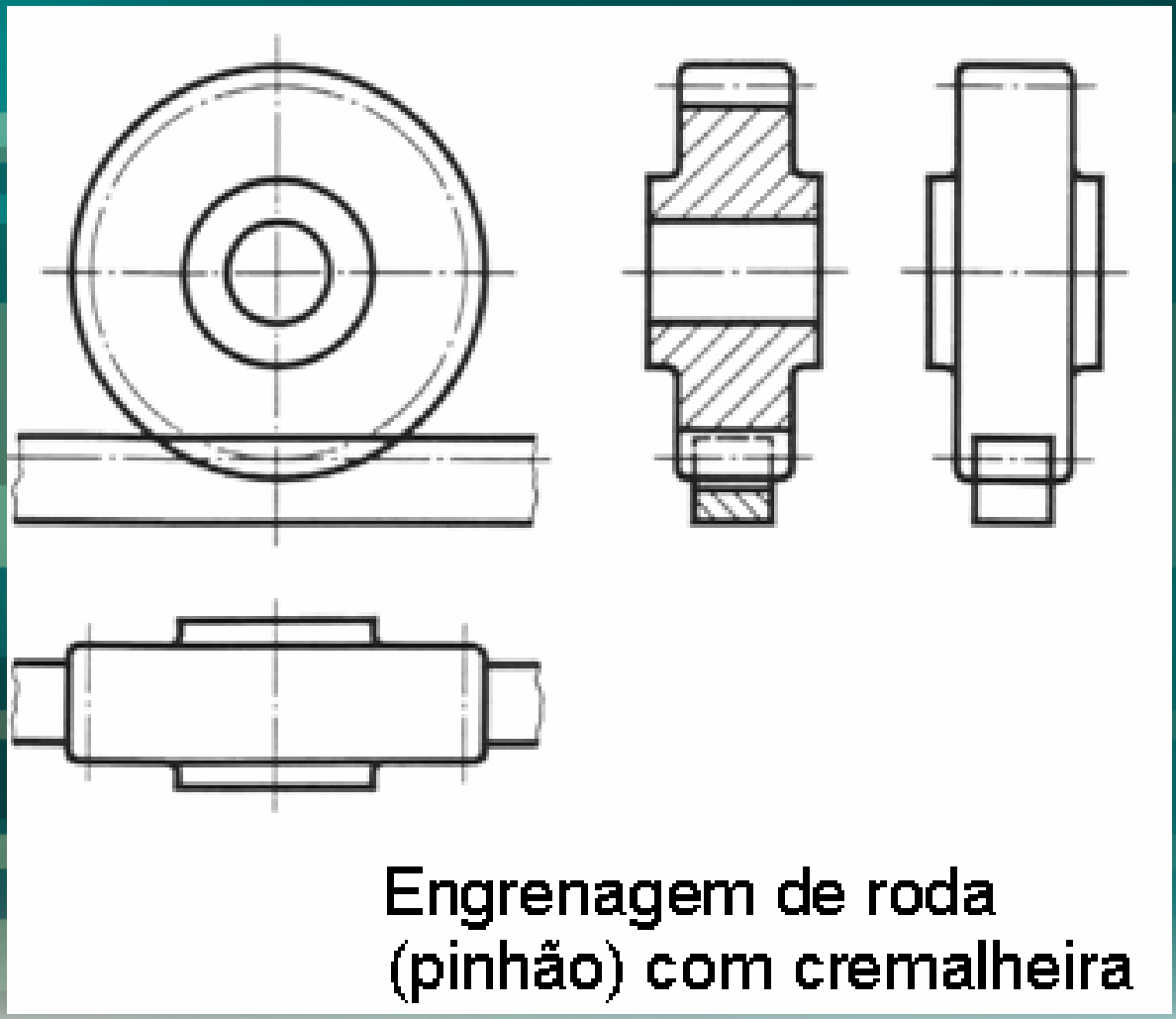
Engrenagens

- Engrenagem interior de rodas cilíndricas:



Engrenagens

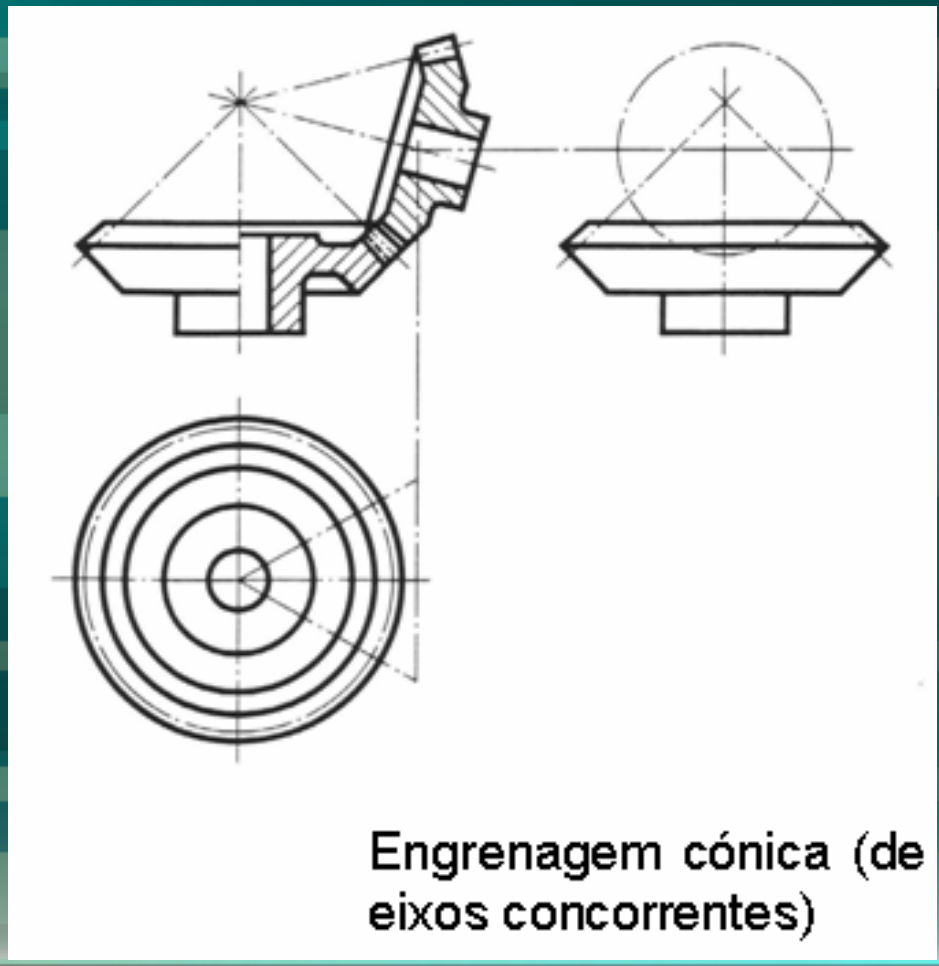
- Engrenagem de roda com cremalheira:



Engrenagem de roda (pinhão) com cremalheira

Engrenagens

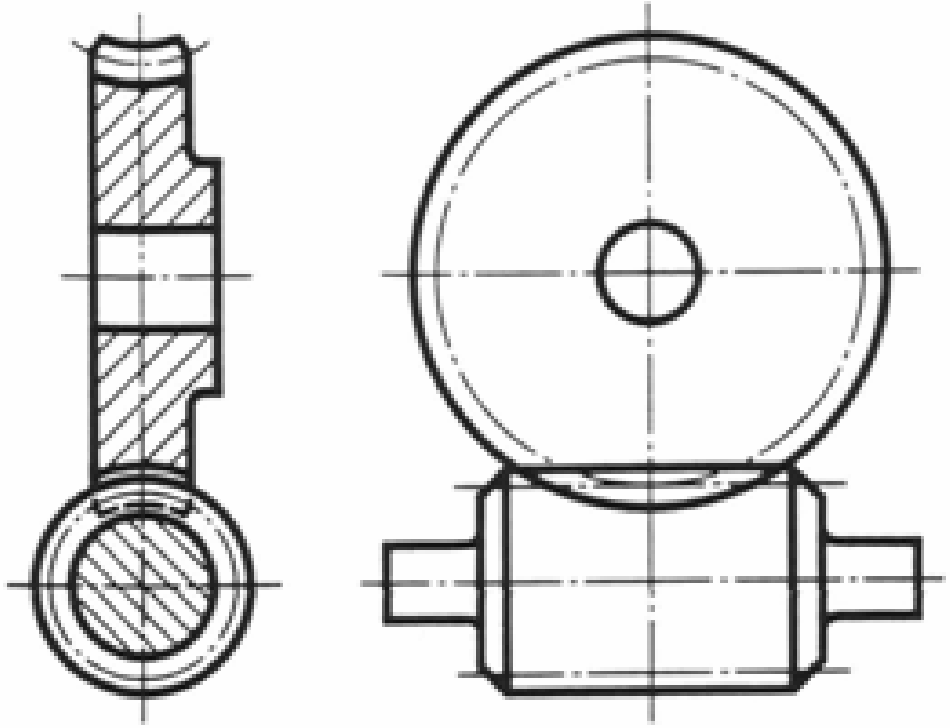
- Engrenagem de rodas cónicas, com intersecção dos eixos segundo um ângulo qualquer:



Engrenagem cónica (de eixos concorrentes)

Engrenagens

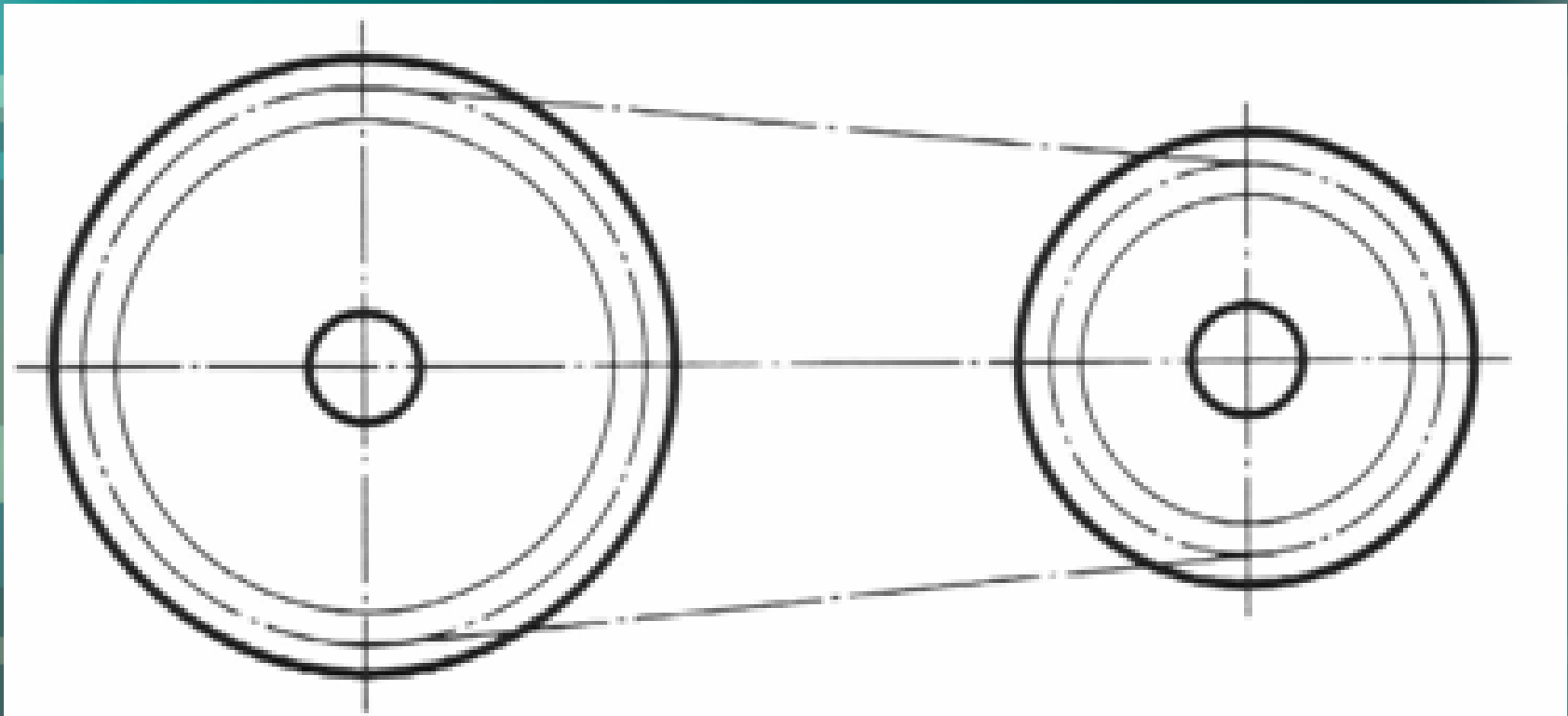
- Engrenagem com parafuso sem-fim cilíndrico, em corte:



Engrenagem de parafuso sem-fim e roda de coroa

Engrenagens

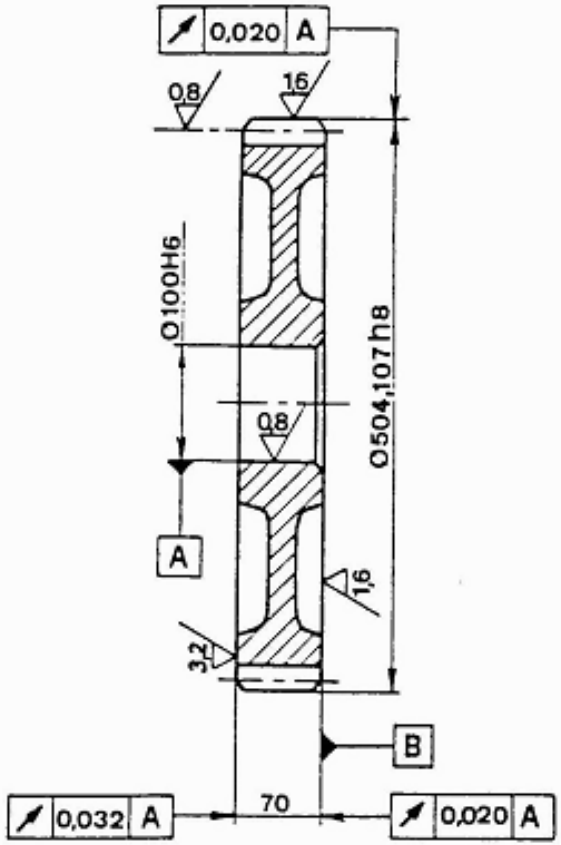
- Rodas para corrente:



Rodas dentadas para corrente

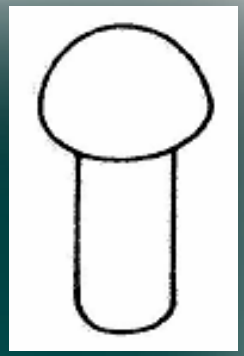
Engrenagens

- Indicações a fornecer ao fabricante da engrenagem (ISO 1340):



Caracteristicas do dentado	
Módulo	5
Número de dentes	97
Cremalheira de referência	ISO 53 - 20°
Ângulo de hélice	9.8969° 9° 53' 49"
Sentido da hélice	à direita
Diâmetro primitivo de corte	492.327
Coeficiente de desvio	+ 0.201
Cota tangencial sobre k dentes (k = 12)	- 0.055 177.525 - 0.166
Classe	6
Entre - eixo	300 ± 0.026
Roda conjugada	z = 20
...	...
...	...
...	...

Ligações por Rebites

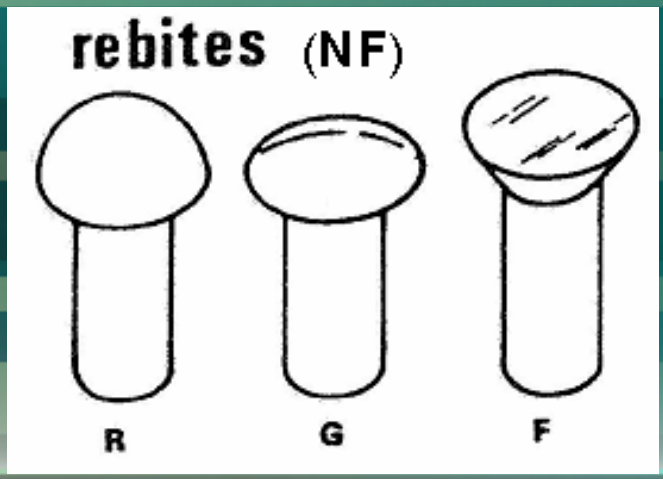


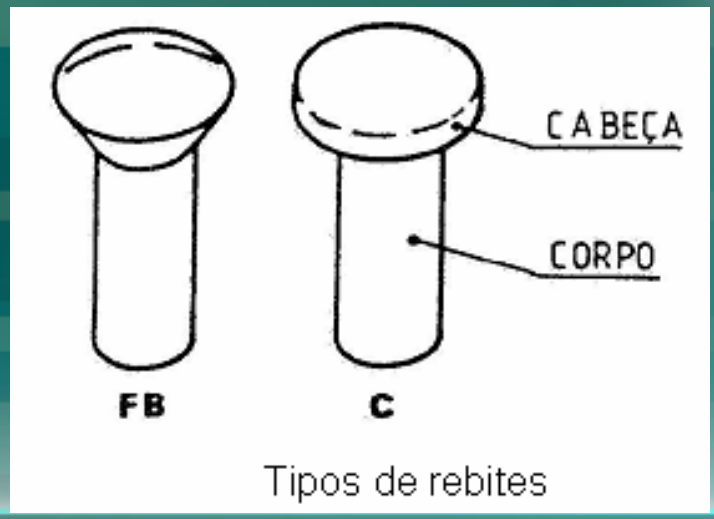
- Normas:

  ISO 1051: 1999 – Rivet shank diameters;
  NP 264 – Rebites. Tipos normalizados;
  NP 193 a NP 197 – Rebites de aço p/ caldeiraria ou p/ construção metálica. (anuladas);
  NP 245 a NP 251 – Rebites para chapa;
  NP 252 – Furos para rebites;
  DIN 101: 1993 – Rivets; technical specifications;
  DIN 124: 1993 – Steel round head rivets with nominal diameters from 10 to 36 mm;
  DIN 302: 1993 – Countersunk head rivets; no-minal diameters 10 to 36 mm;
  DIN 660: 1993 – Round head rivets; nominal diameters 1 to 8 mm;
  DIN 661: 1993 – Countersunk head rivets; nominal diameters 1 to 8 mm;
  DIN 662:1993 – Mushroom head rivets; nomi-nal diameters 1,6 to 6 mm;
  DIN 674:1993 – Flat round head rivets; nomi-nal diameters 1,4 to 6 mm;
  DIN 675:1993 – Flat countersunk head rivets; nominal diameters 3 to 5 mm;
  NF E 27-151/152/153/154: 1952 – Rebites;
  NF E 27-155/156 - Rebites p/ construções mecânica, metálica e caldeiraria.

Ligações por Rebites

- Um rebite é uma **peça cilíndrica com uma cabeça numa das extremidades**;
- Faz a **ligação permanente de peças** (chapas de caldeiras ou de construção naval, estruturas de aço, etc.).
- "As ligações por rebites são **ligações permanentes usadas em caldeiraria; construção naval, construção civil, etc.**"





Tipos de rebites

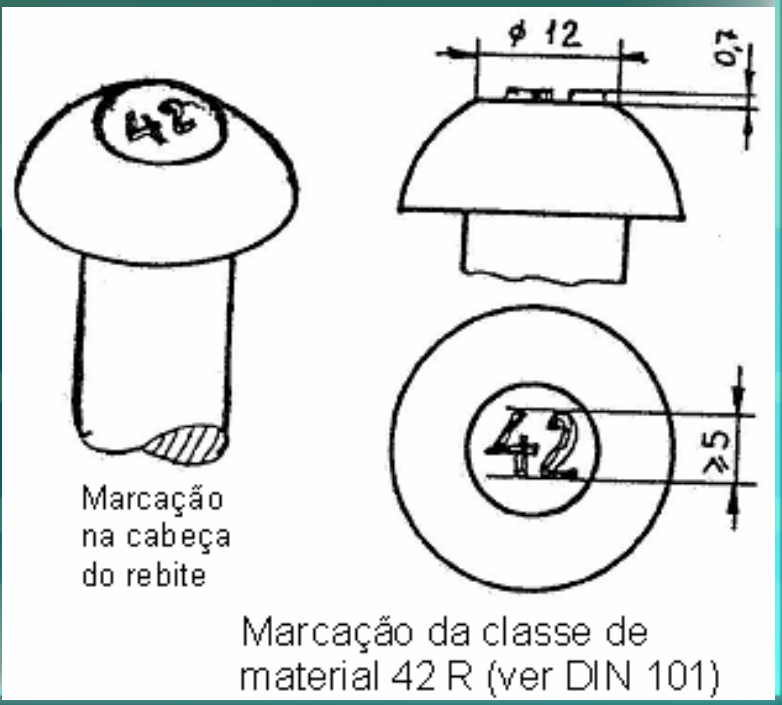
Ligações por Rebites

- Materiais e classes dos materiais:
  Os rebites são feitos em **materiais resistentes e dúcteis**.

Aços

Classe de material Símbolo	Resistência nominal à tracção MPa min.	Resistência nominal à tracção MPa max.	Dureza Brinnel HB min.	Resiliência KCV a 20°±5° em J / cm²
24	360	440	–	–
26	410	490	–	–
37 R	360	440	105	–
42 R	410	490	120	70

As classes dos aços 37 R e 42 R são objecto de marcação nas cabeças dos rebites.



Marcação da classe de material 42 R (ver DIN 101)

Ligações por Rebites

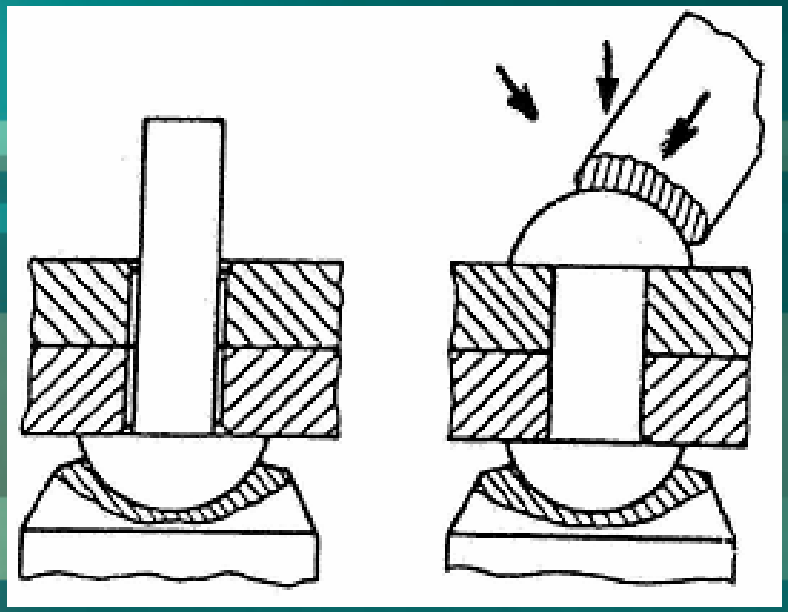
- Aplicações:
  - O rebite **é colocado num furo comum às peças a ligar** e, através da deformação plástica do seu corpo (ou espiga), a frio ou a quente, **forma-se uma contracabeça.**
  - As ligações por rebites têm vindo a ser substituídas por ligações por soldadura, pois esta tem as seguintes vantagens:
    - muito **maior produtividade**;
    - **maior resistência mecânica** da ligação.
  - As ligações por rebites são ainda usadas em:
    - ligações onde o **efeito térmico da soldadura se torna inconveniente**;
    - **ligações de peças que são de difícil soldadura**;
    - **ligações de peças metálicas com peças não metálicas** (madeira, couro, etc.).

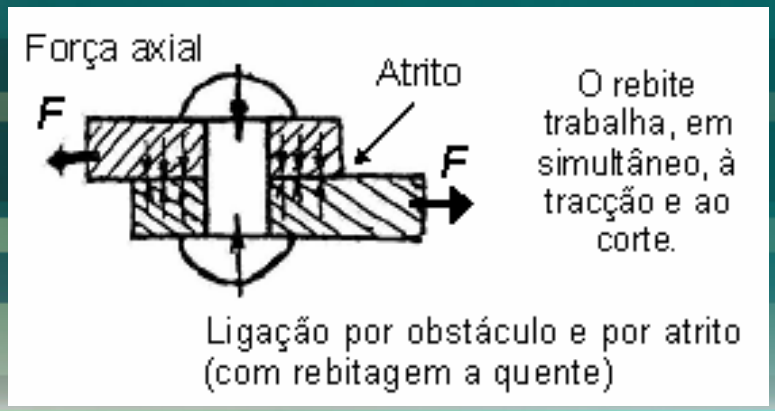
Ligações por Rebites

- Rebitagem:
  - O **corpo do rebite é deformado, a frio ou a quente,** por acção da força exercida por uma ferramenta embutideira, manual ou automática, que provoca a **formação de uma contracabeça.**
  - A **rebitagem a frio é usada para pequenos rebites** com diâmetros $d < 10$ mm.
  - A **rebitagem a quente** é usada para rebites com diâmetros $d \geq 10$ mm.
  - Os furos para a colocação dos rebites podem ser obtidos por:
    - **furação c/ broca**, com **diâmetros** d_1: $d + 0{,}5 < d_1 < d + 1$;
    - **furação c/ punção**, com **diâmetros** d_1: $d + 1 < d_1 < d + 2$.
  - Na **rebitagem a frio**, os **furos** devem ter **diâmetros**: $d_1 \approx 1{,}05\ d$;
  - Na **rebitagem a quente**, os **furos** devem ter **diâmetros**: $d_1 \approx 1{,}1\ d$.

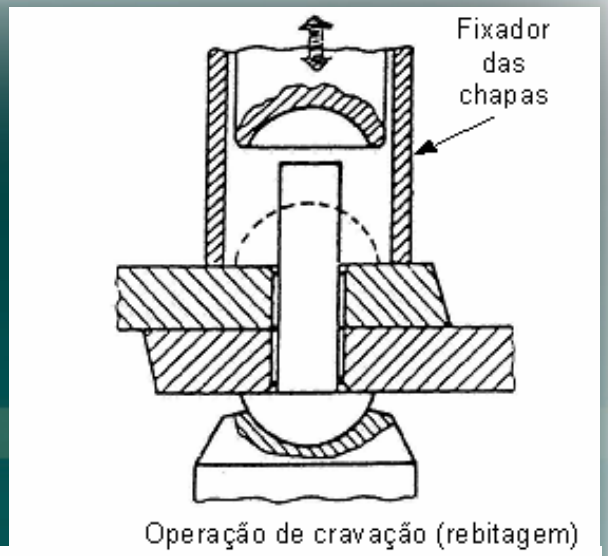
Ligações por Rebites

- Rebitagem:

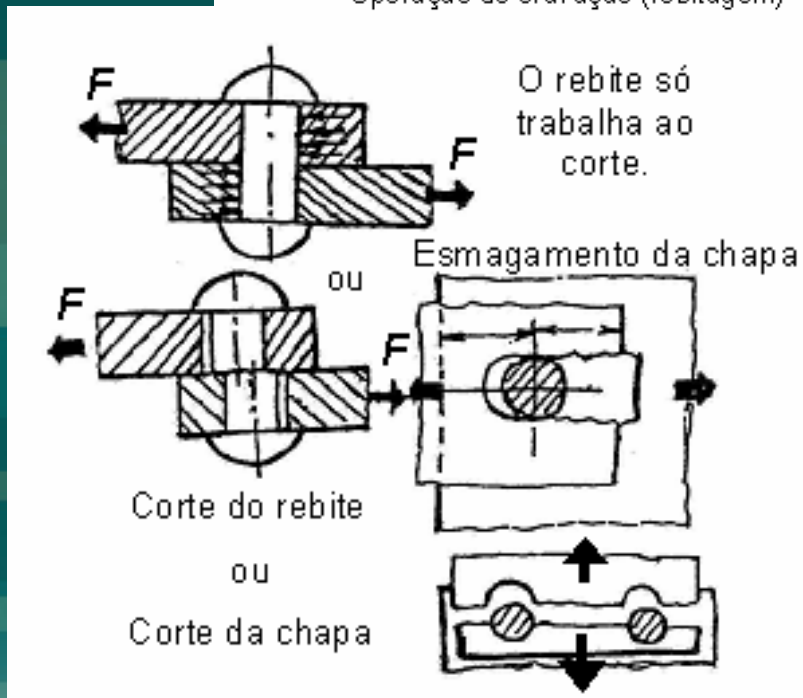




Ligação por obstáculo e por atrito (com rebitagem a quente)



Operação de cravação (rebitagem)



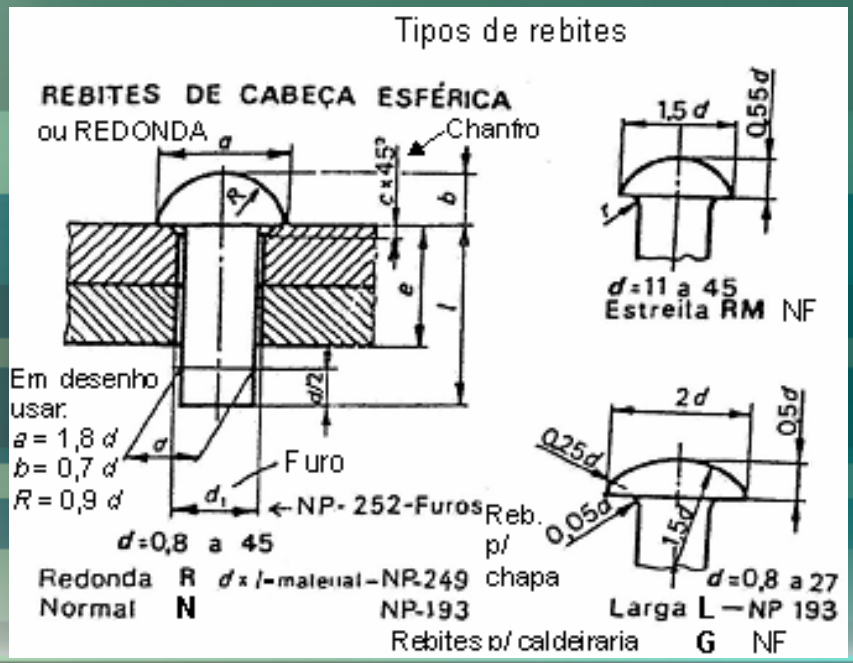
Ligação por obstáculo (com rebitagem a frio)

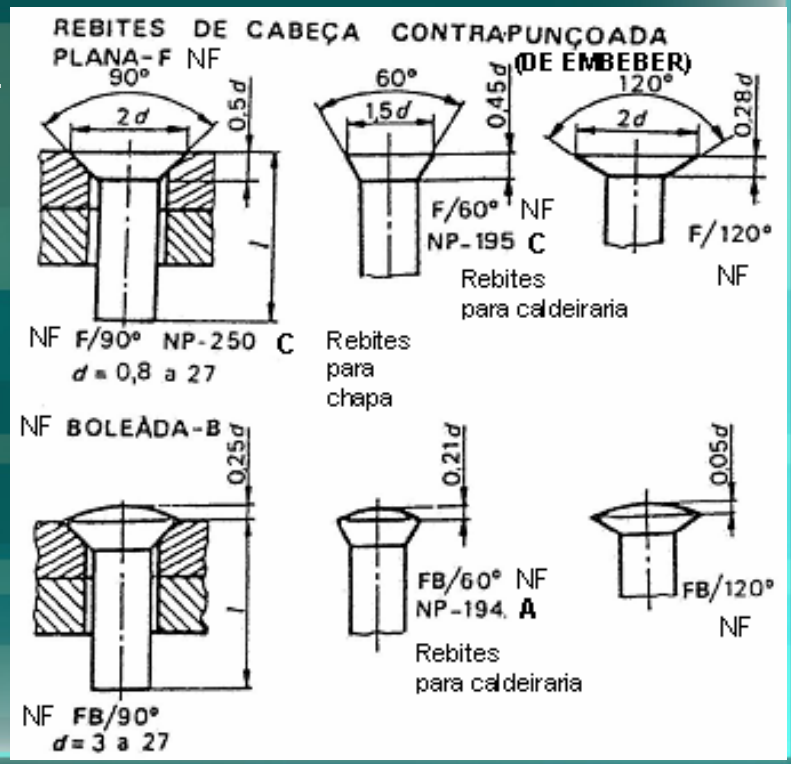
Ligações por Rebites

- Tipos de rebites e dimensões:
  - O diâmetro *d* dos rebites é seleccionado em **função da maior espessura *s* registada nas várias peças a ligar**.
  - Deve ser sempre $d \geq s$, sendo aconselhável escolher:
    - $d \geq 1{,}6\ s$, p/ aplicações gerais;
    - $d \approx 45\ s / (15 + s)$;
    - ou $d \approx 7\ \sqrt{s} - 4$, p/ rebites de resistência e de juntas vedantes.
  - Observações:
    - A **espessura total máxima e das peças ligadas é de $e \leq 4\ d$** (no máximo $5\ d$), caso contrário, o ajustamento do rebite torna-se difícil e a sua cabeça pode soltar-se.
    - Os **rebites devem ser do mesmo material das peças a ligar**, para evitar a formação de uma F.E.M. de contacto e a consequente corrosão.

Ligações por Rebites

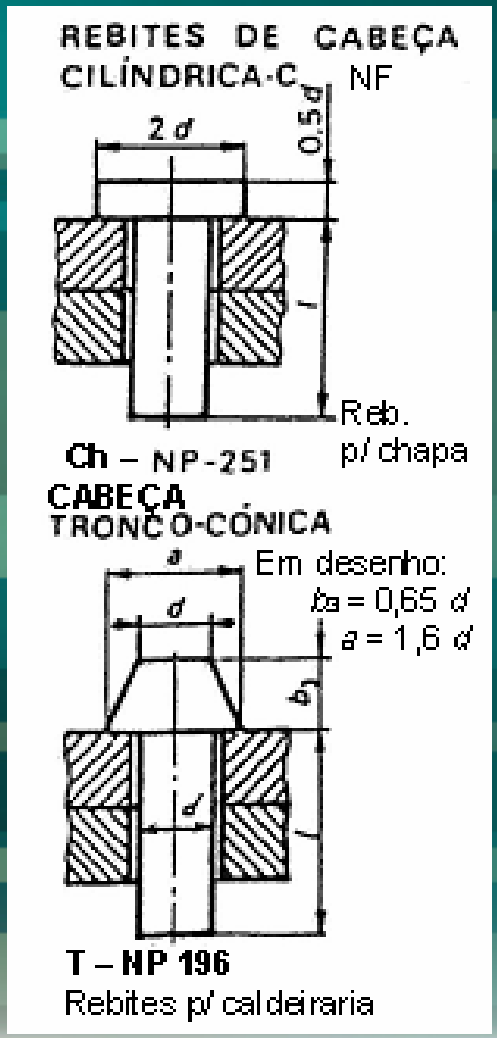
- Tipos de rebites e dimensões:
  - O **comprimento *l* dos rebites** pode ser determinado:
    - ***l* ≥ *1,1 e* + Δ*l*** em que:
      - e - soma das espessuras das peças;
      - Δl - parte do corpo destinada à formação da contracabeça:
        - » **esférica: Δ*l* = *1,5 d***;
        - » de **embeber: Δ*l* = *0,6 d***.





Ligações por Rebites

- Tipos de rebites e dimensões:

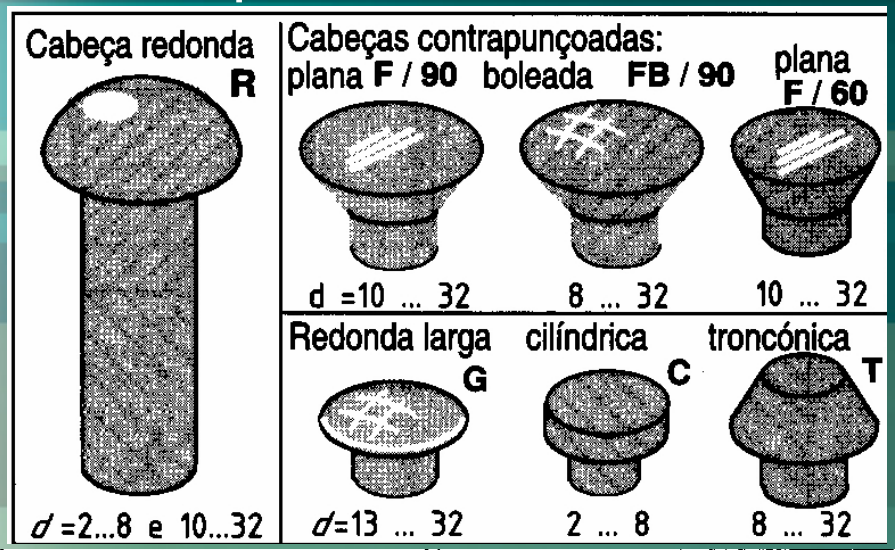


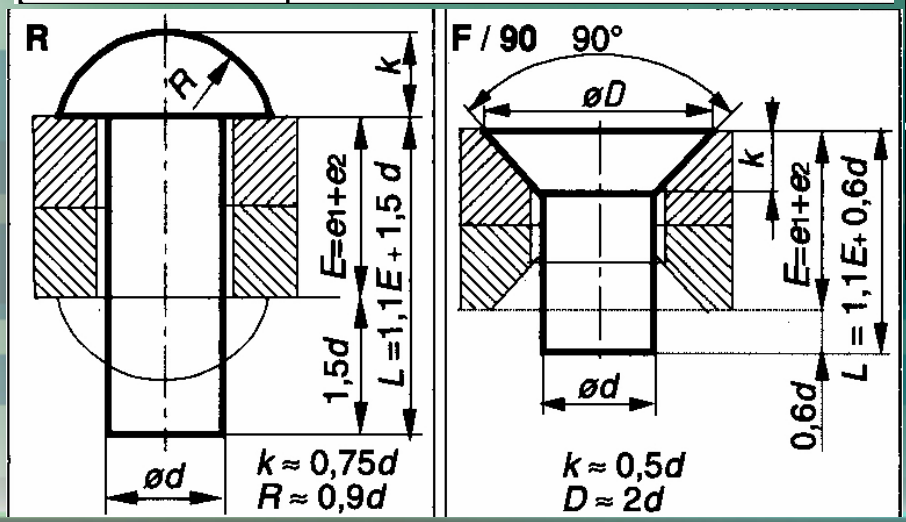
Diâmetros nominais						Comprimento	
d	d_1 Furo	a	b	c	b_3	l de	l a
1,6	2	2,8	1,2	-	-	3	9
2	2,5	3,5	1,5	-	-	4	10
2,5	3	4,5	2	-	-	3	11
3	3,5	5,5	2,5	0,5	-	4	12
(3,5)	4	6,5	2,5	0,5	-	5	14
4	4,7	7	3	0,5	-	6	20
5	5,8	9	4	0,5	-	8	32
6	7	11	4,5	1	5	10	35
(7)	7,5	12	5	1		11	40
8	9	14	5,5	1	7	12	40
10	11	17	7	1	8	16	50
12	13	21	8	1	8,5	22	60
(14)	15	24	10	1,5	9,5	25	80
16	17	28	11	2	11,5	30	85
(18)	19,5	31	12	2		32	100
20	21,5	34	14	2	13,5	32	120
(22)	24	38	16	2	15,5	32	140
24	26	41	17	2,5	18	40	160
(27)	29	46	19	2,5	20	50	180
30	32	51	21	3		50	180
(33)	35	56	23	3	22,5	50	200
36	38	61	25	3			

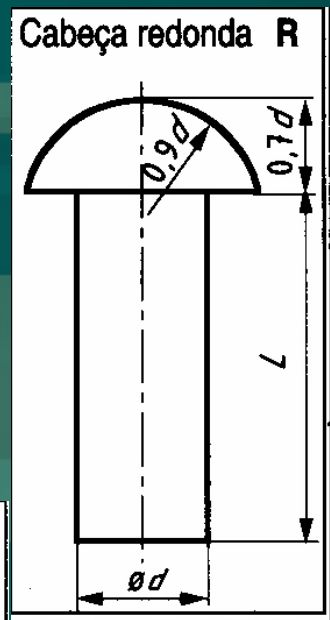
Comprimentos l: 3, 4, 5, 6, 8, (9), 10, (11), 12, 14, 16, 20, (22), 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

Ligações por Rebites

- Tipos de rebites e dimensões:

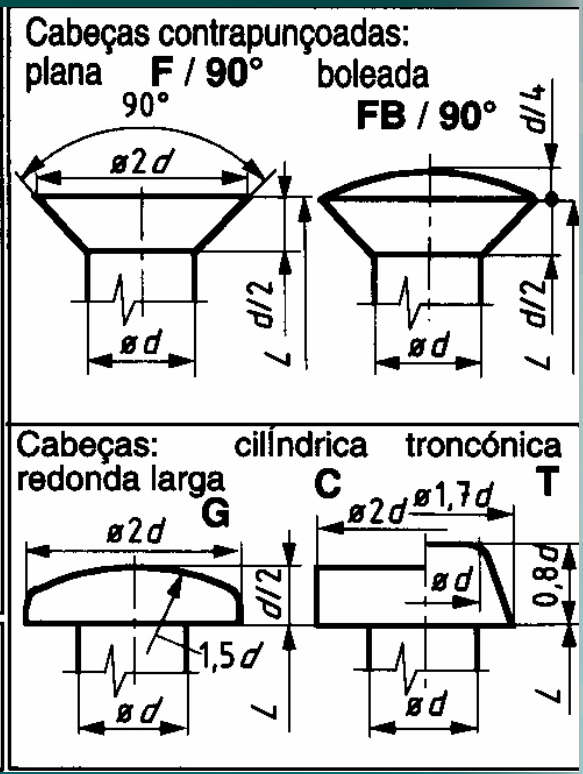






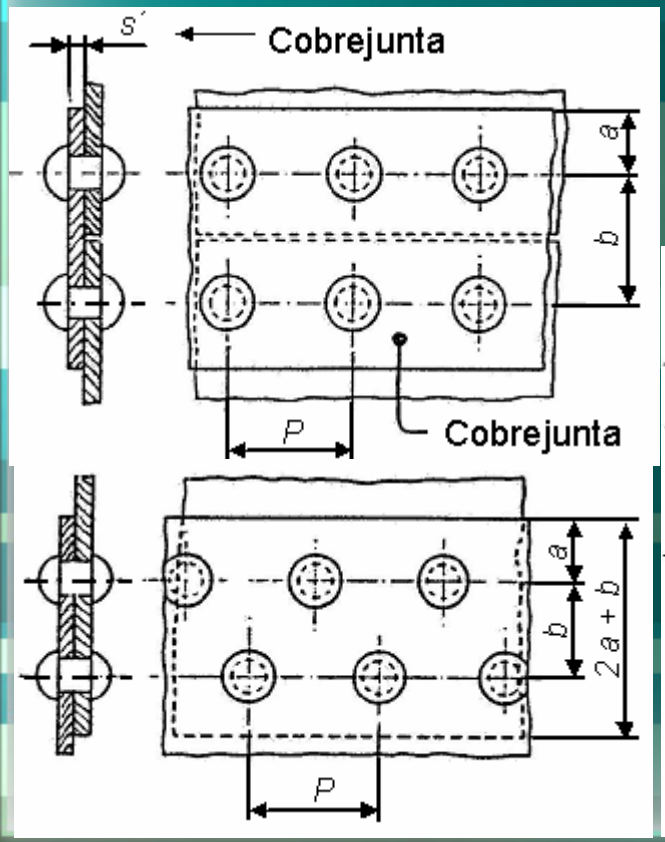
USAR: $d \approx \frac{45e}{15+e}$

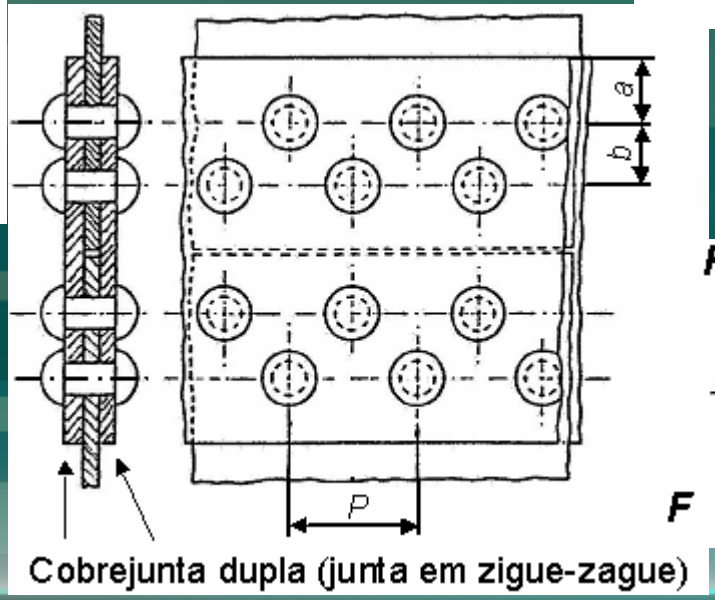
sendo e a espessura da chapa mais grossa

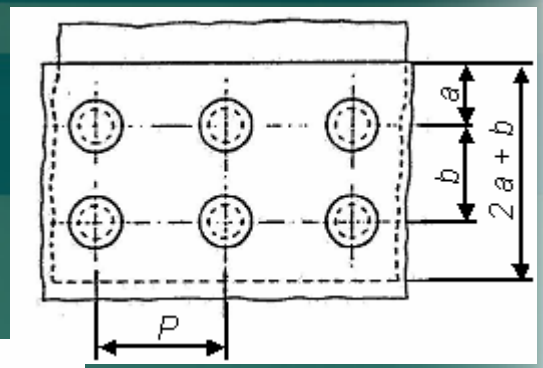


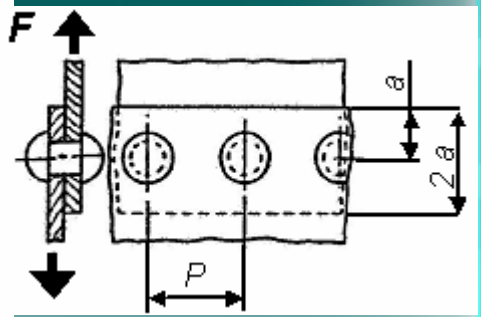
Ligações por Rebites

- **Designação**:
  - **Rebite, tipo da cabeça, d x l – classe de material – norma**
    Exemplo:
    Rebite R 8 x 20 – 37R – NP 249









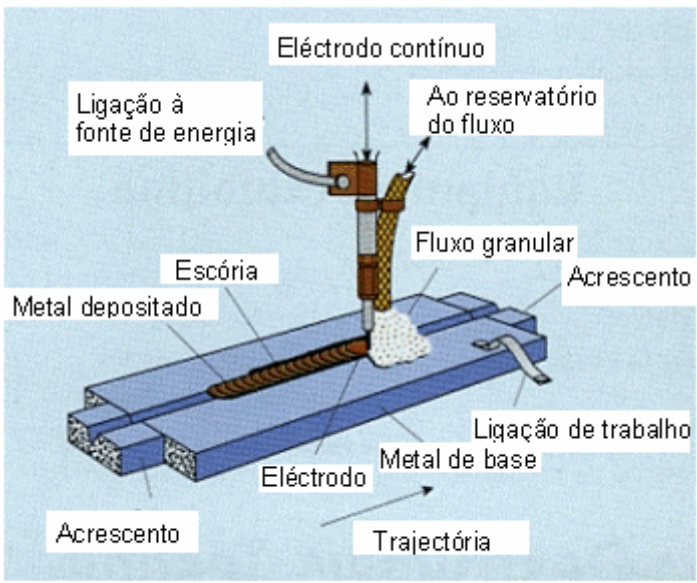
Soldadura

- Normas:
  - EN 22553:1994 – Representação simbólica de juntas soldadas (ISO 2553:1992);
  - NP EN ISO 4063: 2004 – Soldadura e processos afins. Nomenclatura e números dos processos (ISO 4063:1998).
- "**A soldadura tem uma larga aplicação na ligação de chapas e na construção metálica.**"
- **Processos de soldadura**:
  A soldadura é uma ligação de dois ou mais elementos constitutivos de uma junta, que assegura a continuidade destes (nomeadamente, da natureza dos materiais ligados: metal, plástico, vidro, etc.), **realizada por aquecimento, por pressão, ou por ambos os processos em simultâneo, com ou sem material de adição, cuja temperatura de fusão pode ser qualquer**.
  Pode ser classificada em: **soldadura autogénea ("welding") e brasagem ("soldering and brazing")**.

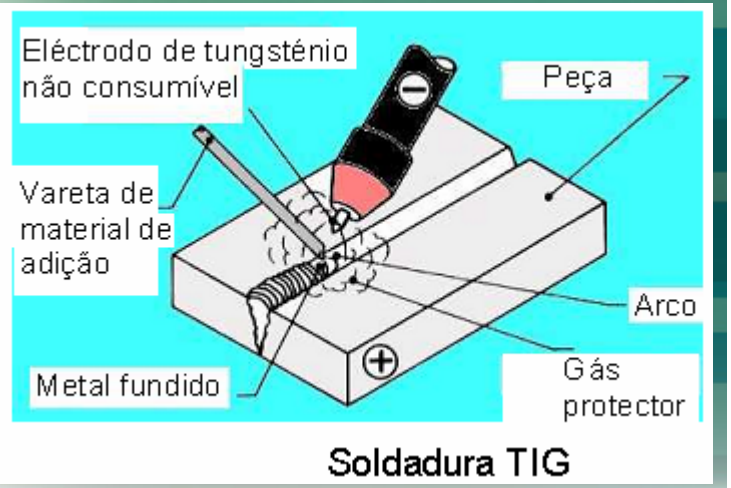
Soldadura

- Soldadura **autogénea**:
  Processo de ligação **realizado por aquecimento**, por pressão ou por ambos os processos em simultâneo, **com ou sem emprego de material de adição, cuja temperatura de fusão é semelhante à do material de base**.
- **Brasagem**:
  A brasagem ("soldering and brazing", ou união por difusão) é uma ligação (soldadura) de dois elementos metálicos por meio de um **metal de adição no estado líquido, cuja temperatura de fusão é inferior à dos metais de base, os quais, portanto, não comparticipam por fusão na constituição da junta**.

Soldadura



Soldadura por arco submerso

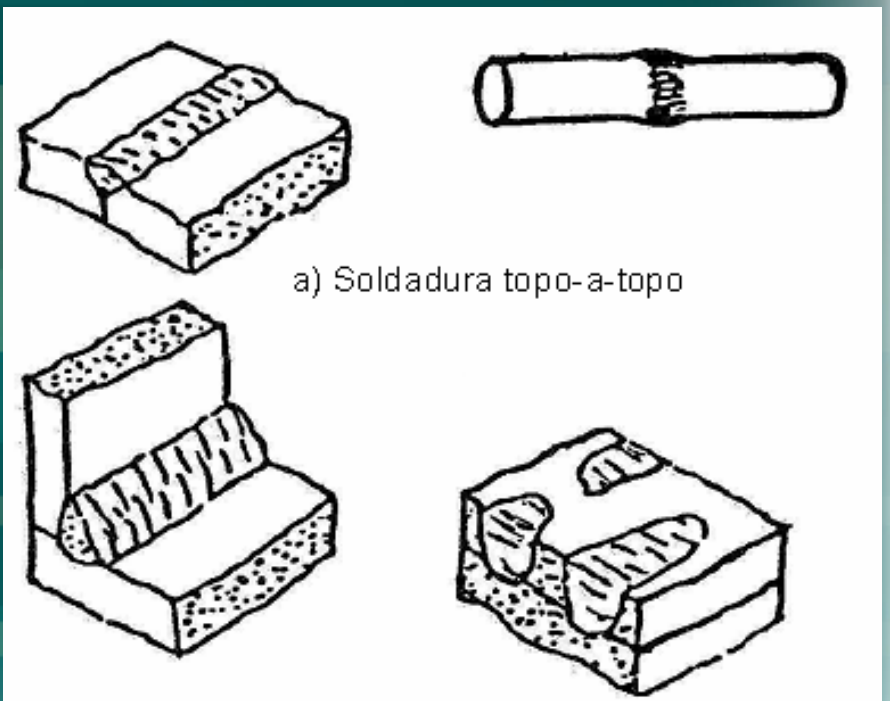


Soldadura TIG

- Soldadura por fusão
  - por chama de gás (oxiacetilénica, etc.)
  - por arco eléctrico
    - sem protecção
      - Soldadura de pernos
      - Soldadura por percussão
    - com formação de escória
      - Arco submerso
      - c / Eléctrodo revestido contínuo
      - c / Eléctrodo revestido
      - MAG c / fio fluxado
    - protecção por gás
      - Eléctrodo consumível (MIG/MAG)
        - MAG c / fio fluxado
        - MAG (CO_2)
        - MIG (Argon ou Hélio)
      - Eléctrodo não consumível
        - TIG
        - p / Hidrogénio atómico
        - c / Eléctrodo de carbono
        - Plasma
  - por resistência
    - por pontos
    - por roletes
    - por bossas (ou por projecção)
    - incandescente (" flash welding ")
    - topo – a – topo
  - a Laser
  - p / Feixe de electrões
  - p / Aluminotermia
  - p / Electroescória
    - c / guia consumível
    - c / fio

Soldadura

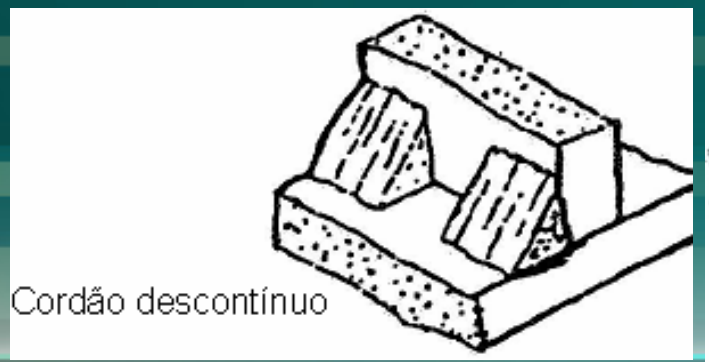
- **Tipos de juntas** de soldadura:
  - De acordo com a posição relativa das peças a soldar, podem distinguir-se as seguintes juntas de soldadura:
    - junta de soldadura **topo-a-topo** (ou de topo);
    - junta de soldadura de **ângulo** (ou de canto);
    - junta de soldadura de **sobreposição**.

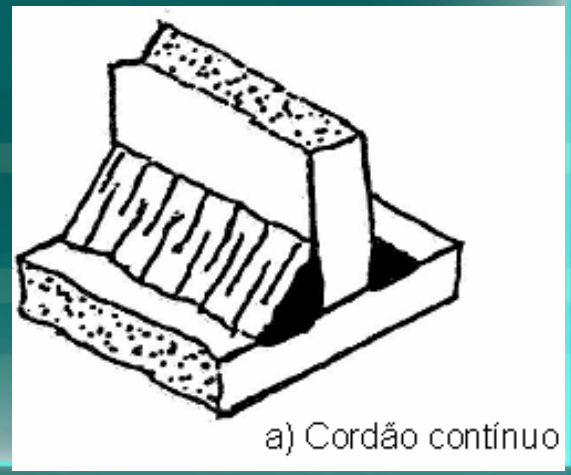


Tipos de juntas de soldadura

Soldadura

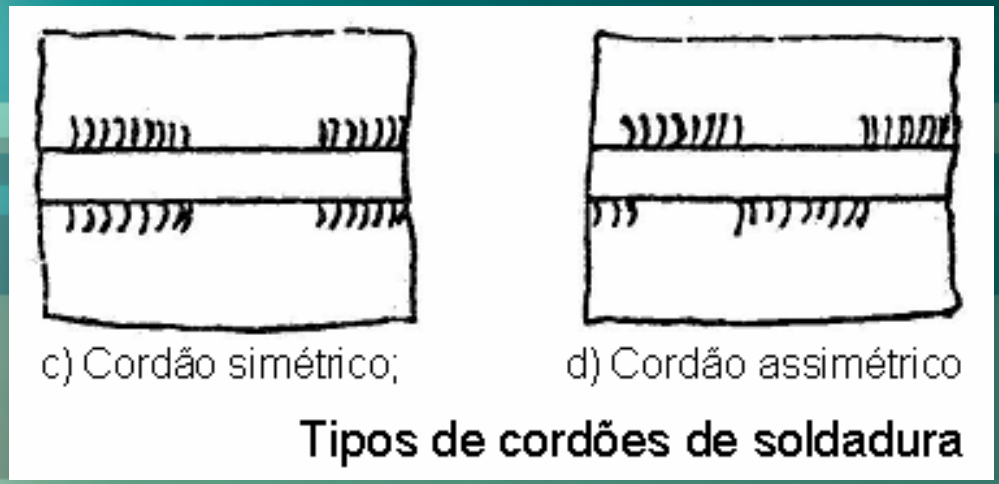
- **Tipos de juntas** de soldadura:
  - Com cordões descontínuos nos dois lados de uma soldadura de ângulo, ou seja, numa soldadura bilateral, esta pode ser **simétrica ou assimétrica** (ou com elementos alternados).
  - A **superfície interior do cordão** de soldadura pode apresentar formas diversas, com secções **em V, em U, em Y, etc.**
  - **A forma da superfície exterior da soldadura** pode ser:
    - **plana** (–);
    - **côncava** (∪);
    - **convexa** (∩).


Cordão descontínuo

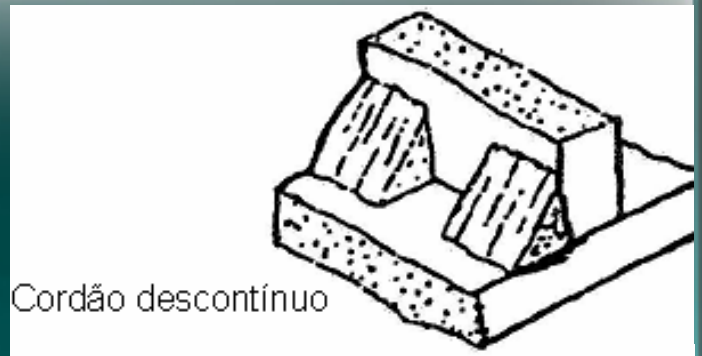

a) Cordão contínuo

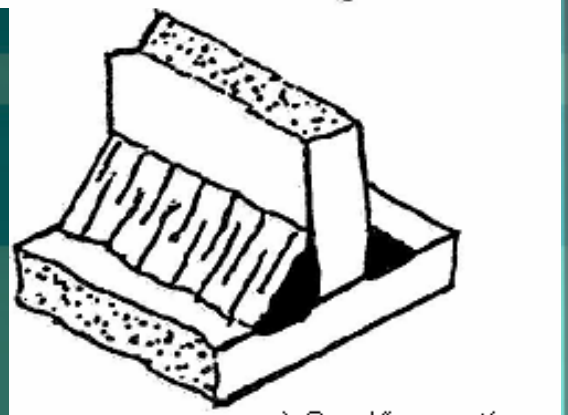
Soldadura

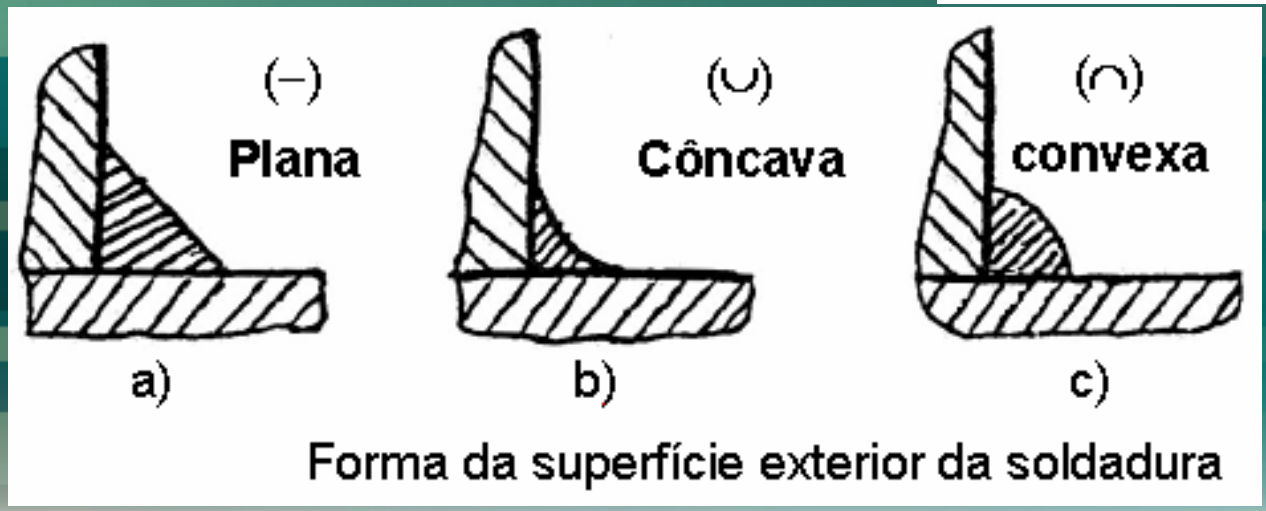
- **Tipos de juntas** de soldadura:



Tipos de cordões de soldadura







Forma da superfície exterior da soldadura

Soldadura

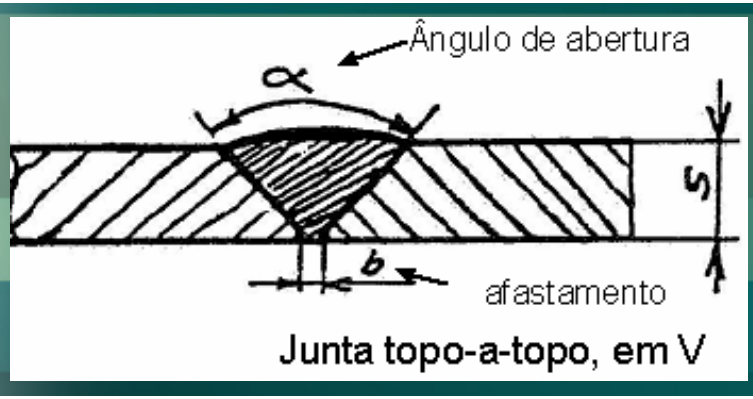
- **Representação das juntas soldadas:**
  - A representação de uma ligação soldada entre duas peças deve conter **as seguintes indicações**:
    - o **local** da soldadura;
    - o **tipo e a natureza do cordão**;
    - as **dimensões do cordão**;
    - **outras informações**.
  - **Em desenho**, as juntas soldadas podem ter uma **representação completa** ou uma **representação simbólica** (a mais usada).
- Representação **completa**:
  - As **normas gerais de representação e de cotagem do desenho deverão ser respeitadas**.

Soldadura

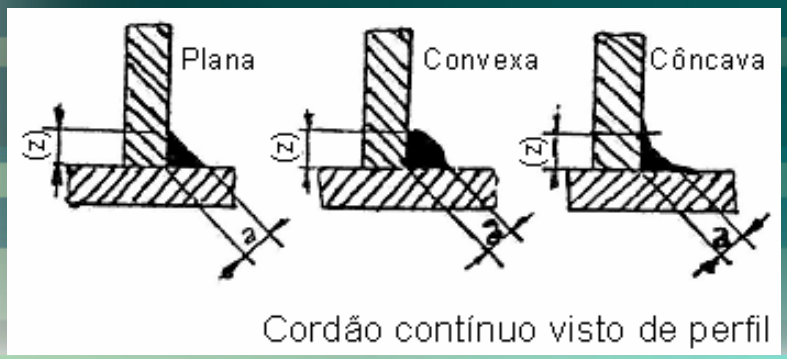
- Representação completa:



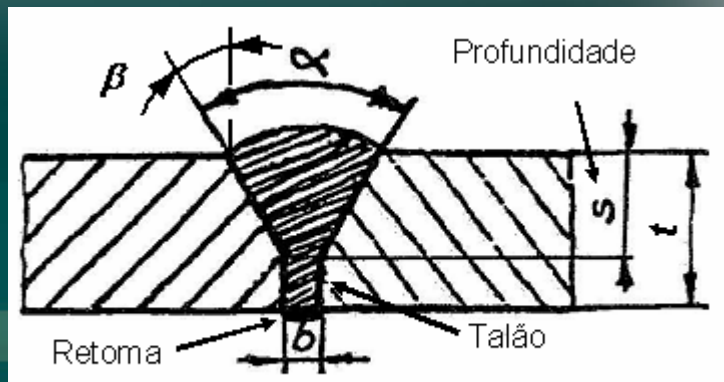
Junta topo-a-topo, de bordos rectos



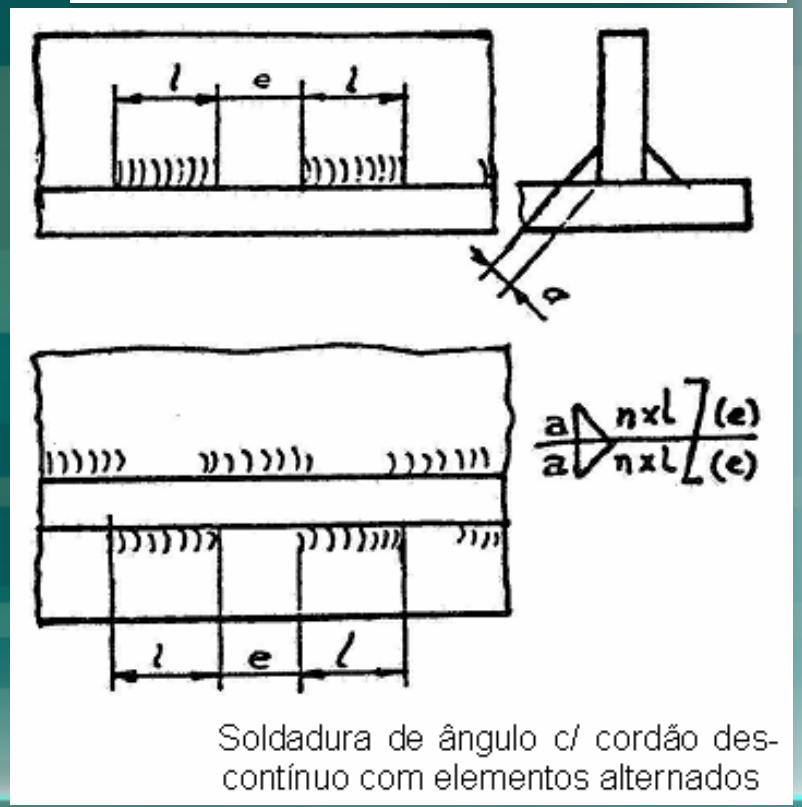
Junta topo-a-topo, em V



Cordão contínuo visto de perfil



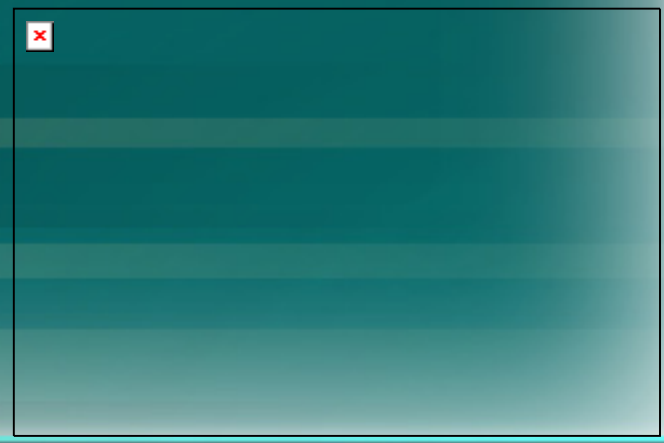
Junta topo-a-topo, em Y



Soldadura de ângulo c/ cordão descontínuo com elementos alternados

Soldadura

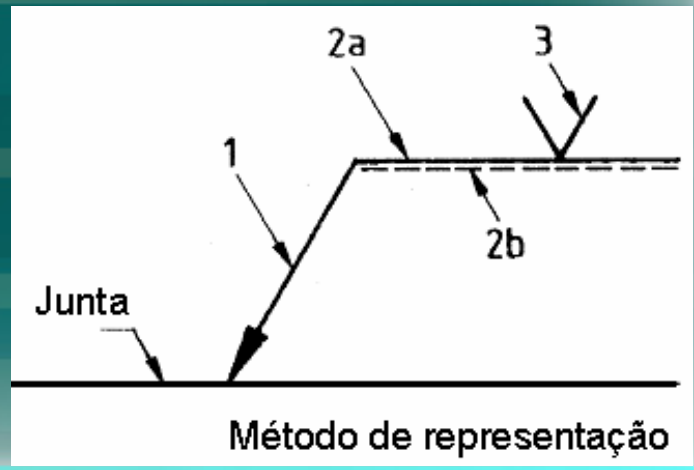
- **Representação simbólica** (ISO 2553):
  - A mais conveniente para as **juntas soldadas correntes,** pois fornece todas as indicações necessárias para definir uma determinada junta, sem sobrecarregar o desenho com notas ou vistas complementares.
  - Inclui um **símbolo elementar**, que pode ser complementado por:
    - um **símbolo suplementar**;
    - um meio de **representação das cotas**;
    - algumas **indicações complementares** (em especial, nos desenhos de fabricação).



Soldadura

- **Representação simbólica** (ISO 2553):
  - **Posição dos símbolos nos desenhos:**
    O método completo de representação inclui para além do próprio **símbolo da soldadura** (3):
    - **Uma linha de indicação** (1) por junta;
    - **Uma linha de referência dupla**, compreendendo duas linhas paralelas, **uma a traço contínuo** (2a) e **outra a traço interrompido** (2b);
    - Um certo número de **cotas e sinais convencionais**.

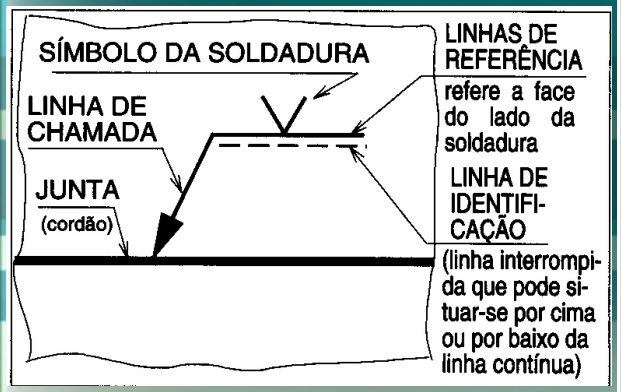
A **linha de identificação a traço interrompido** (2b) pode ser representada acima ou por debaixo da linha a traço contínuo
As linhas de indicação e de referencia formam a **marca de referência completa** e são a traço fino.
Em soldaduras simétricas, a linha a traço interrompido é desnecessária e deverá ser omitida.



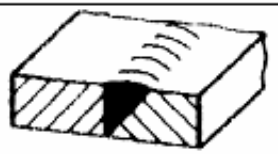
Método de representação

Soldadura

- **Símbolos elementares:**

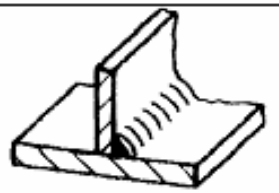


Símbolos elementares para a caracterização de juntas soldadas

No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1]
1	Soldadura em bordos elevados, completamente fundidos [2] ("Butt weld between plates with raised edges")			Para chapas com espessuras $t \leq 2$ mm. Não necessita de material de adição.
2	Soldadura em bordos direitos (ou rectos) ("Square butt weld")			Para chapas com espessuras $t \leq 4$ mm ou $3 < t \leq 8$ mm, com cobrejunta. Bordos s/ chanfros.
3	Soldadura em V ("Single-V butt weld")			Para chapas com espessuras $3 \leq t \leq 10$ mm ou $3 \leq t \leq 40$ mm, com retoma. Ângulos de abertura α de 40° a 60°.
4	Soldadura em meio V ("Single-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras $3 < t \leq 10$ mm ou $3 \leq t \leq 30$ mm com retoma. Semiângulos de abertura $35° \leq \beta \leq 60°$.
5	Soldadura em Y ("Single-V butt weld with broad root face")			Para chapas com espessuras $5 \leq t \leq 40$ mm ou $t > 10$ mm, com retoma. Ângulos de abertura $\alpha \approx 60°$.

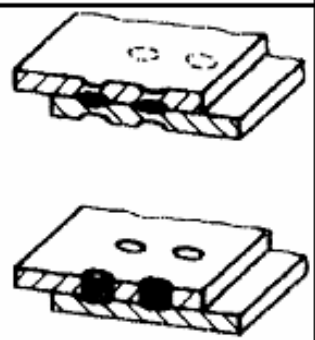
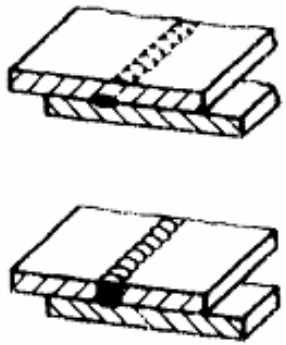
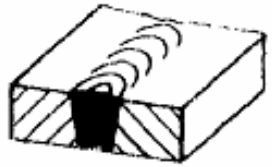
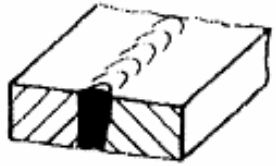
Soldadura

- **Símbolos elementares (cont.):**

6	Soldadura em meio Y ("Single-bevel butt weld with broad root face")			
7	Soldadura em U (ou em tulipa) ["Single-U butt weld (parallel or sloping sides")]			Para chapas com espessuras $t > 12$ mm. Semiângulos de abertura $8° \leq \beta \leq 12°$.
8	Soldadura em J (ou em meio U) ("Single-J butt weld")			Para chapas com espessuras $t > 16$ mm. Semiângulos de abertura $10° \leq \beta \leq 20°$.
9	Retoma (ou cordão de confirmação na raiz da junta) ["Backing run; back or backing weld (USA)"]			
10	Soldadura de ângulo (ou de canto) ("Fillet weld")			Para chapas com espessuras $t > 2$ mm.
11	Soldadura em entalhes ("Plug weld; plug or slot weld (USA)")			

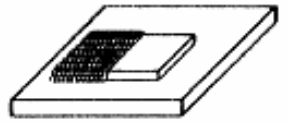
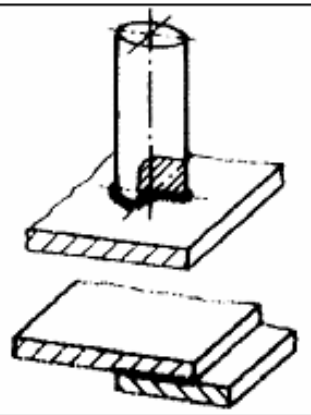
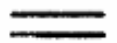
Soldadura

- **Símbolos elementares (cont.):**

No.	Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1]
12	Soldadura por pontos ("Spot weld")			
13	Soldadura em linha contínua com sobreposição (ou recobrimento) ("Seam weld")			
14	Soldadura em V de bordos muito inclinados ("Steep-flanked single-V butt weld")			Para chapas com espessuras ***t*** **> 16 mm**. Semiângulos de abertura $5° \leq \beta \leq 20°$.
15	Soldadura em meio V de bordos muito inclinados ("Steep-flanked single-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras ***t*** **> 16 mm**. Semiângulos de abertura $15° \leq \beta \leq 30°$.

Soldadura

- **Símbolos elementares (cont.):**

16	Soldadura de bordo ("Edge weld")			
17	Enchimento ("Surfacing")			
18	Junta de superfície ("Surface joint")			
19	Junta inclinada ("Inclined joint")			
20	Junta dobrada ("Fold joint")			

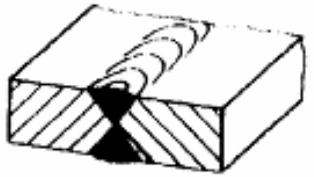
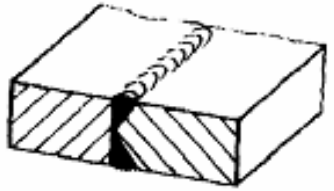
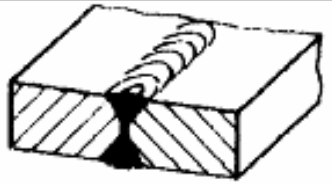
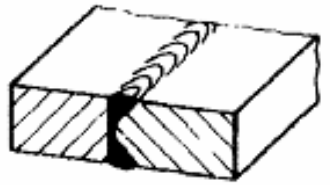
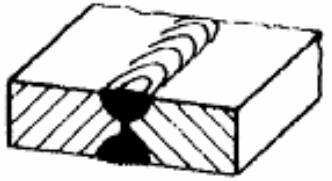
1) Os valores de ***t*** são recomendações p/ a preparação de juntas, dadas na norma EN ISO 9692-1.
2) As juntas topo-a-topo entre chapas com os bordos elevados (símbolo 1), sem penetração total, são simbolizadas como as soldaduras de bordos direitos (símbolo 2), com a indicação da espessura ***s*** do cordão de soldadura (ver quadro 5).

Soldadura

- **Combinações de símbolos elementares:**
  - Os símbolos elementares devem ser combinados para **soldaduras realizadas pelos dois lados** (**juntas com preparação de abertura dupla**) de modo a que os símbolos elementares aplicáveis sejam dispostos simetricamente, em relação à linha de referência.
- **Símbolos suplementares:**
  - Símbolos que caracterizam **a forma da superfície exterior** ou **a forma da soldadura**.
  - **A ausência de um símbolo** suplementar significa que a forma da superfície da soldadura não necessita de ser indicada com precisão.

Soldadura

Símbolos combinados para juntas soldadas simétricas

Designação	Ilustração	Símbolo	Observações [1]
Soldadura em duplo V (ou em X) ["Double-V butt weld (X weld)"]			Para chapas com espessuras **t > 10 mm**. Ângulos de abertura $40° \leq \alpha \leq 60°$.
Soldadura em duplo meio V ("Double-bevel butt weld")			Para chapas com espessuras **t > 10 mm**. Semiângulos de abertura $35° \leq \beta \leq 60°$.
Soldadura em duplo Y ("Double-V butt weld with broad root face")			Para chapas com espessuras **t > 10 mm**. Ângulos de abertura $40° \leq \alpha \leq 60°$.
Soldadura em duplo meio Y ("Double-bevel butt weld with broad root face")			
Soldadura em duplo U ("Double-U butt weld")			Para chapas com espessuras **$t \geq 30$ mm**. Semiângulos de abertura $8° \leq \beta \leq 12°$.

[1] Os valores de t são recomendações p/ a preparação de juntas, dadas na norma EN ISO 9692-1.

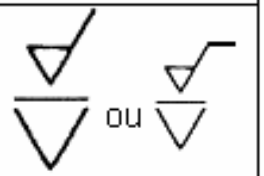
Soldadura

Símbolos suplementares

Forma da superfície da soldadura	Símbolo
Plana (c/ acabamento posterior)	
Convexa	
Côncava	
Extremidades devem ser suavizadas	
Utilização de cobrejunta permanente	
Utilização de cobrejunta removível	

Soldadura

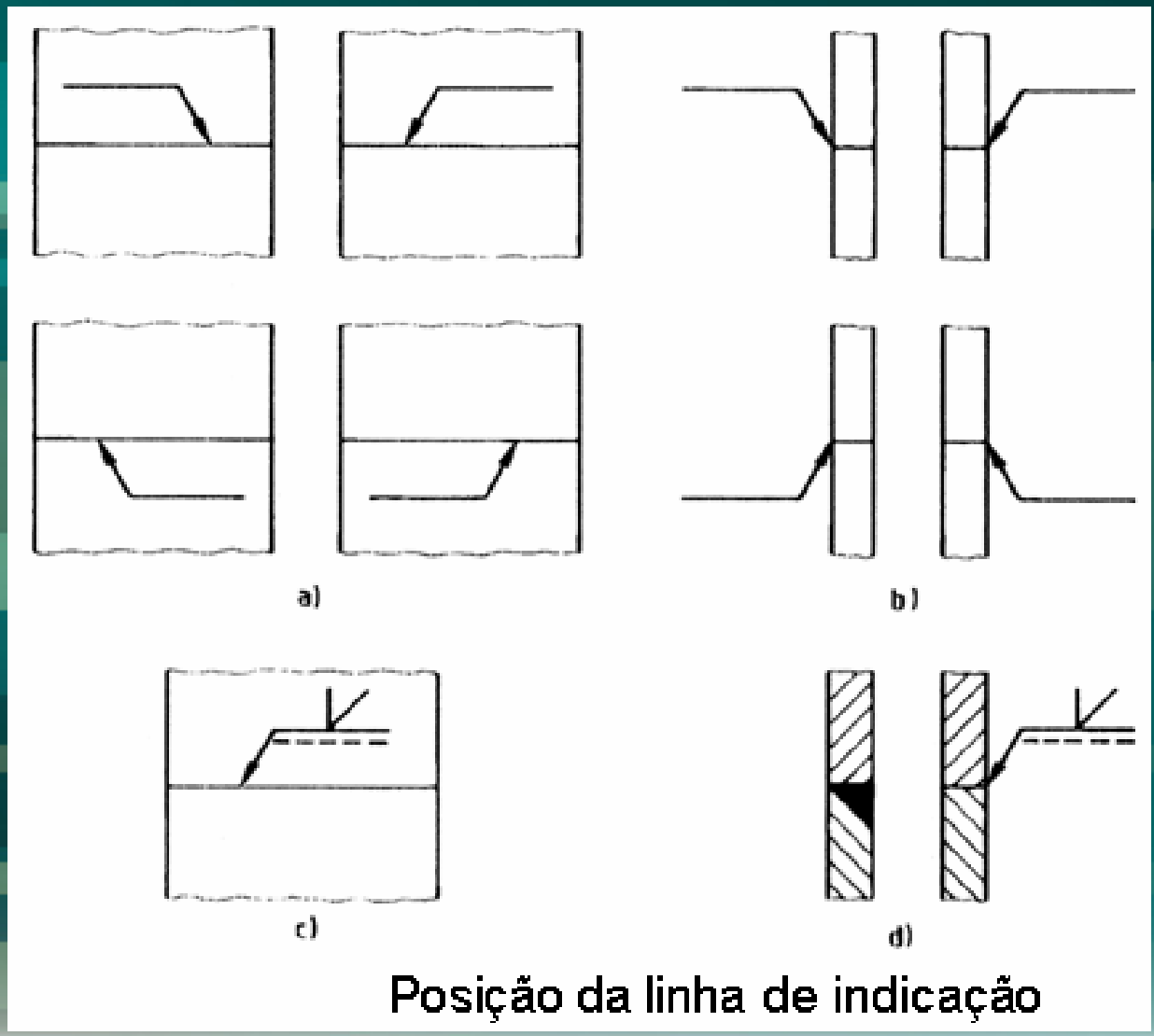
Exemplos de aplicação dos símbolos suplementares

Designação	Ilustração	Símbolo
Soldadura em V plana		
Soldadura em duplo V (ou em X) convexa		
Soldadura de ângulo (ou de canto) côncava		
Soldadura em V plana com retoma plana		
Soldadura em Y com retoma		
Soldadura em V plana com acabamento de limpeza		 ou
Soldadura de ângulo com a superfície suavizada		

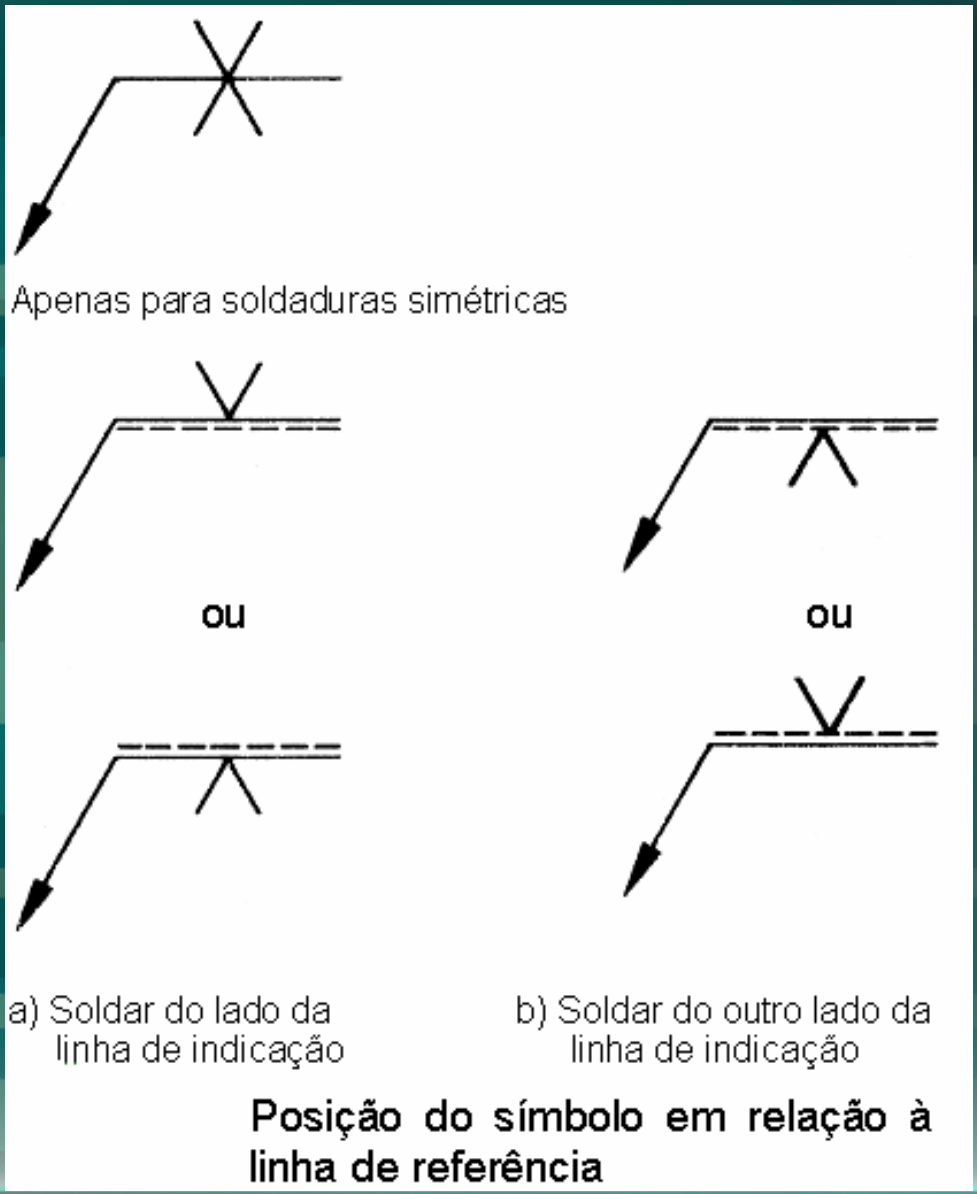
Soldadura

- **Posição da linha de indicação:**
  - No caso de soldaduras dos tipos 4, 6 e 8 (**cordões de perfil assimétrico**), **a linha de indicação deve apontar para a chapa com o bordo preparado** (c/ formação de um chanfro).
- **Posição da linha de referência:**
  - Traçada **paralelamente** à borda inferior da folha do desenho **ou**, se tal for impossível, **na perpendicular** a esta (de modo a que as anotações possam ser lidas a partir do canto inferior direito da folha do desenho).
- **Posição do símbolo em relação à linha de referência:**
  - o **símbolo é colocado no lado da linha contínua** da linha de referência, se a soldadura (superfície exterior da soldadura) **estiver do lado da linha de indicação da junta**;
  - o **símbolo é colocado no lado da linha interrompida**, se a soldadura (superfície exterior da soldadura) **estiver do lado oposto** (“o outro lado”) da linha de indicação da junta.

Soldadura

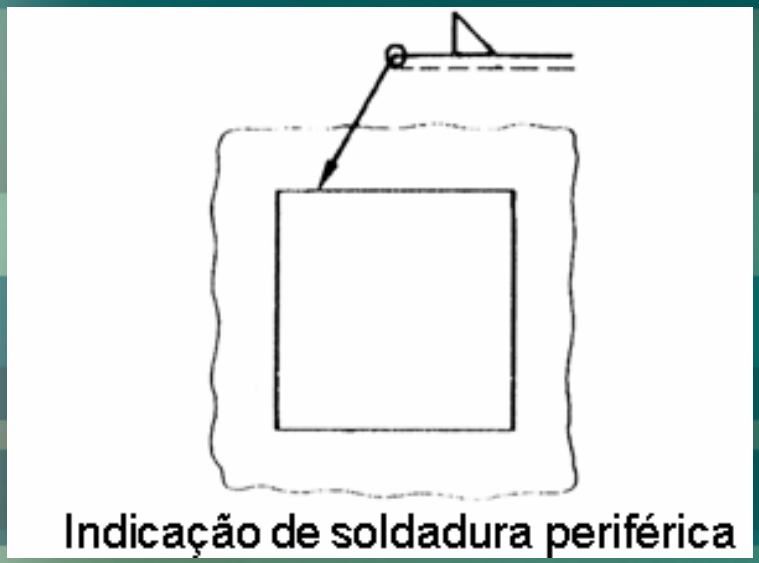


Soldadura


Apenas para soldaduras simétricas
ou
ou
a) Soldar do lado da linha de indicação
b) Soldar do outro lado da linha de indicação
Posição do símbolo em relação à linha de referência

Soldadura

- **Indicações complementares**:
  - **Indicação do processo de soldadura:**
    Se necessário, o processo de soldadura deve ser simbolizado por um **número de referência**, de acordo com a norma ISO 4063.



Indicação de soldadura periférica



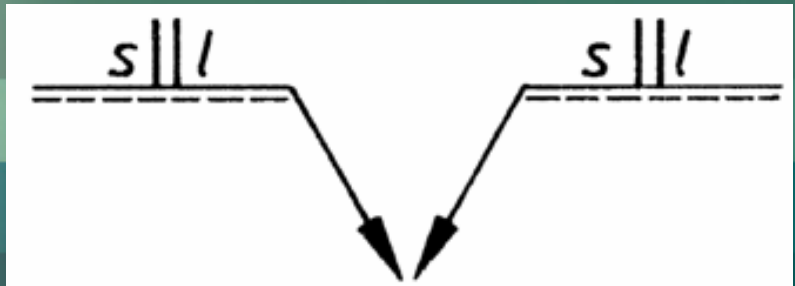
Indicação de estaleiro ou local de montagem



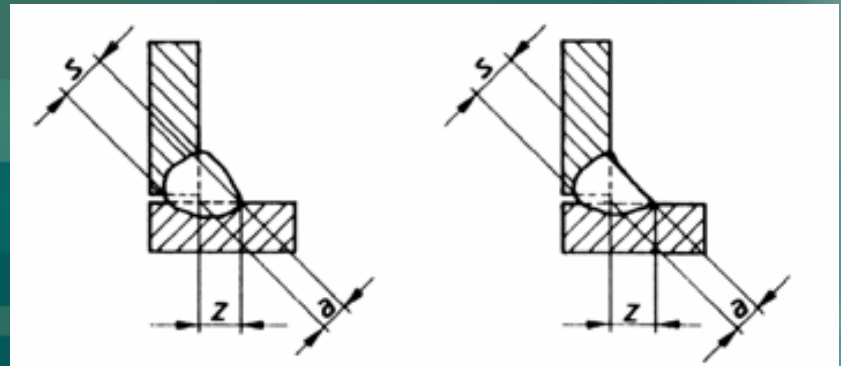
Indicação do processo de soldadura

Soldadura

- **Cotagem de cordões de soldadura:**
  - **Regras gerais:**
    - **Cada símbolo de soldadura pode ser acompanhado por um determinado número de cotas**.
    - as **cotas principais** relativas à secção recta do cordão são inscritas antes do símbolo (ex.: ***s***);
    - as **cotas longitudinais** são inscritas depois do símbolo (ex.: ***l***).



Exemplos do princípio de cotagem

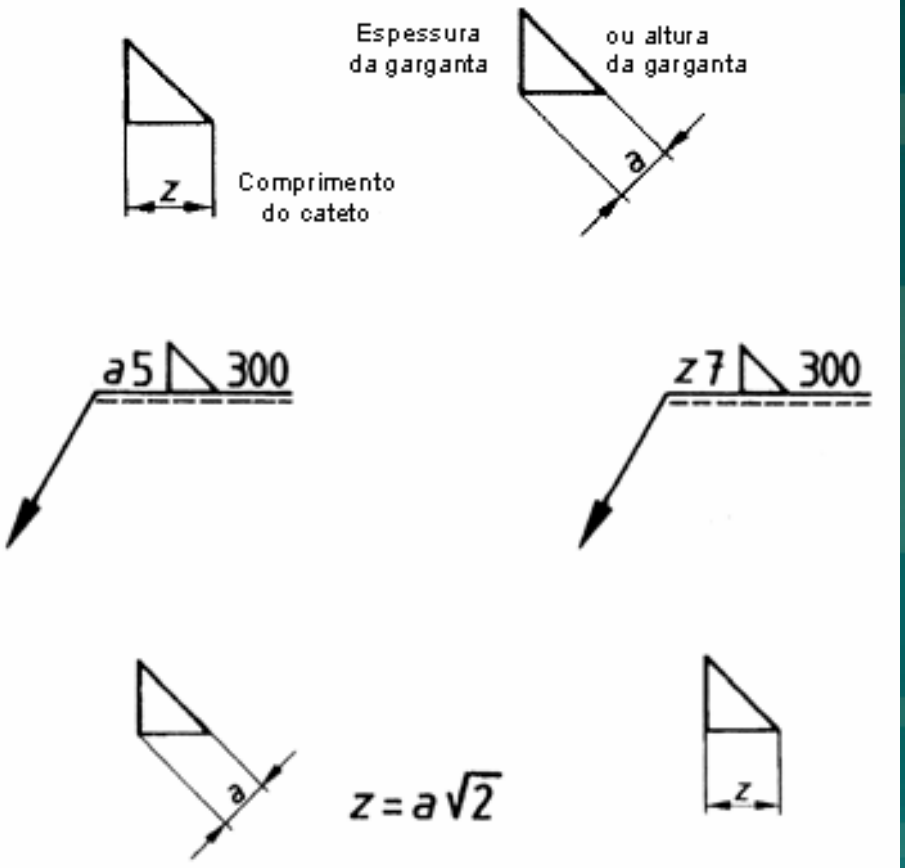


Nota: Para a **profundidade de penetração** das soldaduras de canto, as cotas são indicadas, por exemplo, como ***s*8*a*6**

Métodos de indicação de cotas para a profundidade de penetração de soldaduras de ângulo

Soldadura

- **Cotagem de cordões de soldadura:**

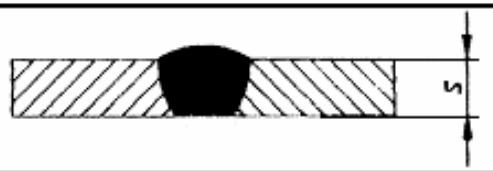
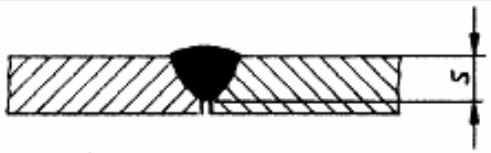
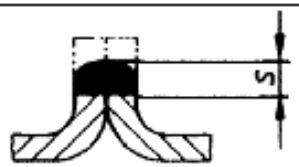
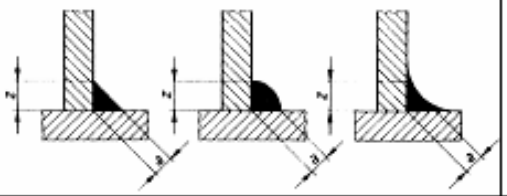
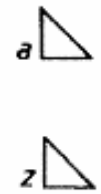


Métodos de indicação de cotas para cordões de ângulo (ou de canto)

Soldadura

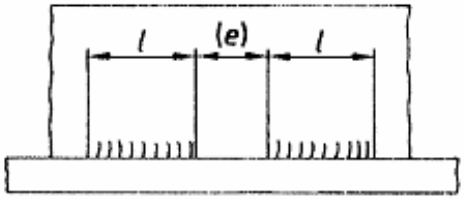
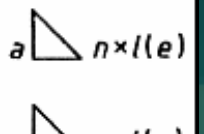
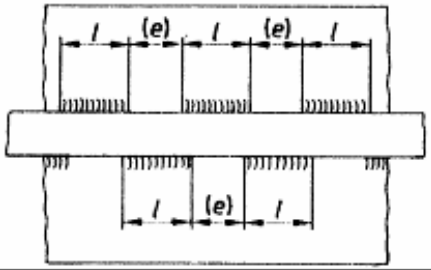
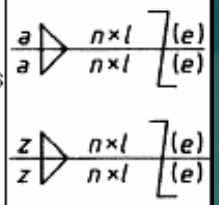
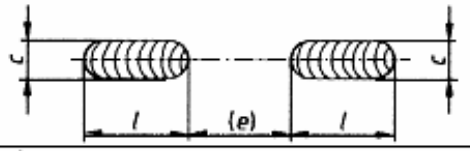
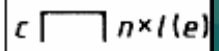
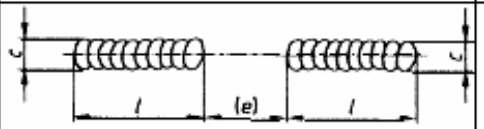
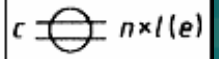
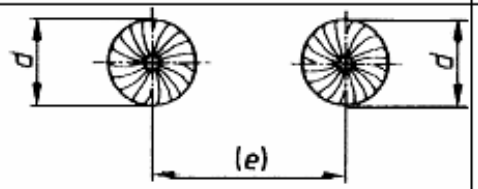
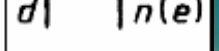
- **Cotagem de cordões de soldadura:**

Cotas principais

No.	Designação das soldauras	Ilustração	Definição	Inscrição
1	Soldadura topo-a-topo		**s** – distância mínima da superfície da chapa à raiz do cordão, que não pode ser superior à espessura da chapa mais fina.	
				
				
2	Soldadura de topo entre chapas com os bordos elevados		**s** – distância mínima da superfície exterior da soldadura à raiz do cordão.	
3	Soldadura de ângulo contínua		**a** – altura do maior triângulo isósceles que pode ser inscrito na secção. **z** – lado do maior triângulo isósceles que pode ser inscrito na secção.	

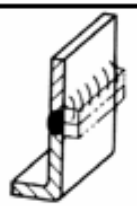
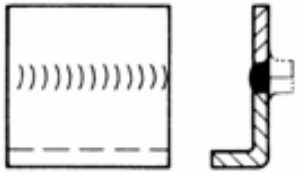
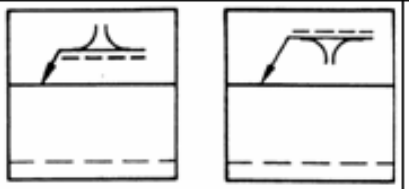
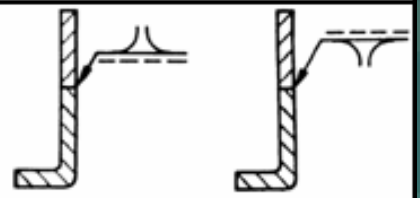
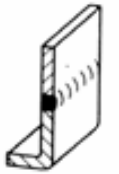
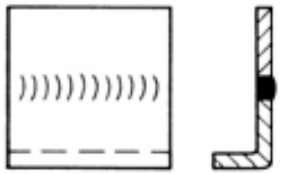
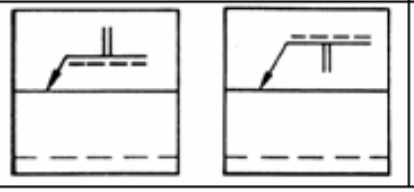
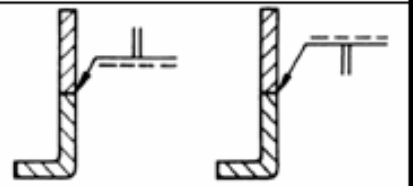
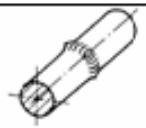
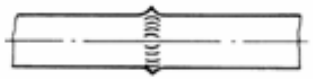
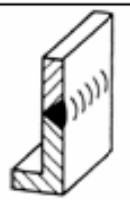
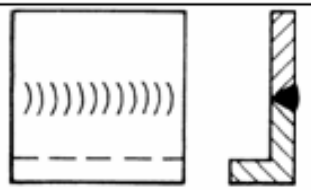
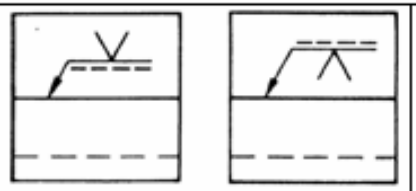
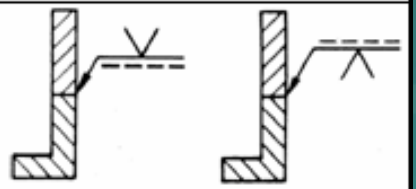
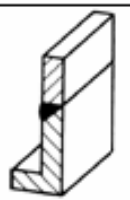
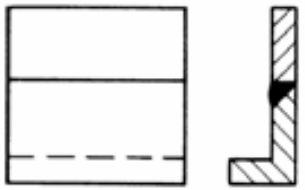
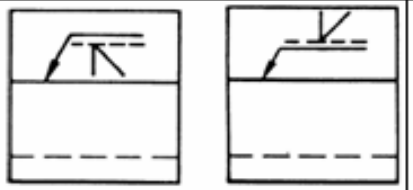
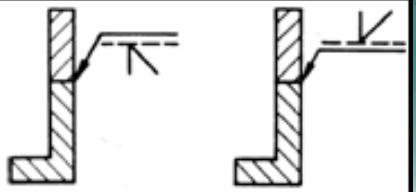
Soldadura

- **Cotagem de cordões de soldadura (cont.):**

4	Soldadura de ângulo descontínua		***l*** – comprimento da soldadura (sem as crateras terminais). **(*e*)** – distância entre elementos sucessivos do cordão. ***n*** – número de elementos de soldadura. ***a***, ***z***	
5	Soldadura de ângulo descontínua assimétrica (ou com elementos alternados)		***l*** – comprimento da soldadura (sem as crateras terminais). **(*e*)** – distância entre elementos sucessivos do cordão. ***n*** – número de elementos de soldadura. ***a***, ***z***	
6	Soldadura em entalhes		***l***, **(*e*)**, ***n*** ***c*** – largura dos entalhes.	
7	Soldadura em linha descontínua		***l***, **(*e*)**, ***n*** ***c*** – largura da soldadura.	
8	Soldadura em furos circulares (ou pernos de soldadura)		***n*** **(*e*)** – espaçamento. ***d*** – diâmetro dos furos.	

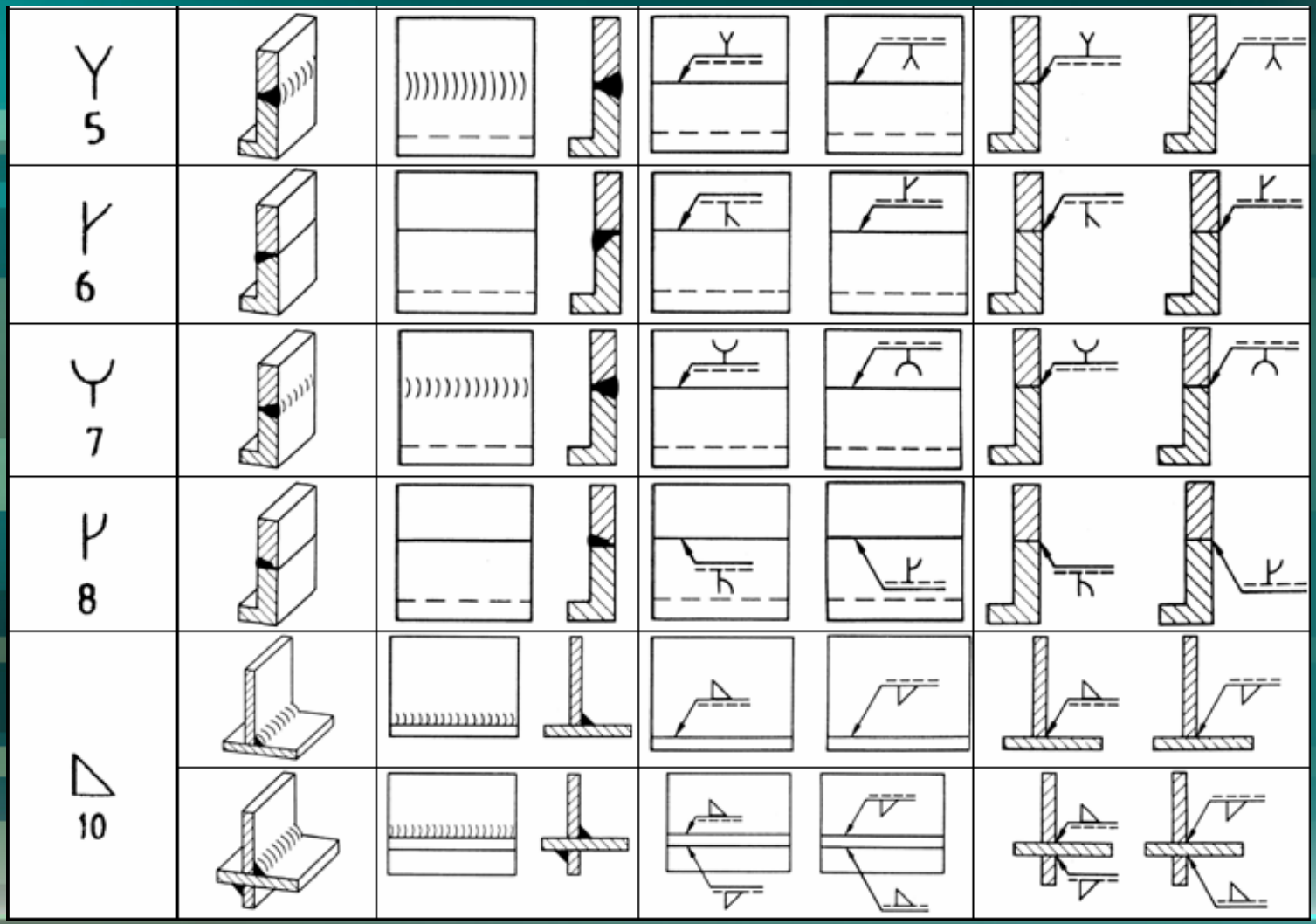
Soldadura

- Exemplos de utilização dos símbolos:

Símbolo No. (quadro 1)	Ilustração	Representação completa	Representação simbólica ou	ou
1				
2				
				
3				
4				

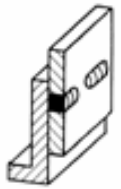
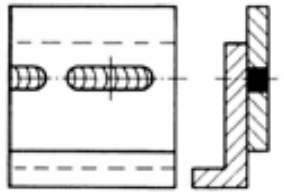
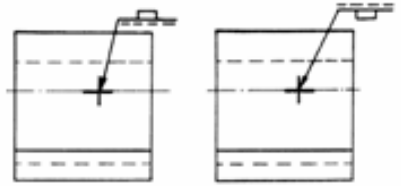
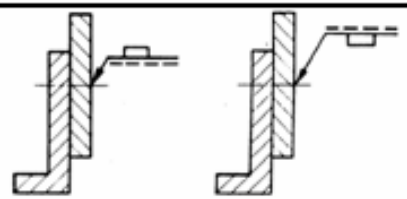
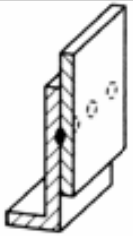
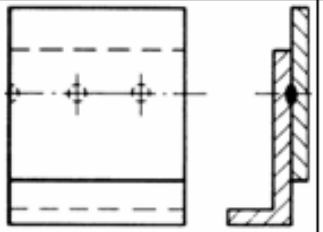
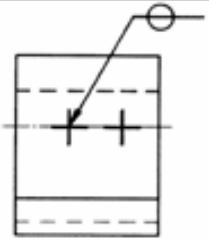
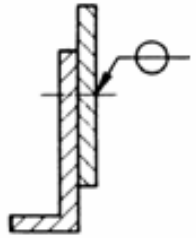
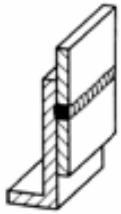
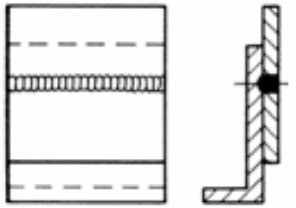
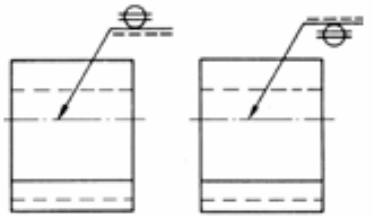
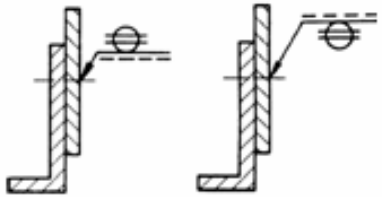
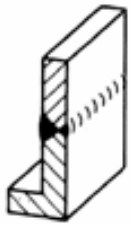
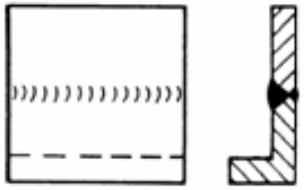
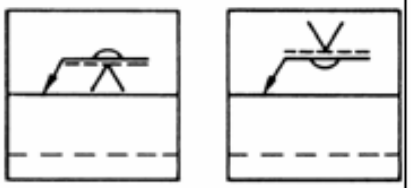
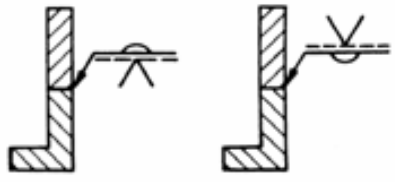
Soldadura

- Exemplos de utilização dos símbolos (cont.):



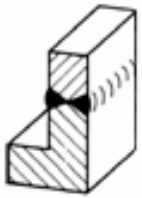
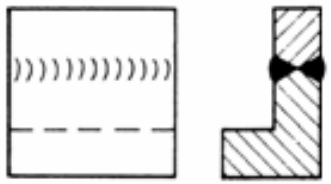
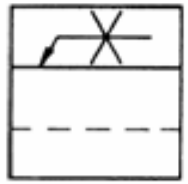
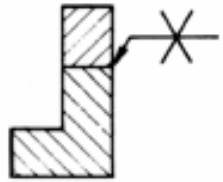
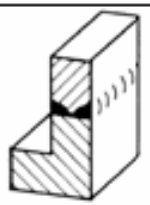
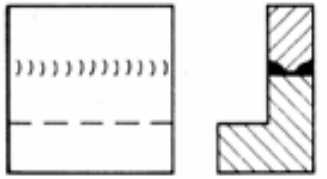
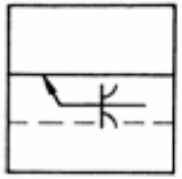
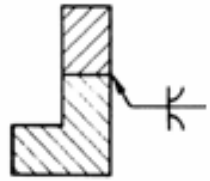
Soldadura

- Exemplos de utilização dos símbolos (cont.):

Símbolo No. (quadro 1)	Ilustração	Representação completa	Representação simbólica ou	ou
11				
12				
13				
3 e 9 3-9				

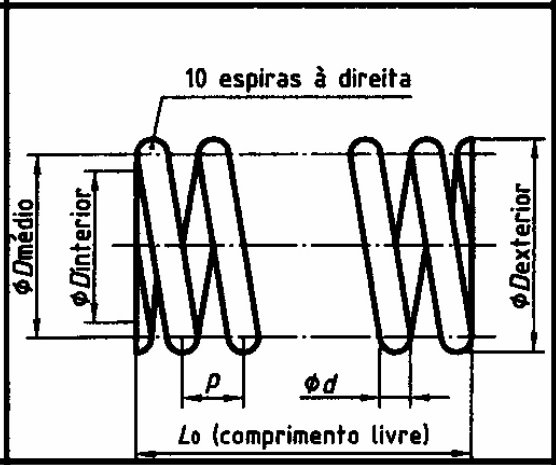
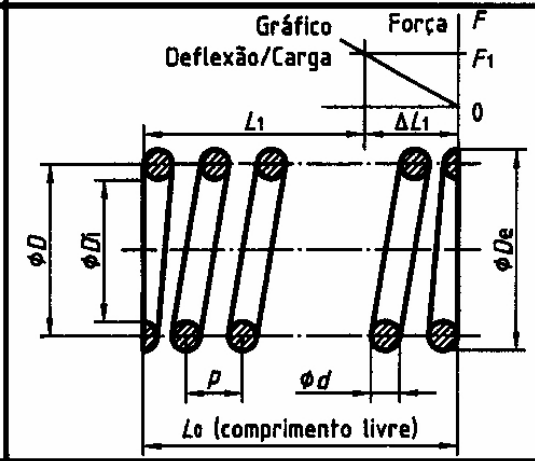
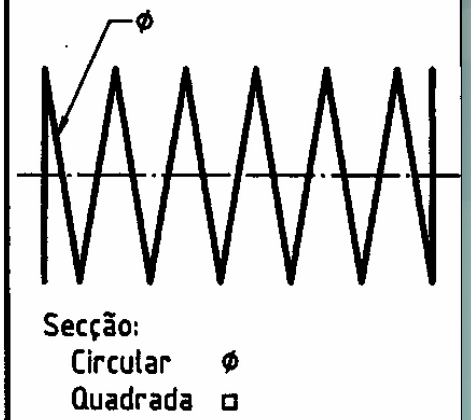
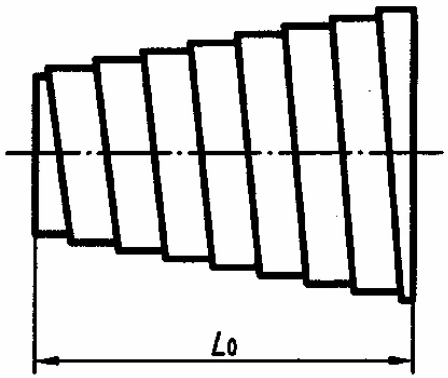
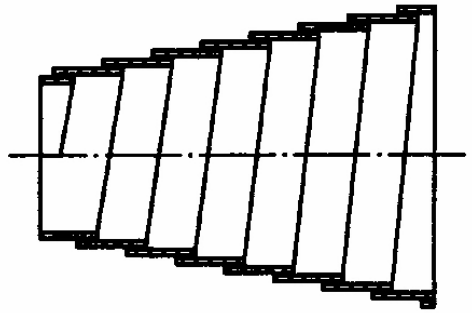
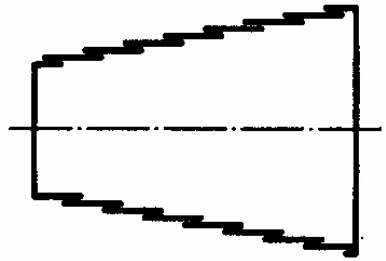
Soldadura

- Exemplos de utilização dos símbolos (cont.):

V 3 em X 3-3				
Y 8 Duplo J 8-8				

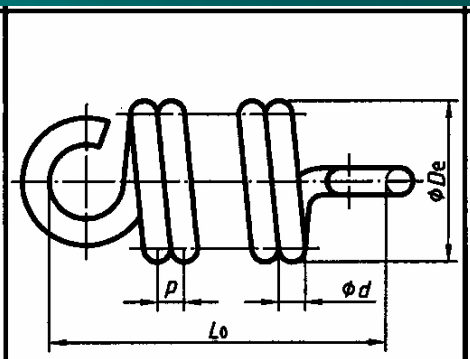
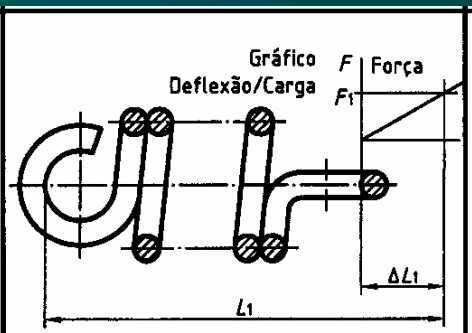
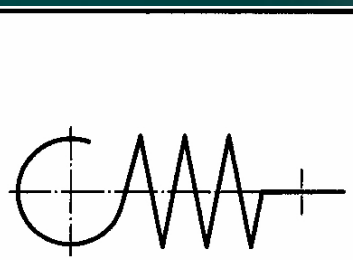
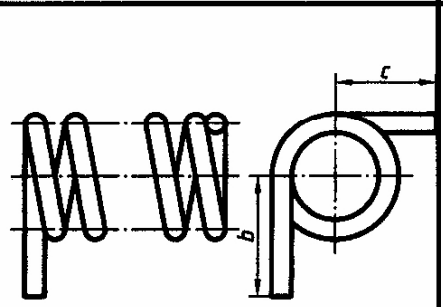
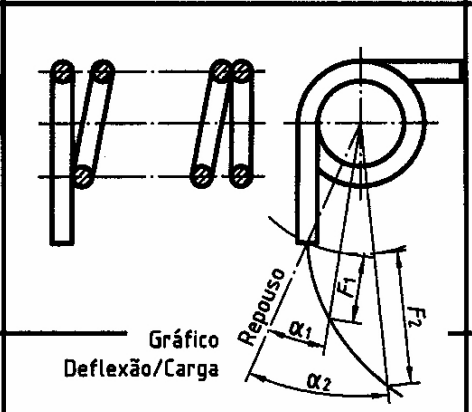
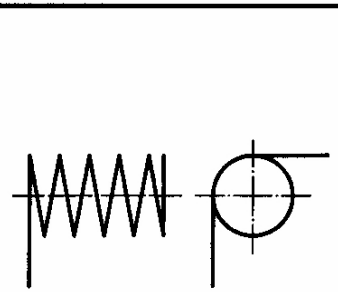
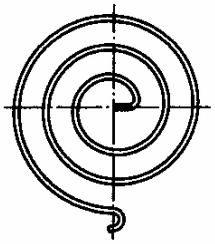
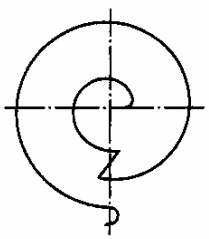
Molas

- Tipos e Representação:

Designação	Representação em vista exterior	Representação em corte	Represent. esquemática
Molas de compressão **Helicoidal cilindrica**			
Molas de compressão **Helicoidal cónica**			

Molas

- Tipos e Representação:

Molas de tracção **Helicoidal cilindrica**			
Molas de torção **Helicoidal cilindrica**			
Molas em espiral com fita de secção recta rectangular			



CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

Toleranciamento Geométrico

João Manuel R. S. Tavares

Bibliografia

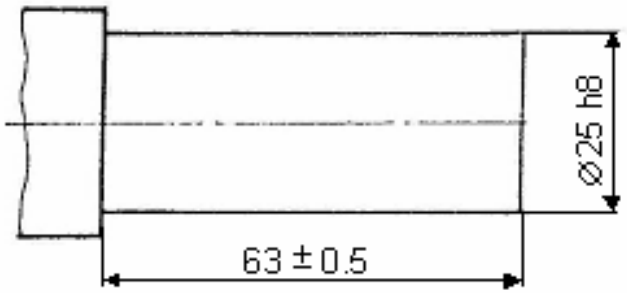
- Simões Morais, José Almacinha, “Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)”, AEFEUP, 2007
- Simões Morais, “Desenho técnico básico 3”, ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

Índice

- Tolerâncias Geométricas - Generalidades;
- Tolerâncias de forma;
- Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981);
- Tolerâncias de perfil;
- Tolerâncias de orientação;
- Tolerâncias de posição;
- Tolerâncias de concentricidade e de coaxialidade;
- Tolerância de simetria;
- Tolerâncias de batimento;
- Toleranciamento de cones.

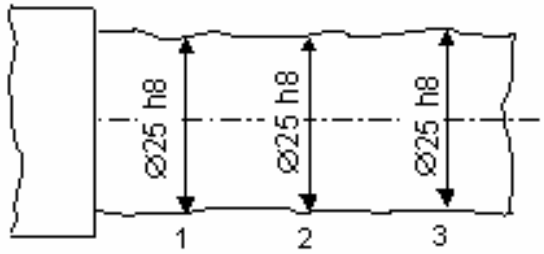
Tolerâncias Geométricas

- De acordo com o princípio de independência, uma cota linear e a sua tolerância limitam apenas o aspecto tamanho de um elemento geométrico. **Uma tolerância linear controla apenas os tamanhos locais reais de um elemento, mas não os seus desvios geométricos de forma.**



Toleranciamento ISO 8015

a) Desenho de definição



Tamanhos locais reais

$24{,}967 \text{ mm} \leq d_i \leq 25{,}000 \text{ mm}$

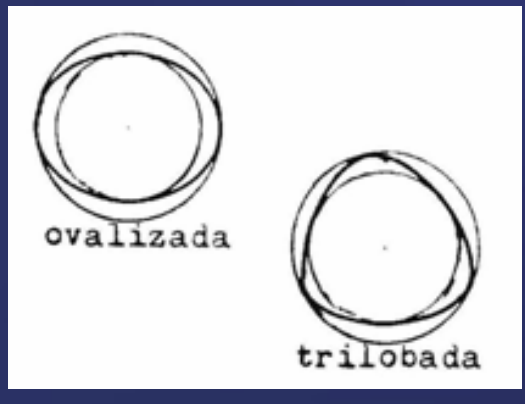
Ø25 h8 (IT8 = 0,033 mm)

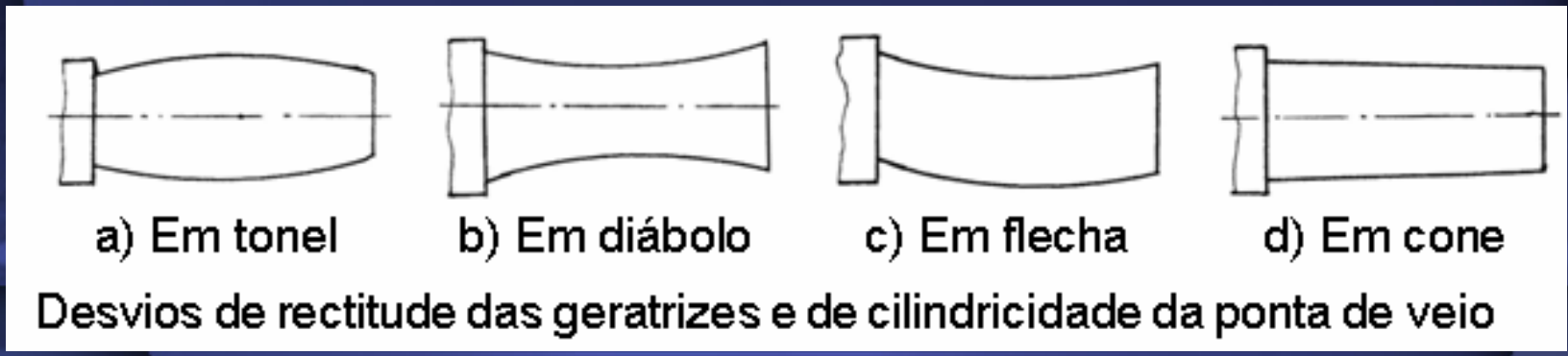
Em qualquer secção deverá verificar-se Ø25 h8.

b) Interpretação

Tolerâncias Geométricas

- **A verificação dimensional da ponta de veio**, em termos de tamanhos locais reais, efectuada com calibres de limites (calibre-maxila), **não permite controlar, em simultâneo, os desvios geométricos de forma**.





Desvios de rectitude das geratrizes e de cilindricidade da ponta de veio

Tolerâncias Geométricas

- Os **desvios geométricos de forma** podem ser resultado de um efeito combinado de diversos **factores de influência**, tais como:
  - a qualidade dos **sistemas de guiamento** das máquinas-ferramenta;
  - os **efeitos térmicos** derivados da temperatura;
  - as **tensões de trabalho**;
  - a deformação da peça derivada do seu **peso próprio**;
  - a **deficiente fixação** da peça;
  - o **desgaste dos órgão mecânicos** das máquinas-ferramenta;
  - etc.

Tolerâncias Geométricas

- Os **desvios geométricos** dos objectos produzidos podem ser:
  - **desvios de forma**: desvios que dizem respeito a elementos geométricos isolados, tais como, a rectitude , a circularidade, a planeza, etc.;
  - **desvios de orientação e de posição**: desvios que dizem respeito a elementos geométricos associados, tais como, paralelismo, perpendicularidade, localização, simetria, etc.;
  - **desvios de batimento**: desvios globais verificados durante a rotação de um elemento geométrico em torno de um eixo de referência.
- **Os desvios geométricos (macro e microgeométricos) têm influência no comportamento em funcionamento** (atrito, aderência, escorregamento, rotação, vedação, etc.) **das superfícies conjugadas de peças acopladas**.

Tolerâncias Geométricas

- **As tolerâncias geométricas só devem ser directamente prescritas no desenho quando são indispensáveis ao correcto funcionamento e à intermutabilidade** (eventualmente, também, à fabricação) **da peça.**
- **As tolerâncias geométricas devem ser prescritas tendo em conta os requisitos funcionais**. Os requisitos de fabricação e de controlo podem ter, também, influência sobre o toleranciamento geométrico.
- **Uma tolerância geométrica aplicada a um elemento define a zona de tolerância**, no interior da qual deve estar compreendido esse elemento.

Tolerâncias Geométricas

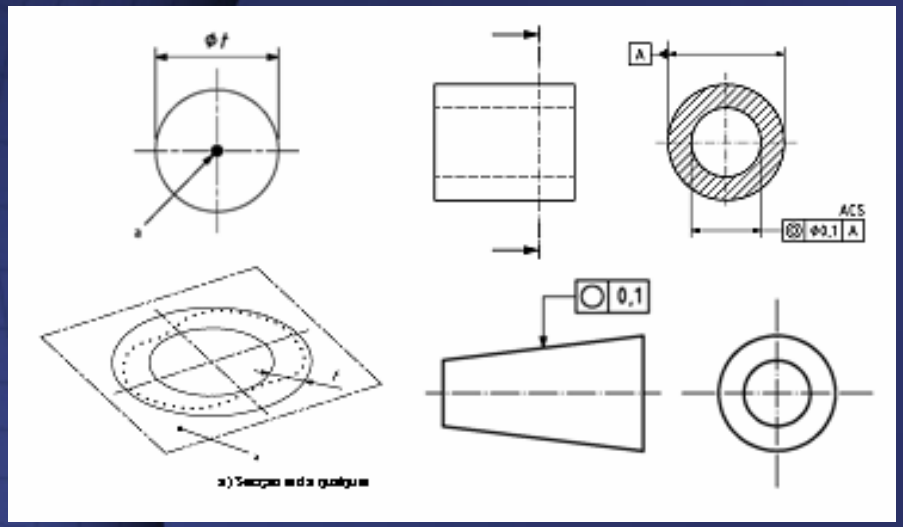
- Um **elemento (geométrico)** é uma parte específica de uma peça, tal como, por exemplo, **um ponto, uma linha ou uma superfície**.
- Esses elementos **podem ser elementos integrais** (por exemplo, a superfície externa de um cilindro) **ou ser derivados** (por exemplo, uma linha mediana ou uma superfície mediana).
  Neste contexto, os termos **"eixo" e "plano mediano" são utilizados para elementos derivados de forma perfeita**, e os termos **"linha mediana" e "superfície mediana" são utilizados para elementos derivados de forma imperfeita**.

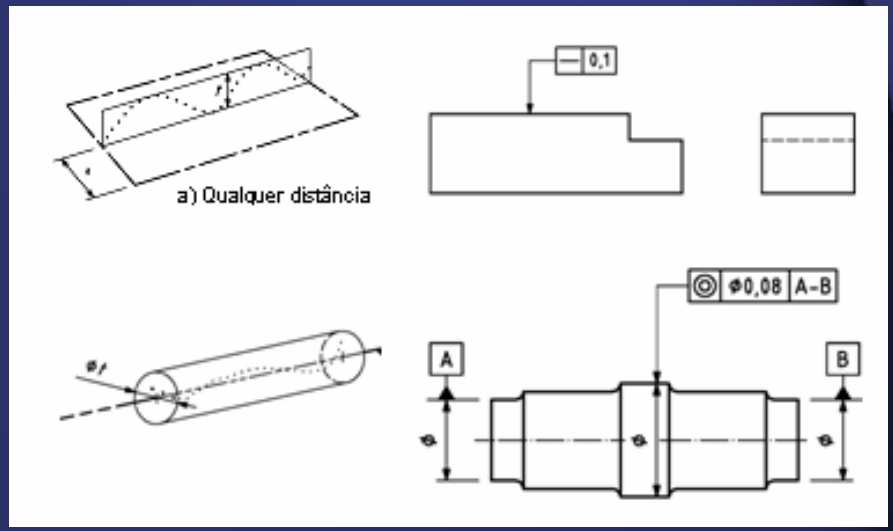
Tolerâncias Geométricas

- A **zona de tolerância é o espaço limitado** por uma ou várias linhas ou superfícies geometricamente perfeitas e caracterizado por uma dimensão linear chamada **tolerância**. **A zona de tolerância pode ser**:
  - o espaço no **interior de um círculo**;
  - o espaço **entre duas circunferências concêntricas**;
  - o espaço **entre duas linhas equidistantes ou duas linhas rectas paralelas**;
  - o espaço no **interior de um cilindro**;
  - o espaço **entre duas superfícies equidistantes ou dois planos paralelos**;
  - o espaço no **interior de uma esfera**.

Tolerâncias Geométricas

- **Zonas de tolerância:**

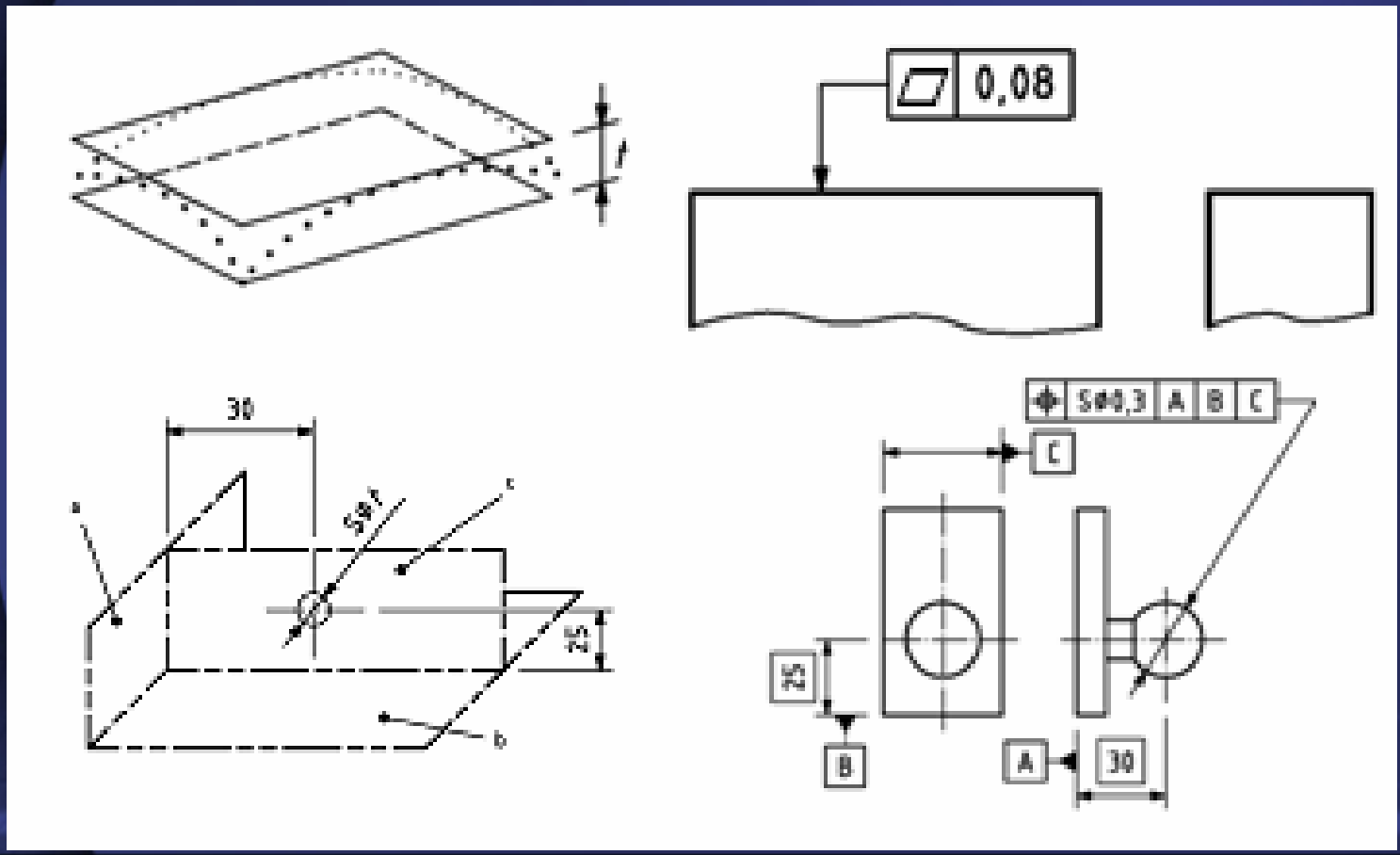




- A forma ou a orientação do elemento toleranciado pode ser qualquer, no interior da zona de tolerância, salvo indicação em contrário.
- A tolerância aplica-se a toda a extensão do elemento considerado, salvo indicação em contrário.

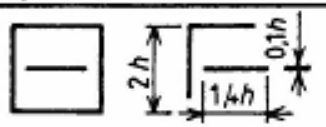
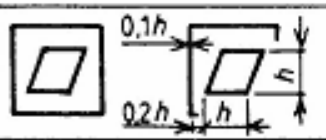
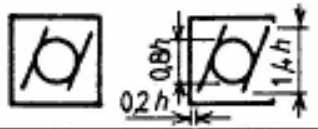
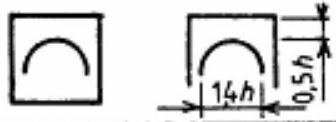
Tolerâncias Geométricas

- **Zonas de tolerância:**



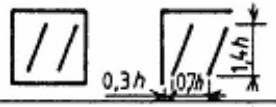
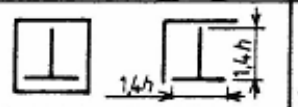
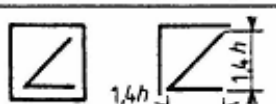
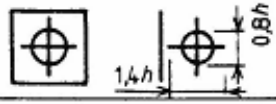
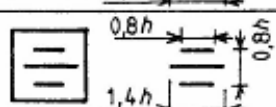
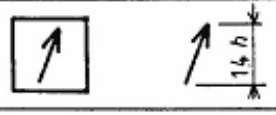
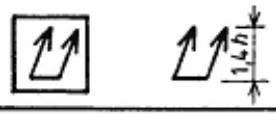
Tolerâncias Geométricas

- Símbolos para características toleranciadas:

CARACTERÍSTICA A TOLERANCIAR		SÍMBOLO DIMENSÕES	TOLERÂNCIA (mm) (FINA) reduzida	(MÉDIA) larga	Dimensão do elemento a considerar no cálculo da tolerância
TOLERÂNCIAS DE FORMA (ver Nota)					
ELEMENTOS ISOLADOS	RECTITUDE		0,02 mm/m	0,1 mm/m	do comprimento do elemento
	PLANEZA		0,04 mm/m	0,1 mm/m	da maior dimensão lateral da superfície ou de ∅
	CIRCULARIDADE		IT 5 do diâmetro	IT 8 do diâmetro	
	CILINDRICIDADE		0,02 mm/m	0,04 mm/m	da maior dimensão entre ∅ e L (comprimento)
	PERFIL DE UMA LINHA QUALQUER				
	PERFIL DE UMA SUPERFÍCIE QUALQUER				

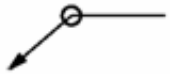
Tolerâncias Geométricas

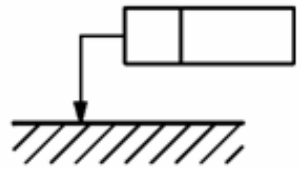
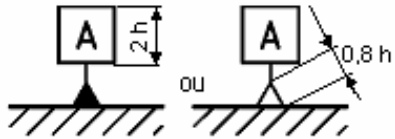
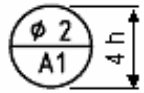
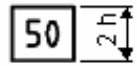
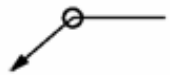
- Símbolos para características toleranciadas (cont.):

	TOLERÂNCIAS DE ORIENTAÇÃO				
ELEMENTOS ASSOCIADOS	PARALELISMO		IT5	IT9	da distância entre faces
	PERPENDICULARIDADE		0,1 mm/m	0,4 mm/m	da dimensão perpendicular à referência
	INCLINAÇÃO OU ANGULARIDADE		0,1 mm/m	0,4 mm/m	da dimensão inclinada em relação à referência
	TOLERÂNCIAS DE POSIÇÃO				
	LOCALIZAÇÃO DE UM ELEMENTO		0,02 mm	IT 11	da distância do elemento à referência
	CONCENTRICIDADE COAXIALIDADE		0,005 mm	0,02 mm	
	SIMETRIA		0,02 mm	IT 11 largura	
	TOLERÂNCIAS DE BATIMENTO (ou OSCILAÇÃO)				
	BATIMENTO CIRCULAR				
	BATIMENTO TOTAL				
OBS:	$h = 10\,d$ (d = espess. do traço fino)	h (altura das letras e algarismos das cotas) = 2,5 , 3,5 ou 5			

Tolerâncias Geométricas

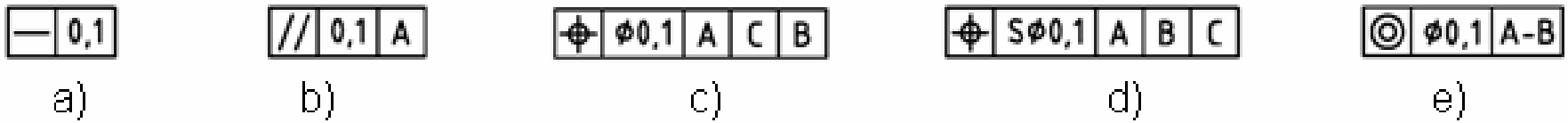
- Símbolos complementares:

A toda a volta (perfil)	
Requisito de envolvente	Ⓔ
Zona comum ("common zone")	CZ
Diâmetro interior ("minor diameter")	LD
Diâmetro exterior ("major diameter")	MD
Diâmetro primitivo ("pitch diameter")	PD
Elemento de linha ("line element")	LE
Não convexo ("not convex")	NC
Secção recta qualquer ("any cross-section")	ACS

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
Indicação do elemento toleranciado	
Indicação do elemento de referência	
Indicação de referência parcial	
Cota teoricamente exacta	
Zona de tolerância projectada	
Requisito do máximo de matéria	Ⓜ
Requisito do mínimo de matéria	Ⓛ
Condição no estado livre (peças não rígidas)	Ⓕ
A toda a volta (perfil)	

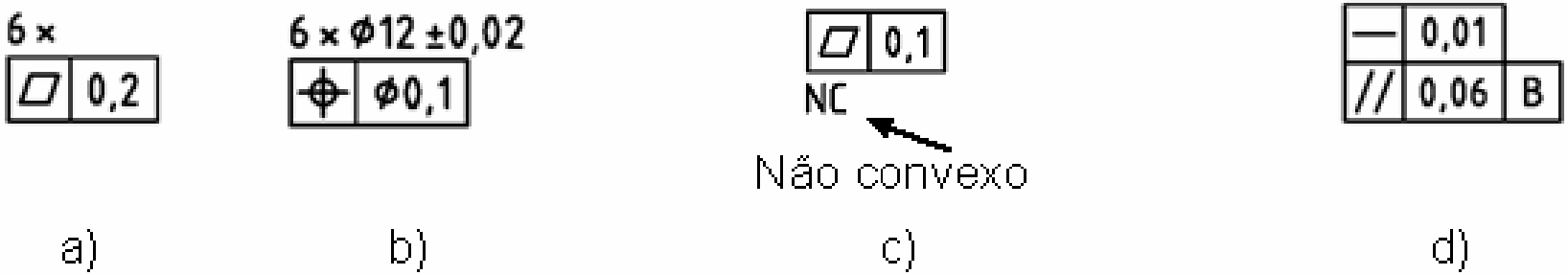
Tolerâncias Geométricas

- Os **requisitos de tolerâncias geométricas são indicados num quadro rectangular** dividido em dois ou mais compartimentos. Estes compartimentos devem conter:
  - o símbolo da característica geométrica a toleranciar;
  - o valor da tolerância, na unidade utilizada na cotagem linear [mm], eventualmente precedido do símbolo "Φ" ou "$S\Phi$";
  - a(s) letra(s) que permite(m) identificar a referência especificada, o sistema de referência ou a referência especificada comum, conforme o caso.

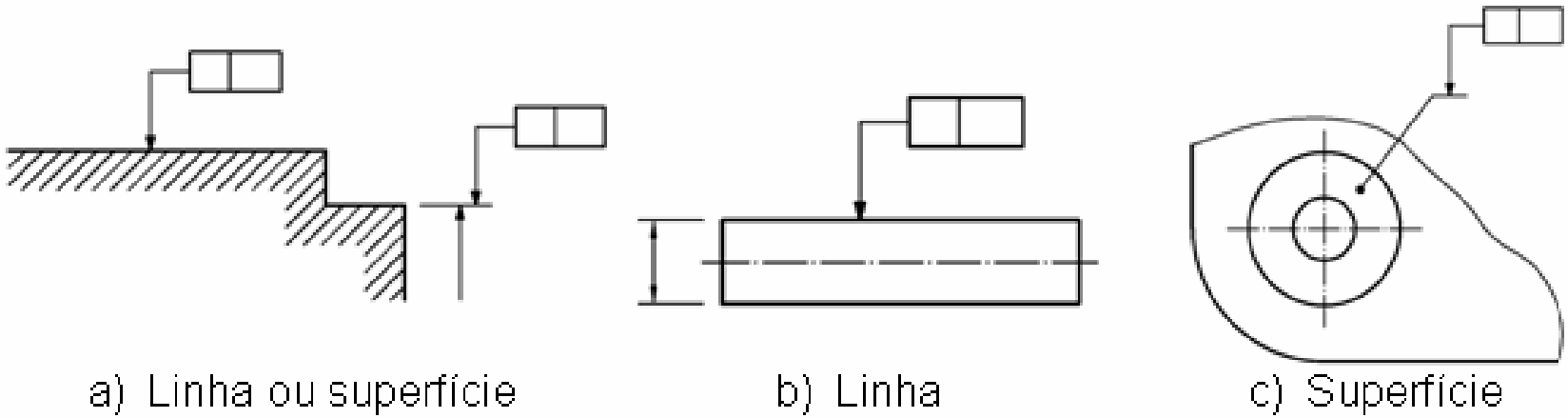


Quadros de tolerância

Tolerâncias Geométricas

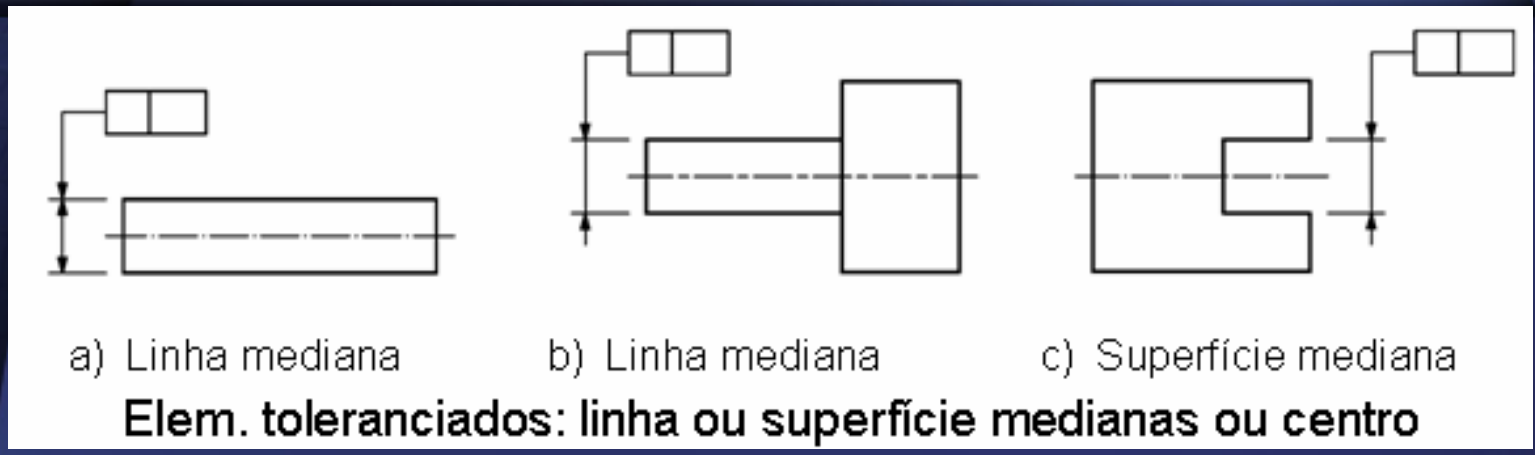


Quadros de tolerância – indicações complementares

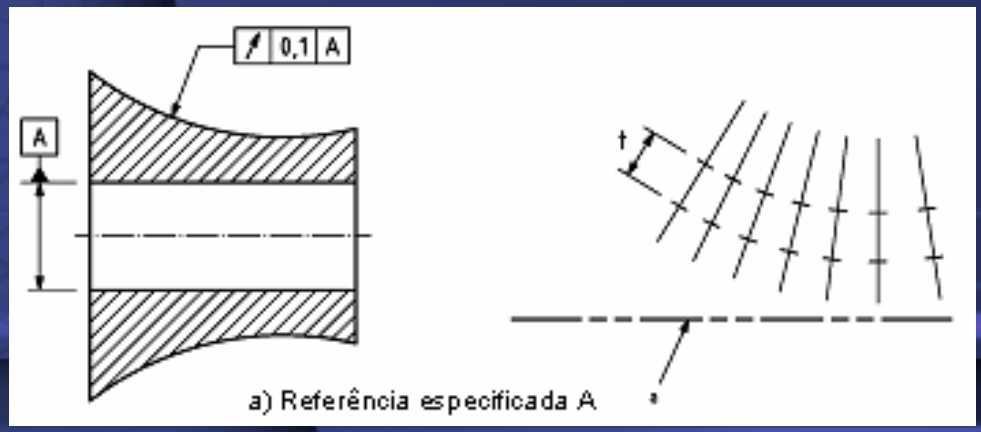


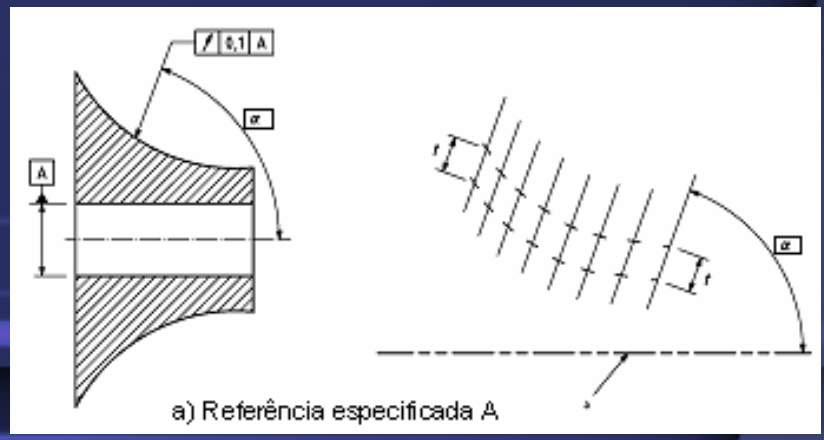
Elementos toleranciados: a linha ou a superfície representadas

Tolerâncias Geométricas

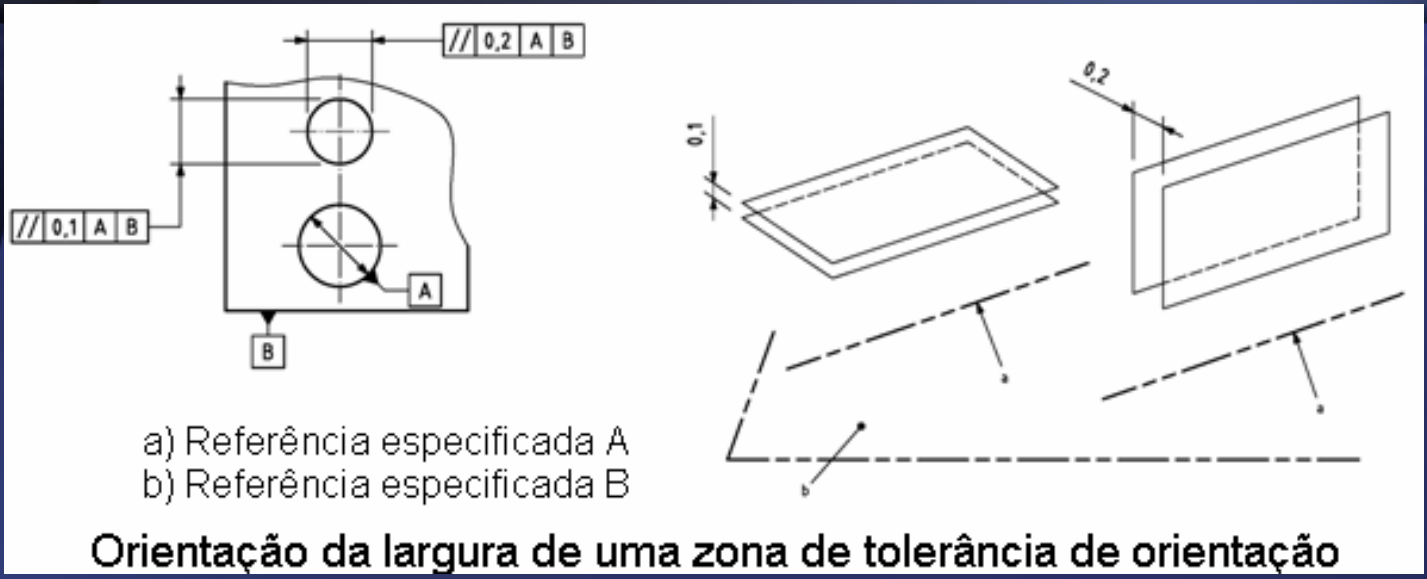


- A **largura da zona de tolerância** é estabelecida **segundo a direcção normal** à geometria especificada, salvo indicação em contrário.

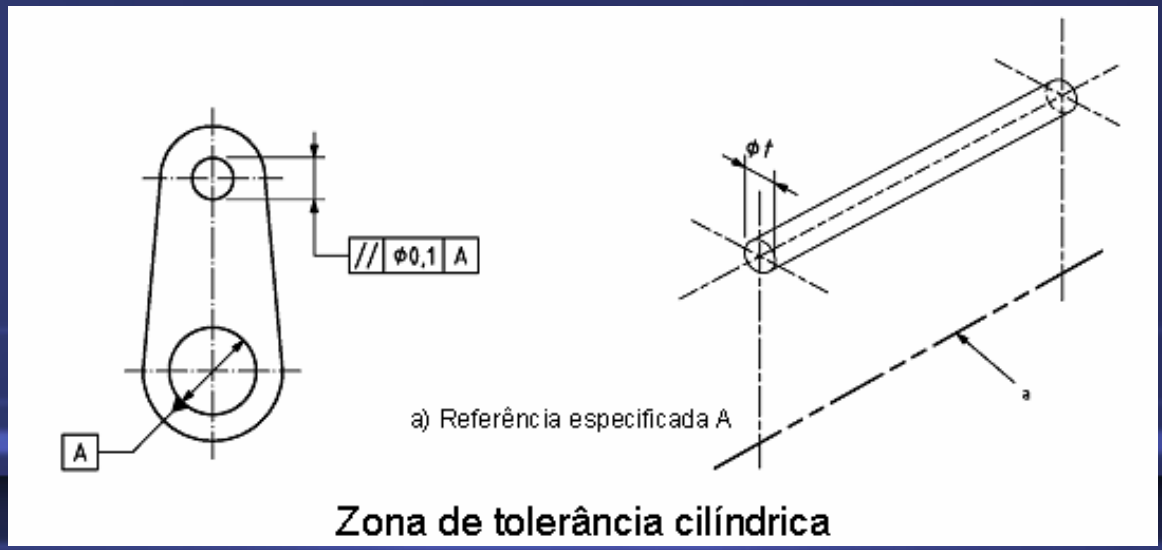




Tolerâncias Geométricas



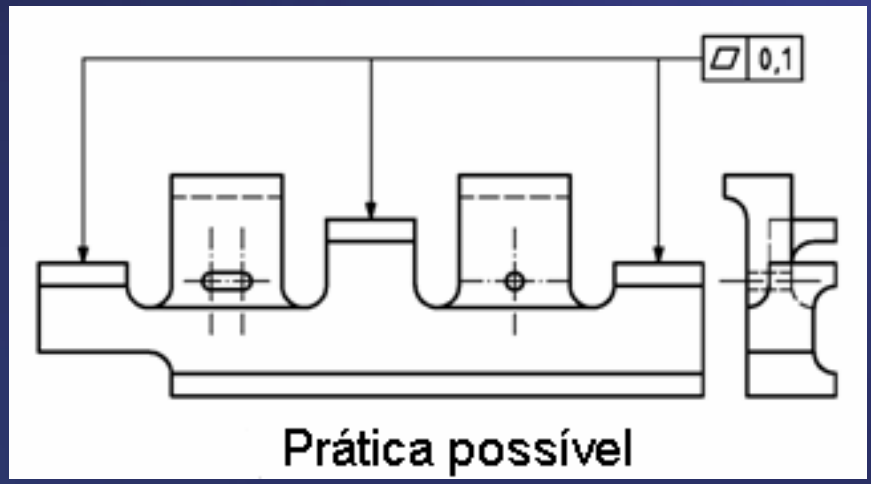
Orientação da largura de uma zona de tolerância de orientação



Zona de tolerância cilíndrica

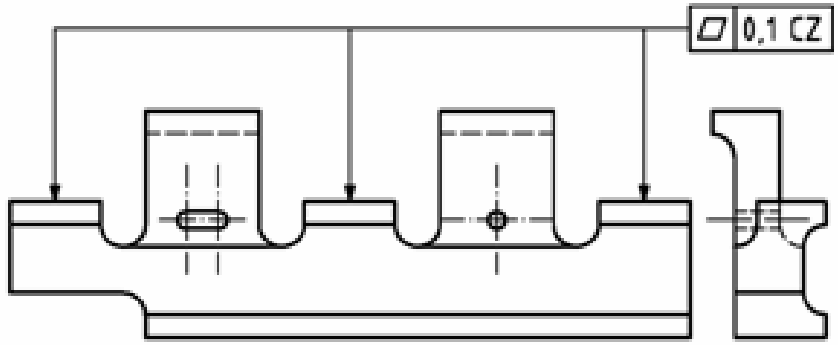
Tolerâncias Geométricas

- Zonas de **tolerância individuais com o mesmo valor**:



Prática possível

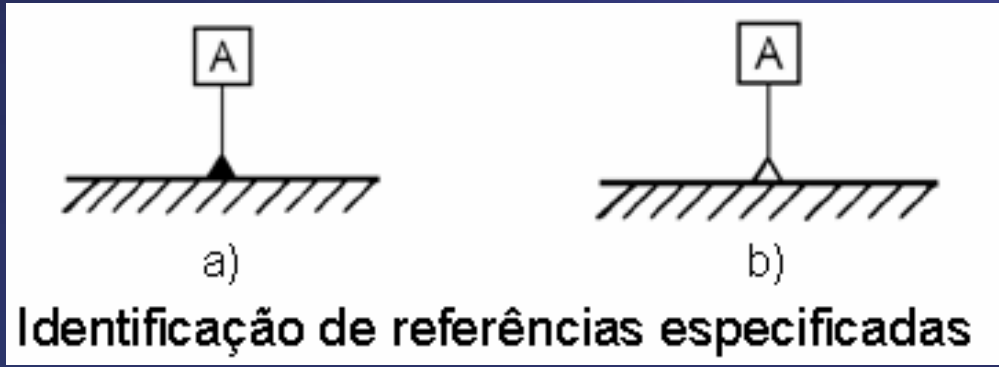
- Requisito de **zona comum** (CZ):



Requisito de zona comum aplicado a vários elementos

Tolerâncias Geométricas

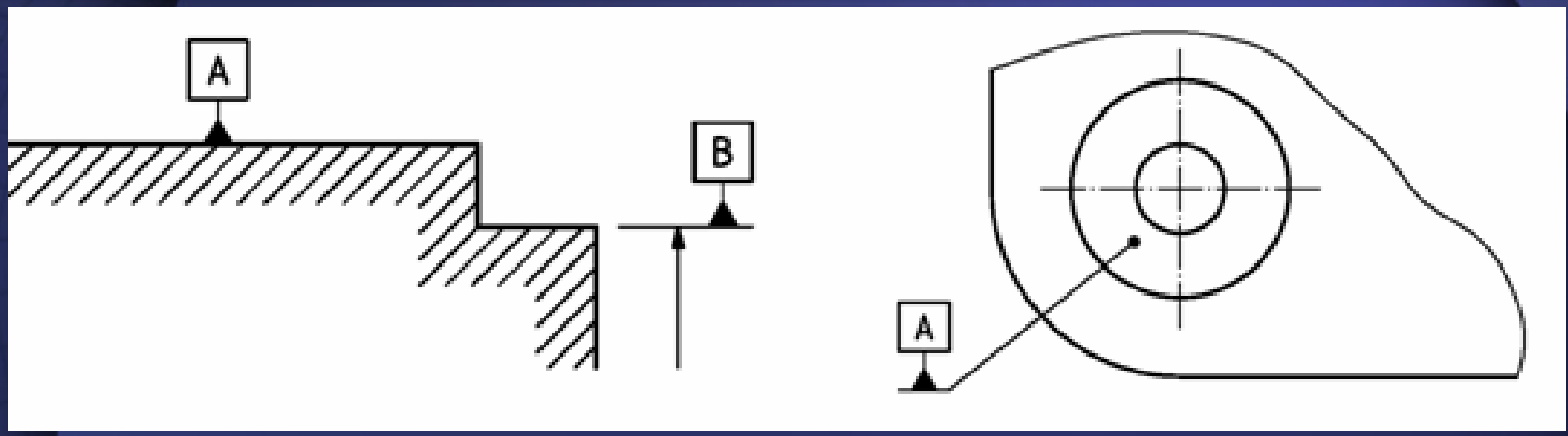
- Referências especificadas:

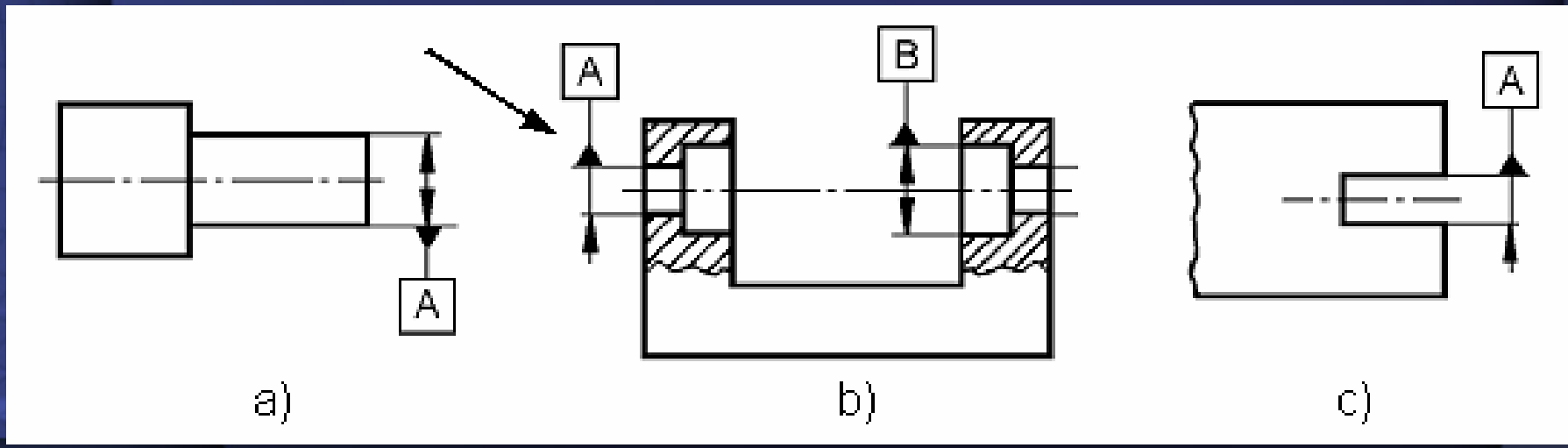


Identificação de referências especificadas

- O **triângulo** com a letra de referência **deve ser colocado**:
  - **Sobre o contorno do elemento ou na sua extensão**, **ou sobre uma linha de referência**, ligada à superfície através de uma linha de indicação quando o elemento de referência é a linha ou a superfície representada.
  - **No prolongamento da linha de cota**, quando a referência especificada é o eixo, o plano mediano ou o centro do elemento assim cotado. Uma das setas pode ser substituída pelo triângulo de referência.

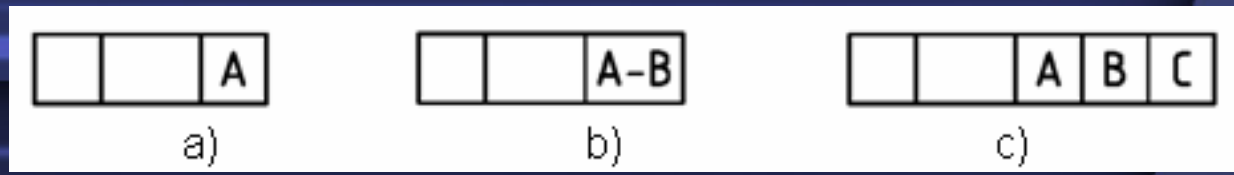
Tolerâncias Geométricas





Tolerâncias Geométricas

- Uma **referência especificada simples**, estabelecida através de um único elemento, é **identificada por uma letra maiúscula**.
- Uma **referência especificada comum**, formada por dois elementos, é **identificada por duas letras separadas por um traço de união**.
- Se **um sistema de referências especificadas** é estabelecido por dois ou três elementos (referências múltiplas), as letras das referências especificadas são indicadas da esquerda para a direita, na ordem de prioridade dos elementos e em compartimentos diferentes.

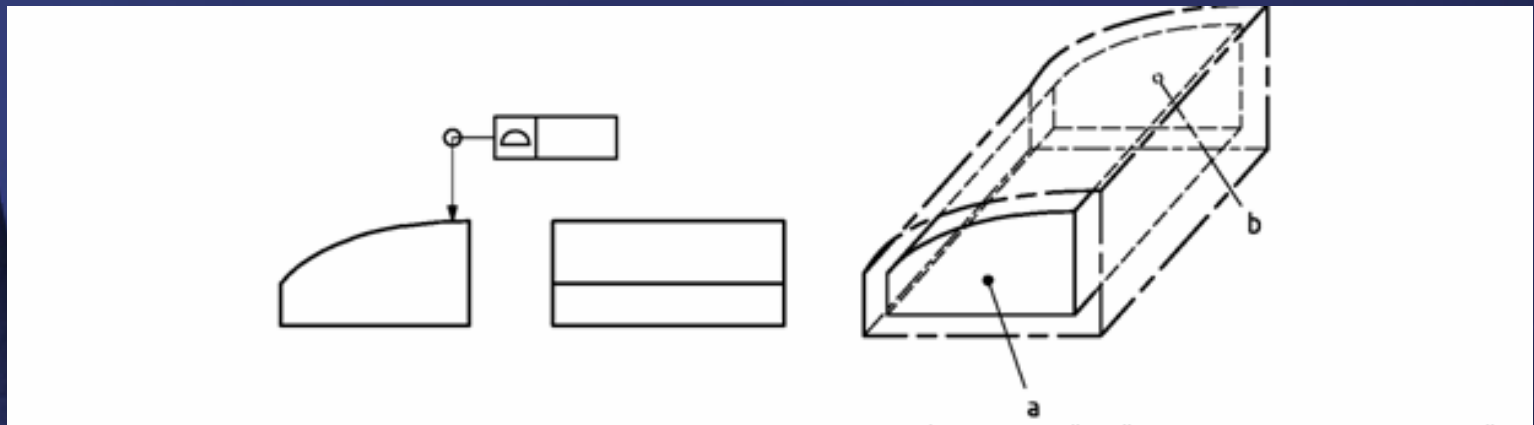


Tolerâncias Geométricas

- Indicações complementares:



Tolerância de perfil de uma linha qualquer “a toda a volta”

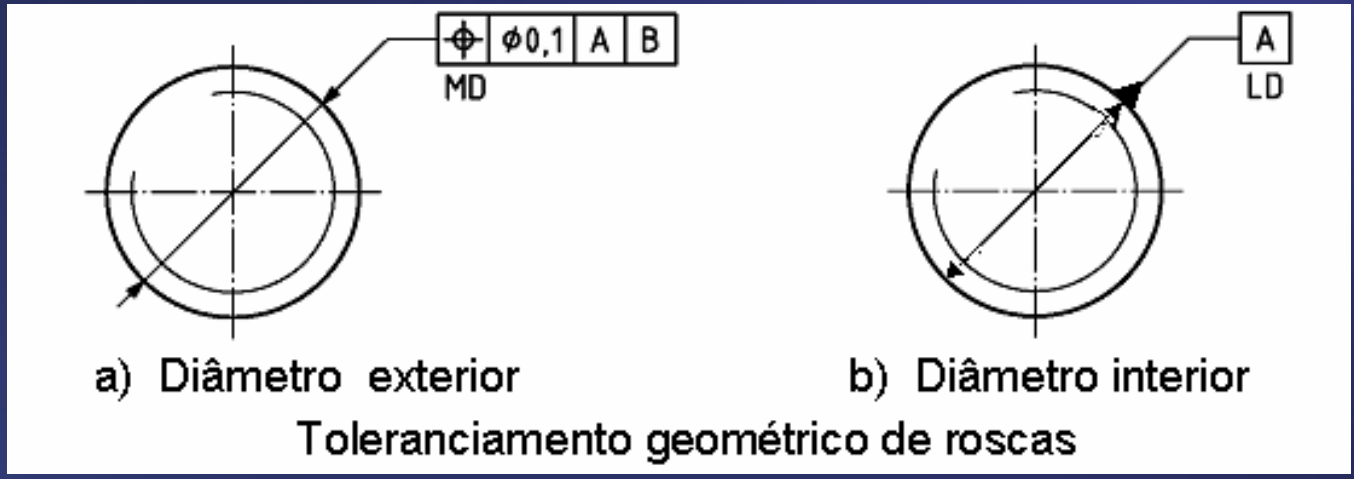


As linhas a traço longo-ponto indicam os elementos considerados. As superfícies a e b não são consideradas na especificação

Tolerância de perfil de uma superfície qualquer “a toda a volta”

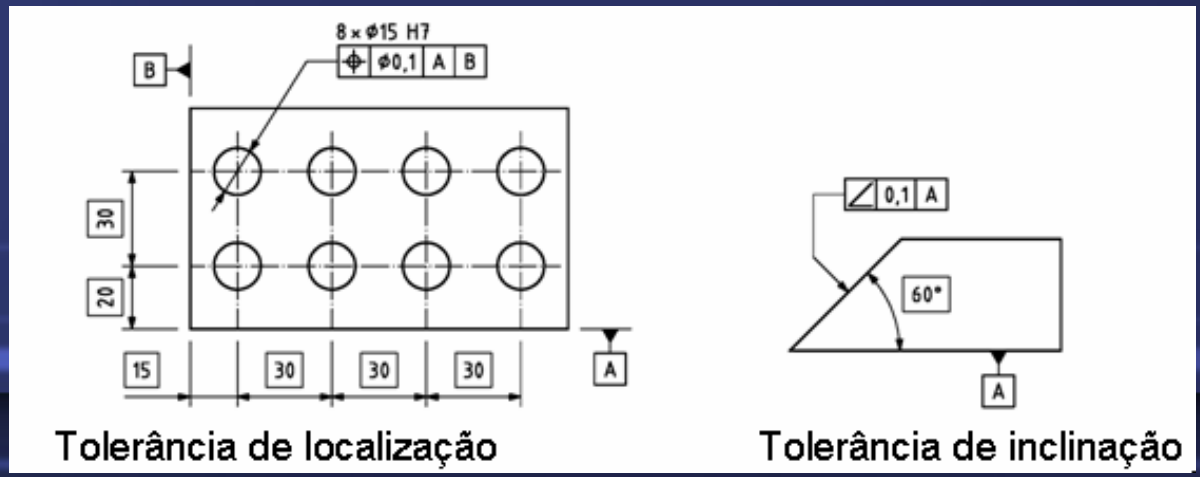
Tolerâncias Geométricas

- Indicações complementares:



Toleranciamento geométrico de roscas

- **Cotas** teoricamente **exactas**:

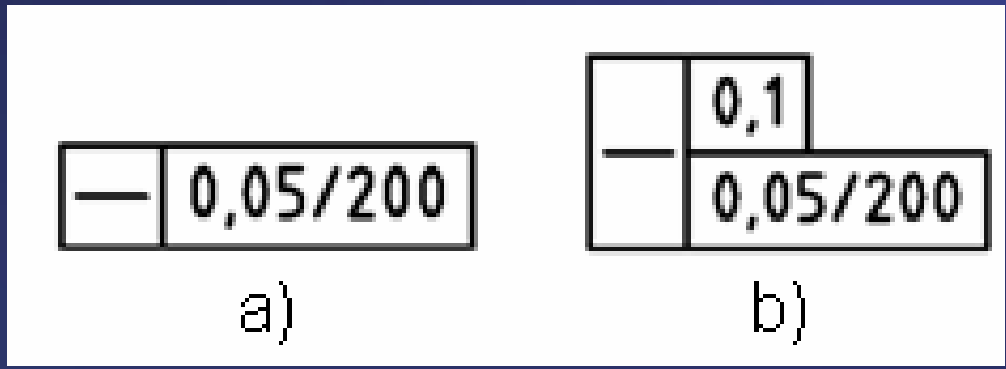


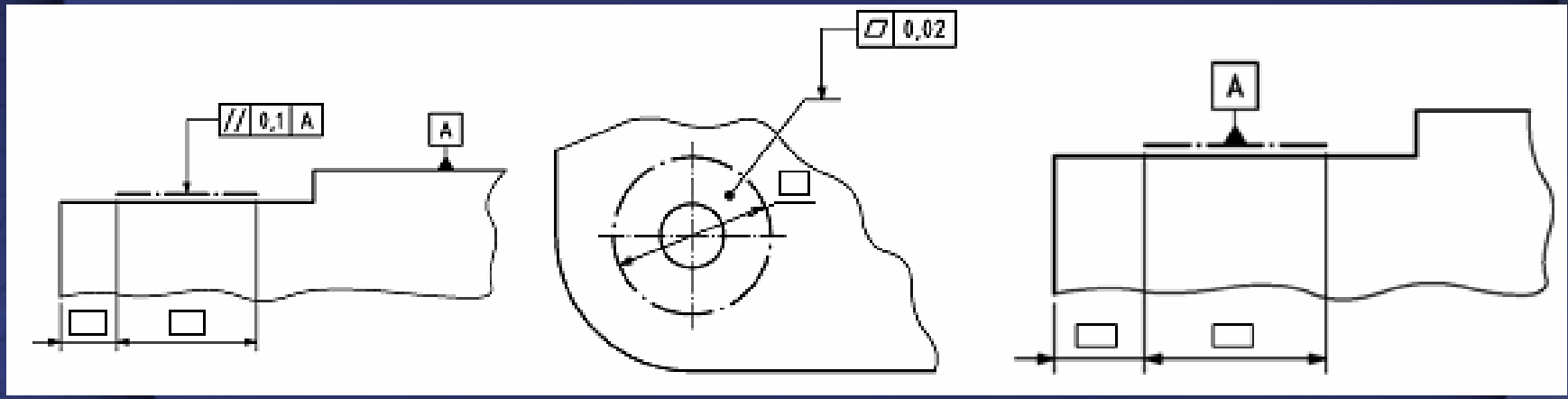
Tolerância de localização

Tolerância de inclinação

Tolerâncias Geométricas

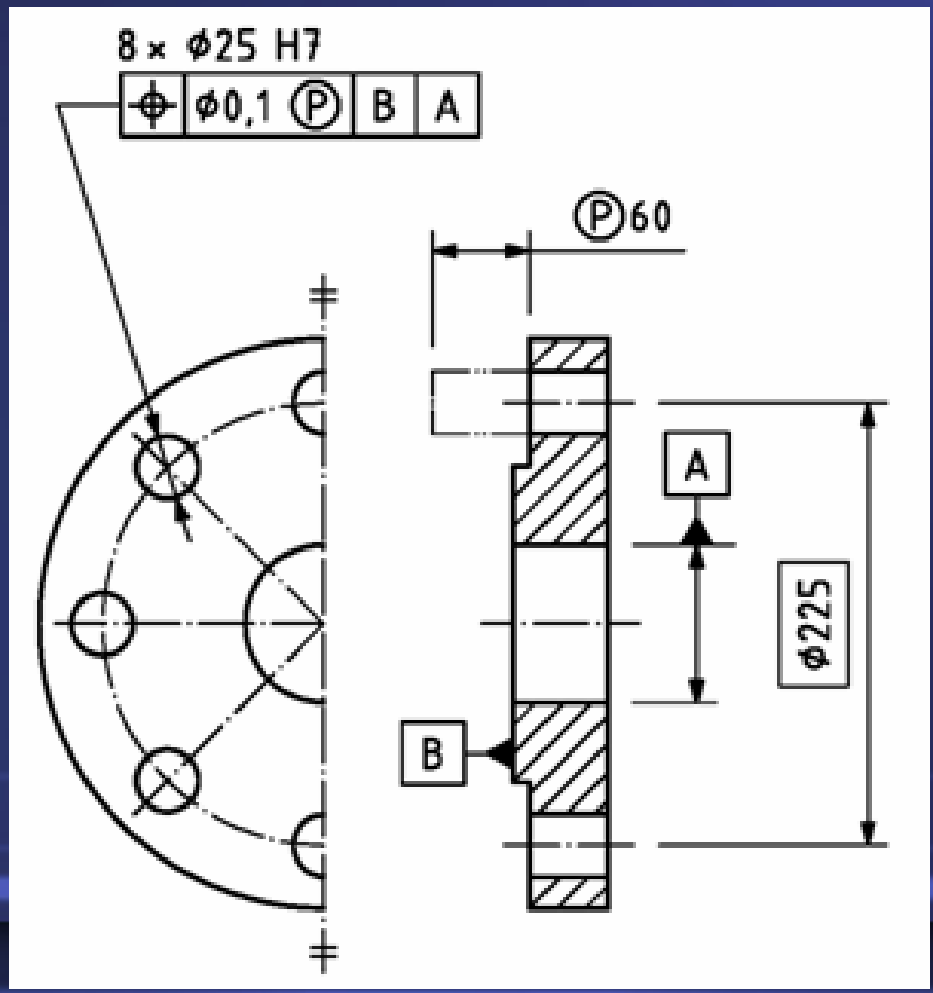
- Especificações restritivas:





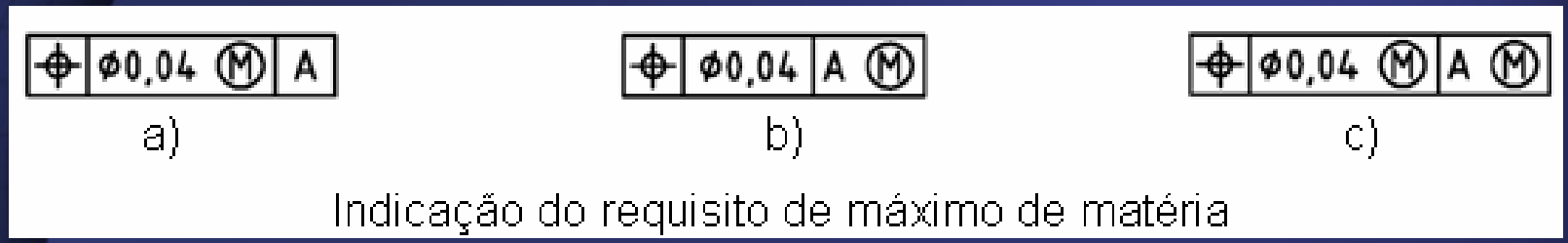
Tolerâncias Geométricas

- **Zona de tolerância projectada:**

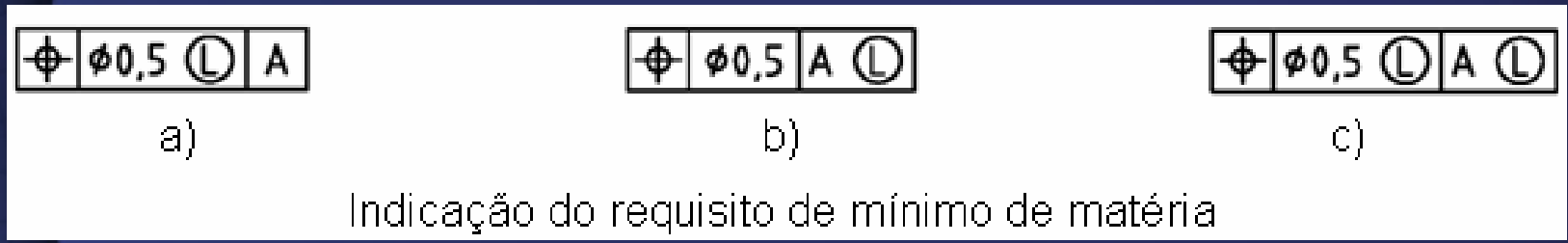


Tolerâncias Geométricas

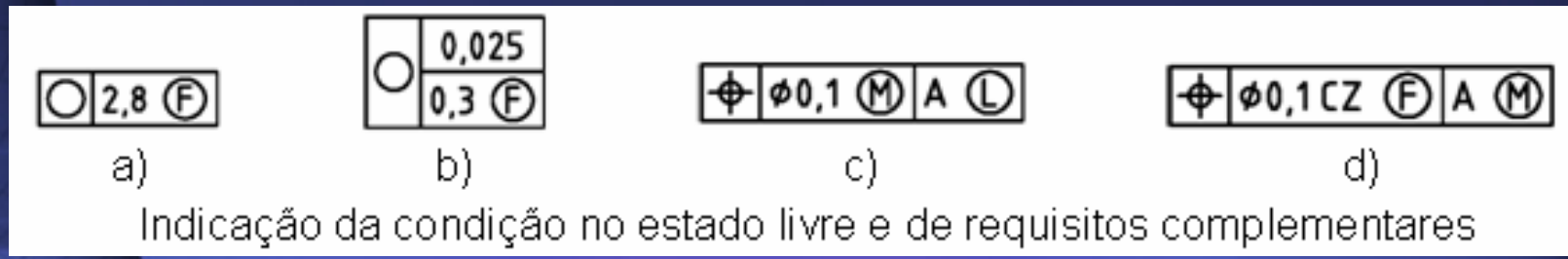
- Requisitos particulares:



Indicação do requisito de máximo de matéria



Indicação do requisito de mínimo de matéria



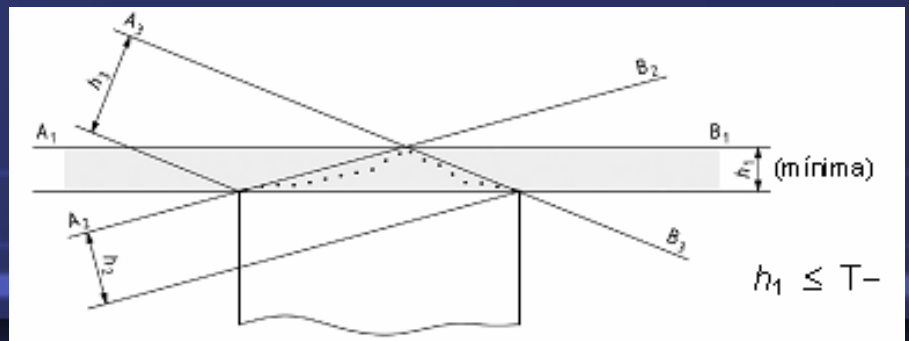
Indicação da condição no estado livre e de requisitos complementares

Tolerâncias Geométricas

- Relação entre tolerâncias geométricas:
  - **Certos tipos de tolerâncias**, que limitam os desvios geométricos de um elemento, **limitam**, **ao mesmo tempo**, **outros desvios** desse elemento.
  - tolerância de posição > tolerância de orientação > tolerância de forma > tolerância de ondulação.

Tolerâncias de forma

- Tolerância de **rectitude:**
  - A **rectitude é**, por definição, **uma propriedade de uma linha recta**. **Caracteriza uma linha** (aresta, linha mediana ou linha de uma superfície), mas não é suficiente para caracterizar uma superfície no seu conjunto.
  - A tolerância de rectitude é, basicamente, **utilizada para o controlo da forma de superfícies cilíndricas e cónicas**.
  - O valor especificado para a tolerância de rectitude não deve ser maior do que os valores de outras tolerâncias de forma, de orientação ou de posição especificadas em conjunto.

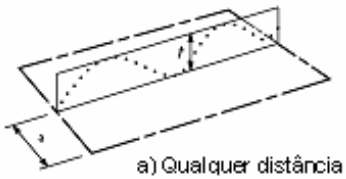
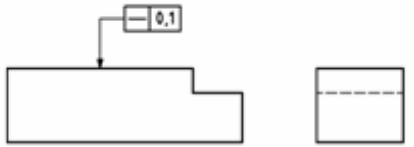
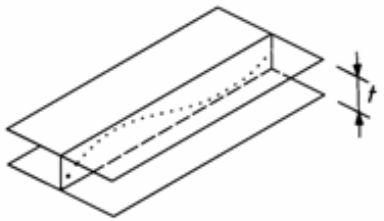
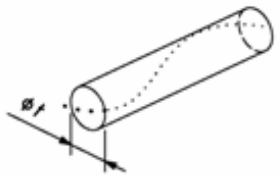
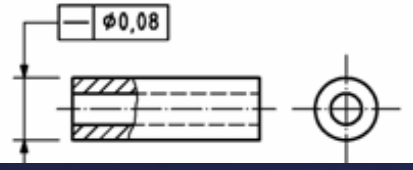


Definição da zona de tolerância de rectitude

Tolerâncias de forma

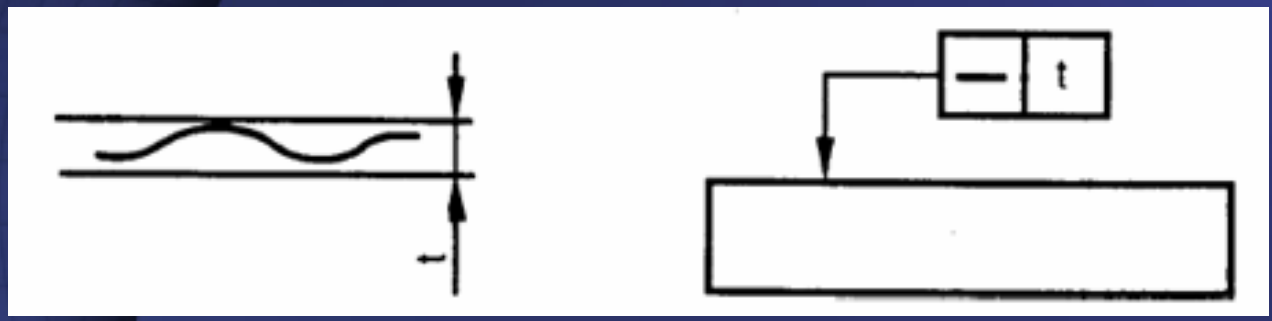
- Tolerância de **rectitude:**

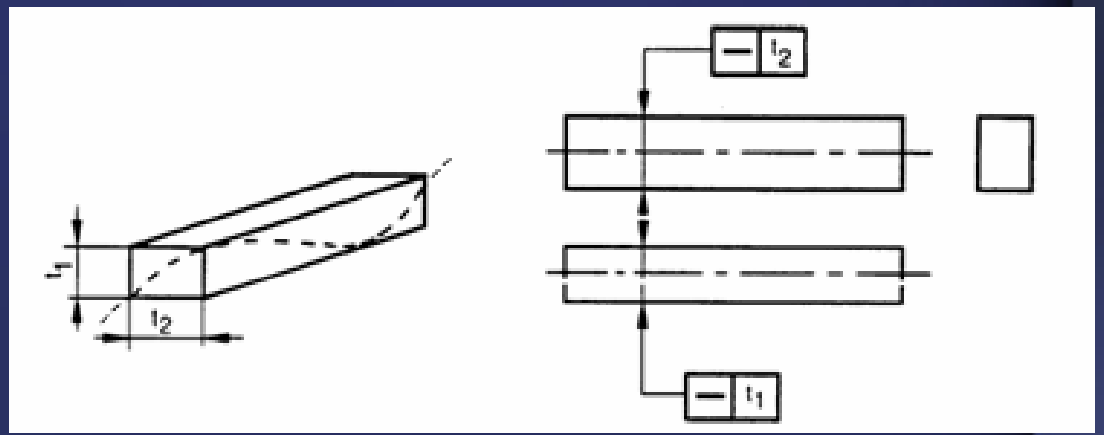
Tolerância de rectitude (símbolo —)

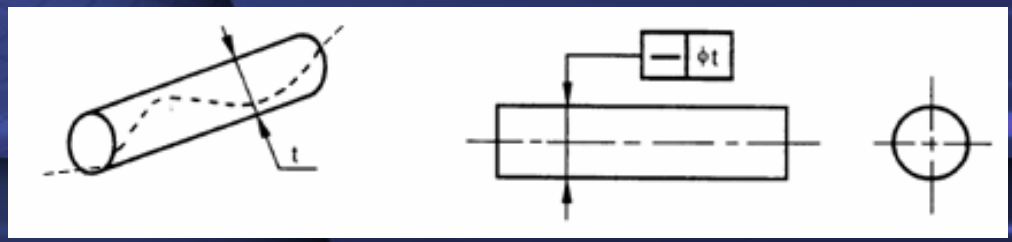
Definição da zona de tolerância	Indicação e interpretação
A zona de tolerância, no plano considerado, está limitada por duas linhas rectas paralelas, distantes entre si de *t*, unicamente na direcção especificada.  a) Qualquer distância	Uma linha extraída (real) qualquer da superfície superior, paralela ao plano de projecção no qual a indicação está dada, deve estar contida entre duas linhas rectas paralelas e distantes, entre si, de 0,1. 
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos, distantes entre si de *t*. 	Uma linha geratriz extraída (real) qualquer da superfície cilíndrica deve estar compreendida entre dois planos paralelos e distantes, entre si, de 0,1. Nota: A definição de linha geratriz extraída não está ainda normalizada 
A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro *t*, quando o valor da tolerância é precedido do símbolo ⌀. 	A linha mediana extraída (real) do cilindro ao qual se aplica a tolerância deve estar compreendida numa zona cilíndrica de 0,08 de diâmetro. 

Tolerâncias de forma

- Tolerância de **rectitude (exemplos):**





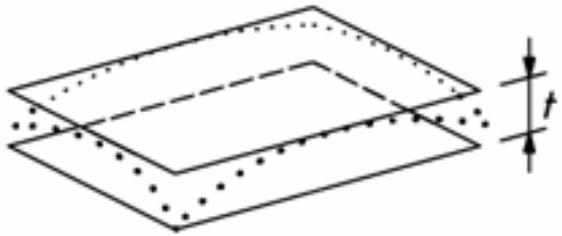


Tolerâncias de forma

- Tolerância de **planeza**:
  - A planeza é uma **propriedade de um plano**. **Caracteriza uma superfície**.
  - O desvio de planeza **é a distância mínima entre dois planos paralelos que contém o conjunto dos pontos da superfície medida**.
  - Esta tolerância é utilizada para controlar superfícies planas e, frequentemente, para qualificar uma superfície como uma referência primária.
  - Quando a superfície considerada está associada com uma cota de tamanho, a tolerância de planeza deve ser menor do que a tolerância dimensional.

Tolerâncias de forma

- Tolerância de **planeza**:

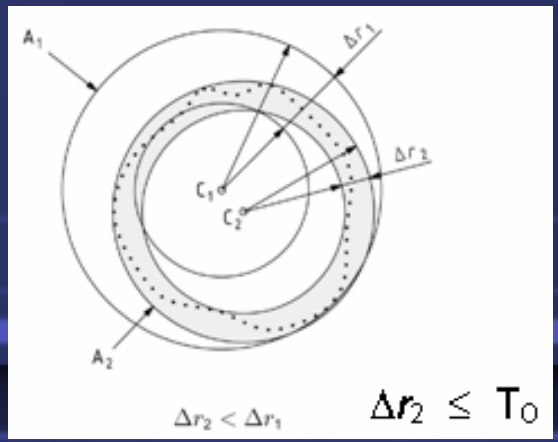
Tolerância de planeza (símbolo ▱)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos, distantes entre si de *t*. 	A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,08. 



Definição da zona de tolerância de planeza

Tolerâncias de forma

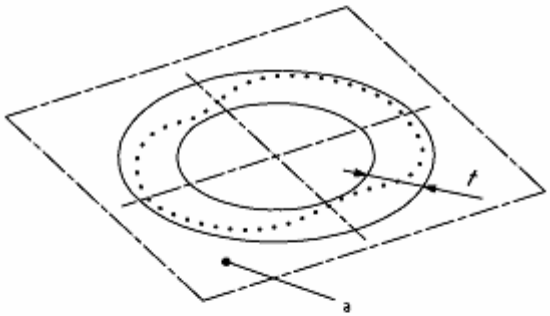
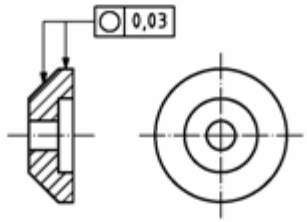
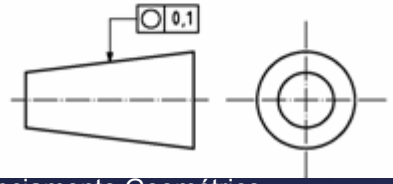
- Tolerância de **circularidade**:
  - A **circularidade é**, por definição, uma **propriedade de um círculo**. Caracteriza uma linha circular, mas não é suficiente para definir, no seu conjunto, uma superfície de revolução.
  - O desvio de circularidade **é a distância radial mínima entre duas circunferências concêntricas e complanares que contêm o conjunto dos pontos do perfil analisado**.
  - A tolerância de circularidade deve ser $T_o < T_D$, excepto para as peças sujeitas a variação no estado livre.



Tolerâncias de forma

- Tolerância de **circularidade**:

Tolerância de circularidade (símbolo ○)

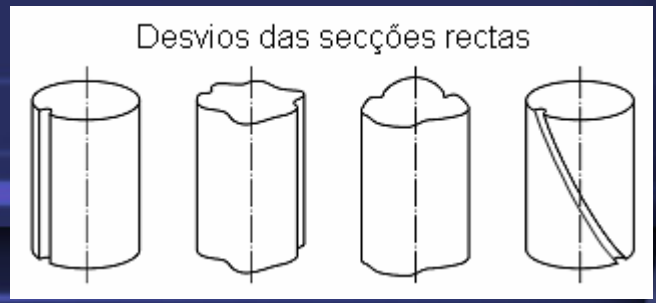
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
A zona de tolerância, na secção recta considerada, está limitada por duas circunferências concêntricas e com uma diferença de raios de *t*.	A linha circunferencial extraída (real), numa secção recta qualquer das superfícies cilíndricas e cónicas, deve estar compreendida entre duas circunferências complanares concêntricas, com uma diferença de raios de 0,03.
 a) Secção recta qualquer	
	A linha circunferencial extraída (real), numa secção recta qualquer da superfície cónica, deve estar compreendida entre duas circunferências complanares concêntricas, com uma diferença de raios de 0,1.
Nota: A definição de uma linha circunferencial extraída não está ainda normalizada	

Tolerâncias de forma

- Tolerância de **cilindricidade**:
  - A **cilindricidade é**, por definição, uma **propriedade de um cilindro**. **Caracteriza uma superfície cilíndrica no seu conjunto**.
  - Os **desvios de cilindricidade podem ser considerados como uma combinação de elementos simples**, cada um dos quais tendo um significado que pode ser correlacionado com defeitos ou erros do processo de maquinar.

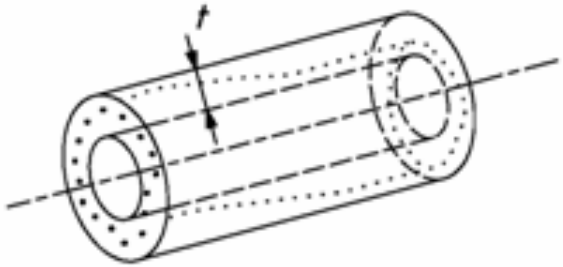
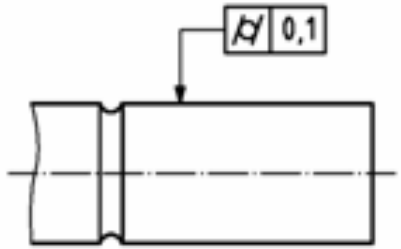






Tolerâncias de forma

- Tolerância de cilindricidade:

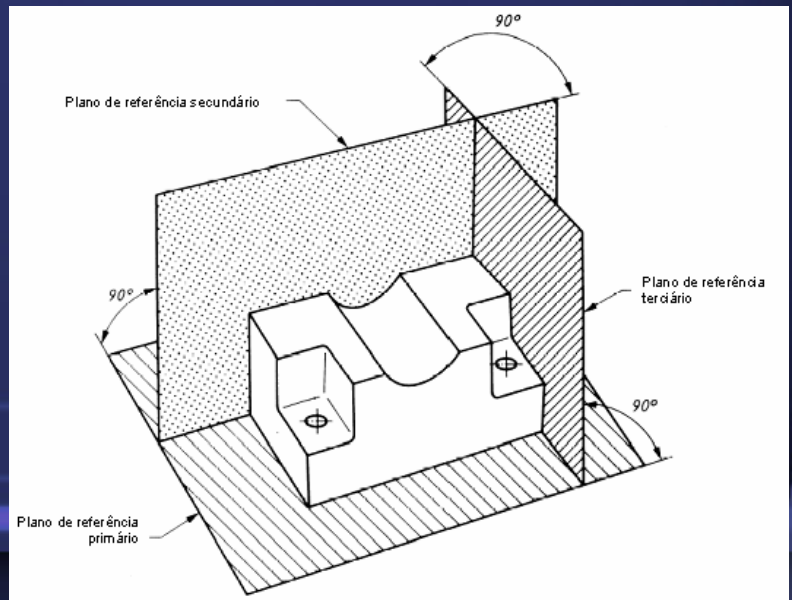
Tolerância de cilindricidade (símbolo ⌭)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
A zona de tolerância está limitada por dois cilindros coaxiais com uma diferença de raios de *t*. 	A superfície cilíndrica extraída (real) deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, com uma diferença nos raios de 0,1. 

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Uma **referência especificada** (“datum”) é uma **referência geométrica teoricamente exacta** (ex.: eixo, plano, linha recta, etc.) em relação à qual os elementos toleranciados (com tolerâncias de orientação, de posição e/ou de batimento) são referidos. As referências especificadas **podem ser baseadas num ou mais elementos de uma peça**.
- Um **sistema de referências especificadas** (“datum-system”) **é um grupo de duas ou mais referências especificadas separadas**, utilizadas como uma referência combinada para um elemento toleranciado.
- São necessárias uma ou duas referências especificadas para as tolerâncias de orientação, **mas as relações de posição requerem, frequentemente, um sistema de referências especificadas constituído por três planos, mutuamente perpendiculares**, sendo necessário decidir sobre qual a sua ordem de precedência adequada.

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

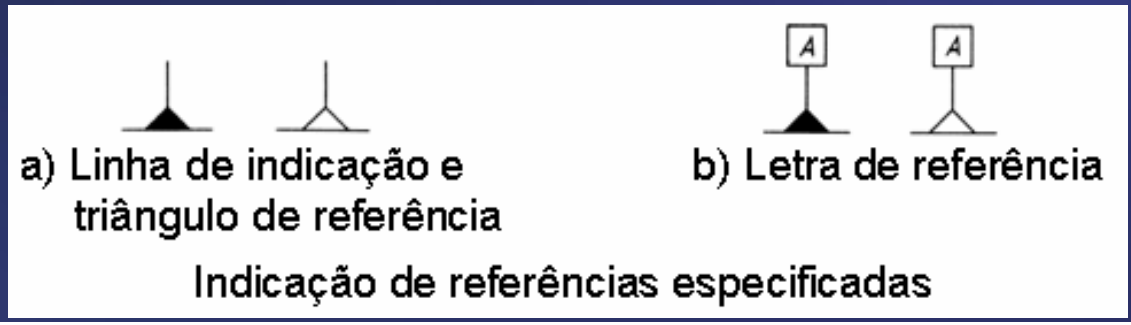
- **Um elemento de referência** (“datum feature”) **é um elemento real de uma peça** (ex.: uma aresta, uma superfície, um furo, etc.) que é **utilizado para estabelecer a posição de uma referência especificada**.
  Esses elementos são trabalhados com boa exactidão, numa fase inicial da execução da peça, e se necessário, têm tolerâncias de forma.



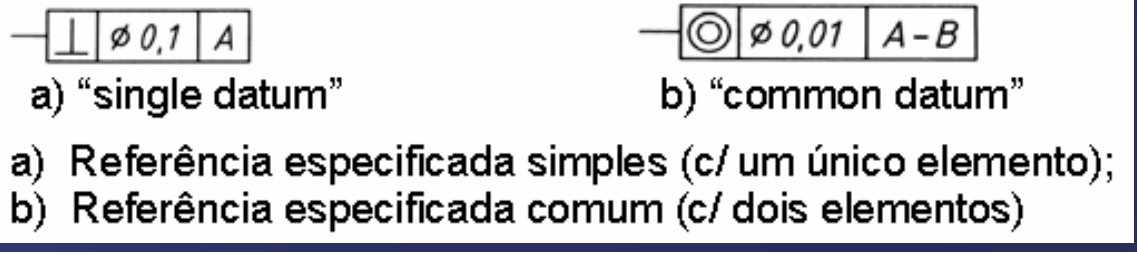
Sistema de referências especificadas

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Indicação de referências e sistemas de referências especificadas:

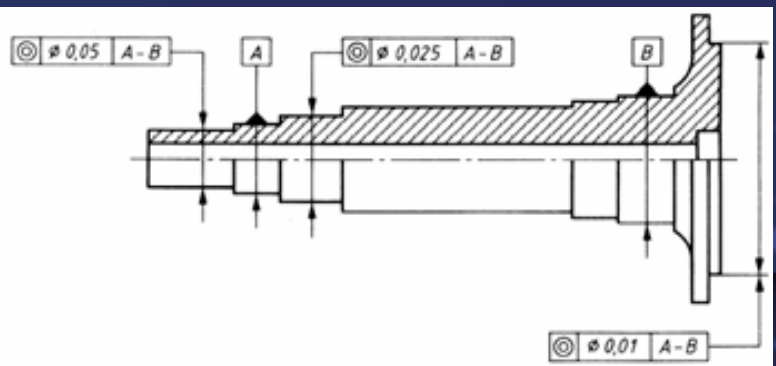


Indicação de referências especificadas



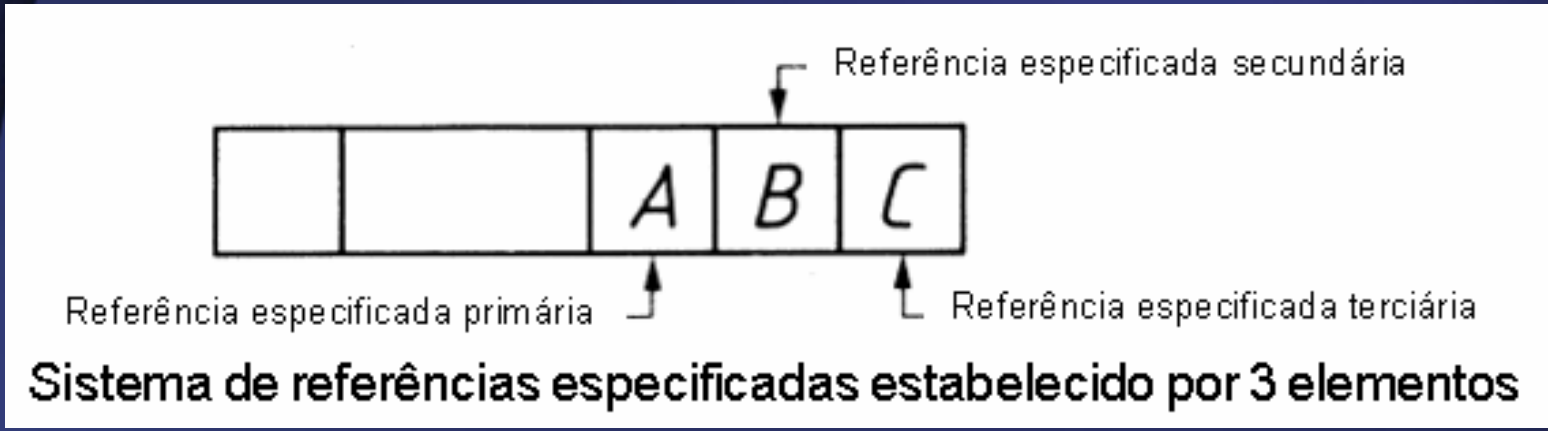
a) Referência especificada simples (c/ um único elemento);
b) Referência especificada comum (c/ dois elementos)

Referência especificada comum ("common datum") estabelecida por dois elementos (exemplo)



Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Indicação de referências e sistemas de referências especificadas:

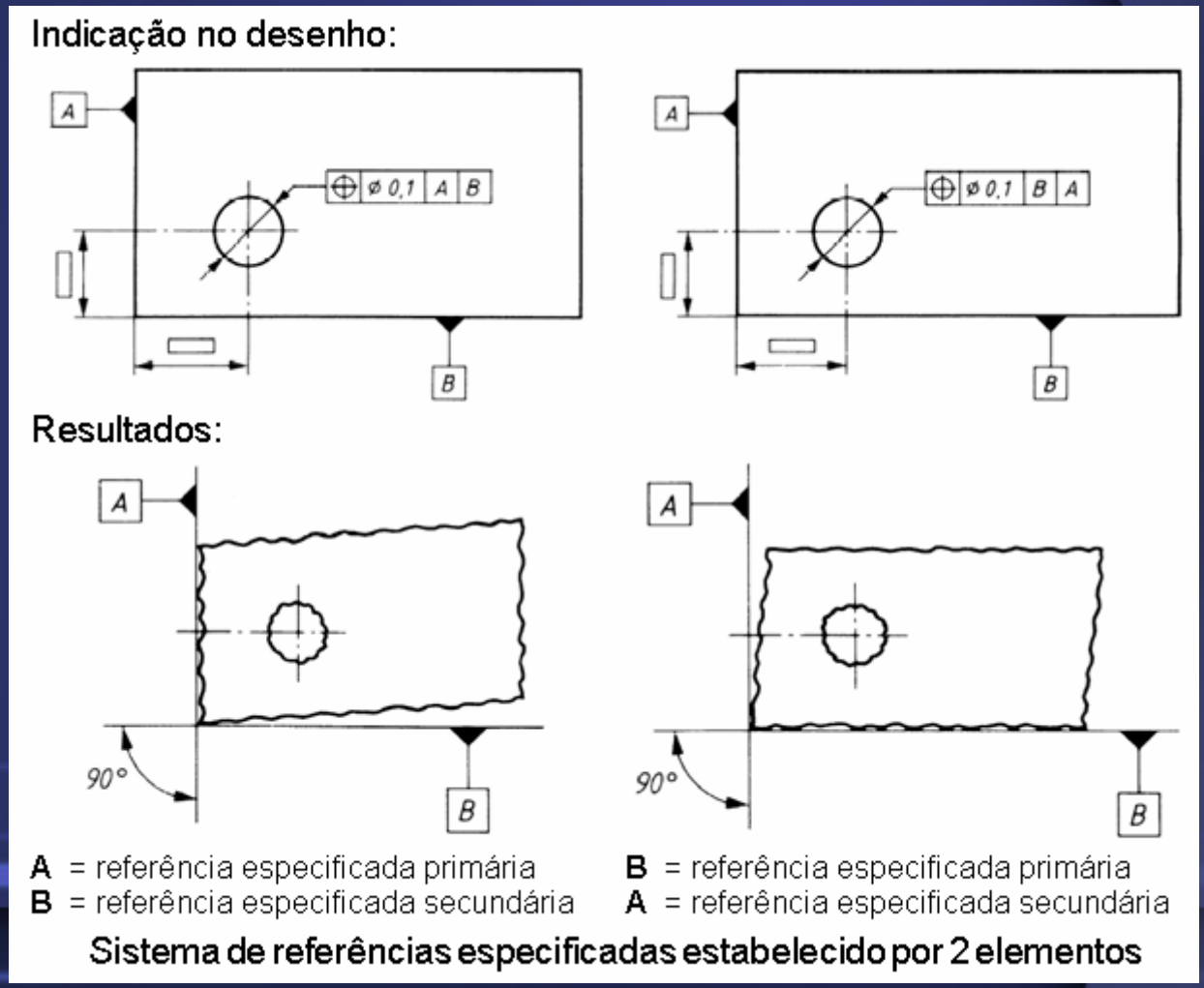


Sistema de referências especificadas estabelecido por 3 elementos

  - **A sequência das referências especificadas pode ter uma influência considerável** no resultado obtido nas fases de fabricação e de verificação.

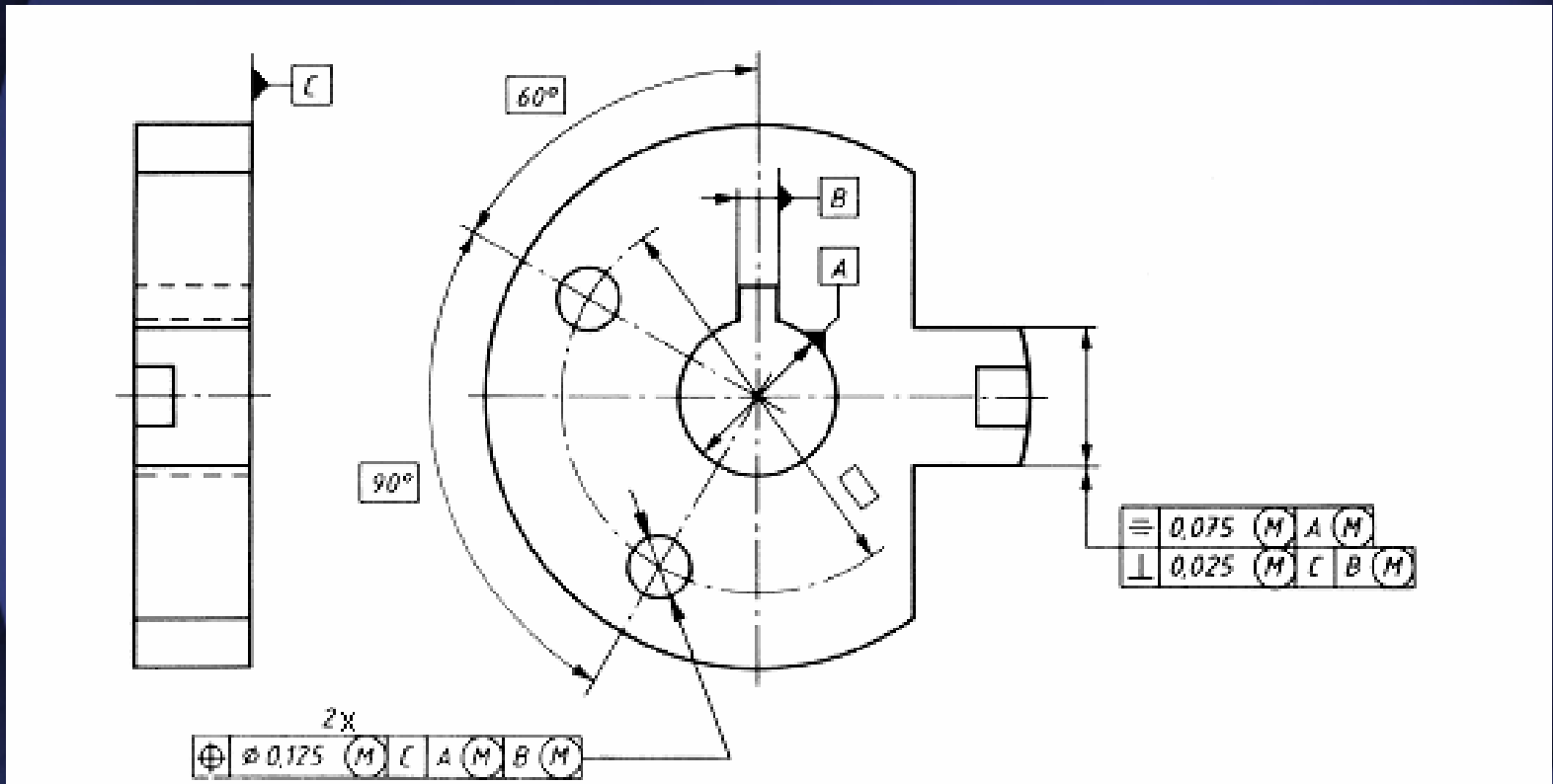
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Indicação de referências e sistemas de referências especificadas:



Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Indicação de referências e sistemas de referências especificadas:



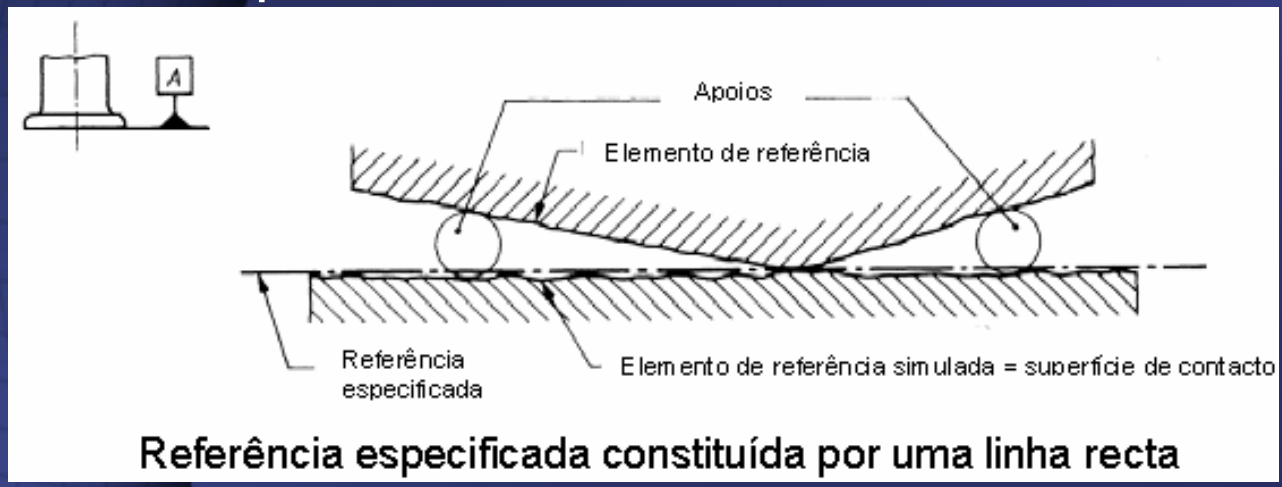
Exemplos de referências e sistemas de referências especificadas

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

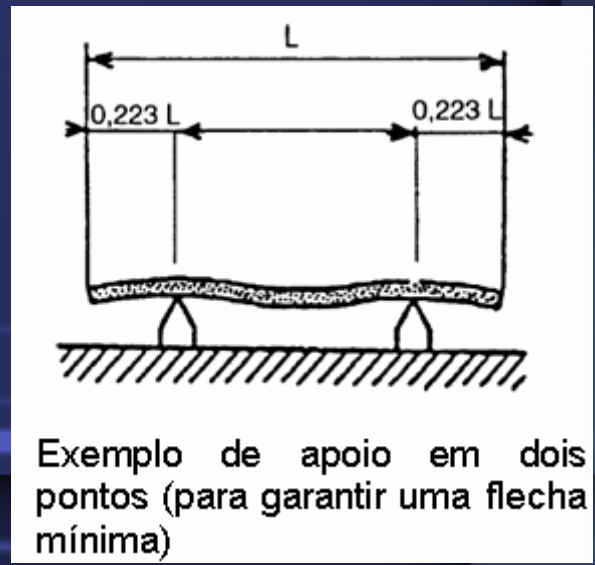
- Estabelecimento de **referências especificadas**:
  - Os elementos indicados como referências especificadas têm inexactidões resultantes do processo produtivo (ex.: desvios convexos, concâvos ou cónicos).
  - Um **elemento de referência simulada** (“simulated datum target”) (ou elemento associado) é uma **superfície real de forma precisa adequada** (ex.: uma superfície plana, um apoio cilíndrico, um mandril, etc.) que é **posta em contacto com o elemento de referência**.
    Os elementos de referência simulada são utilizados para a materialização das referências especificadas durante as fases de fabricação e de inspecção das peças.

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Exemplos de estabelecimento de referências especificadas:



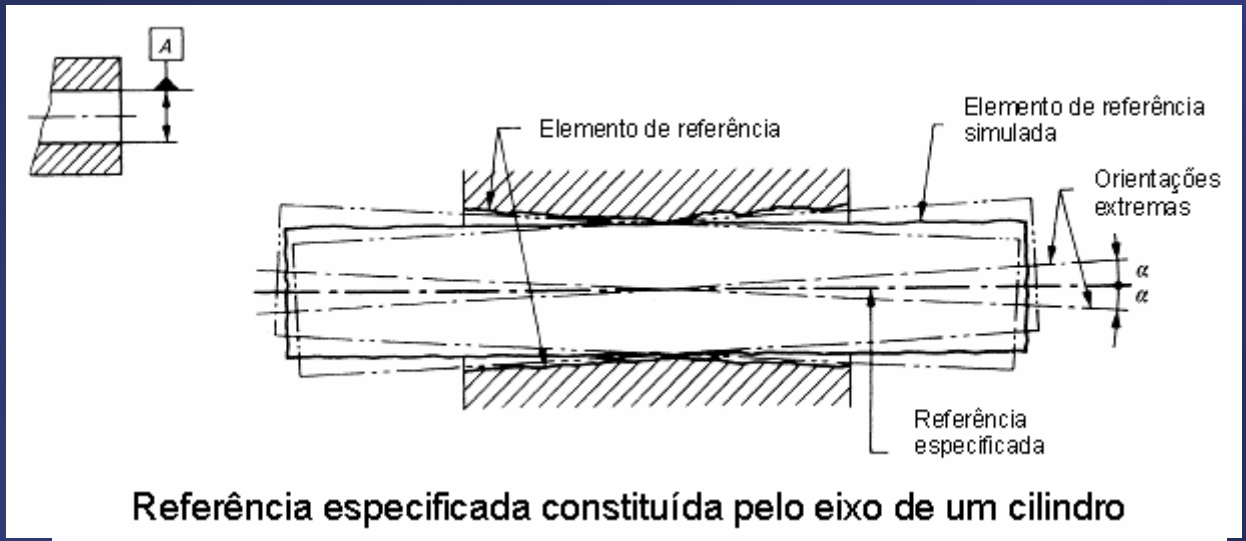
Referência especificada constituída por uma linha recta



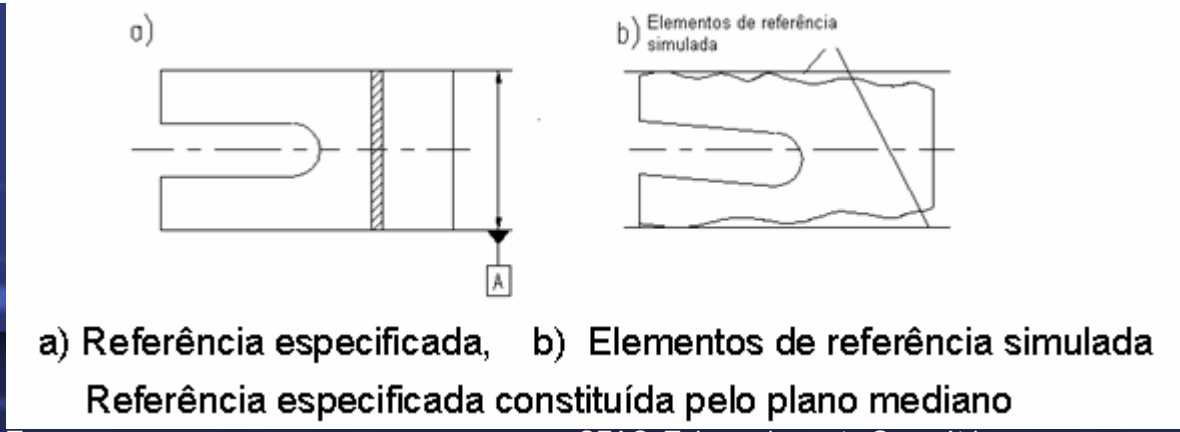
Exemplo de apoio em dois pontos (para garantir uma flecha mínima)

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Exemplos de estabelecimento de referências especificadas:



Referência especificada constituída pelo eixo de um cilindro

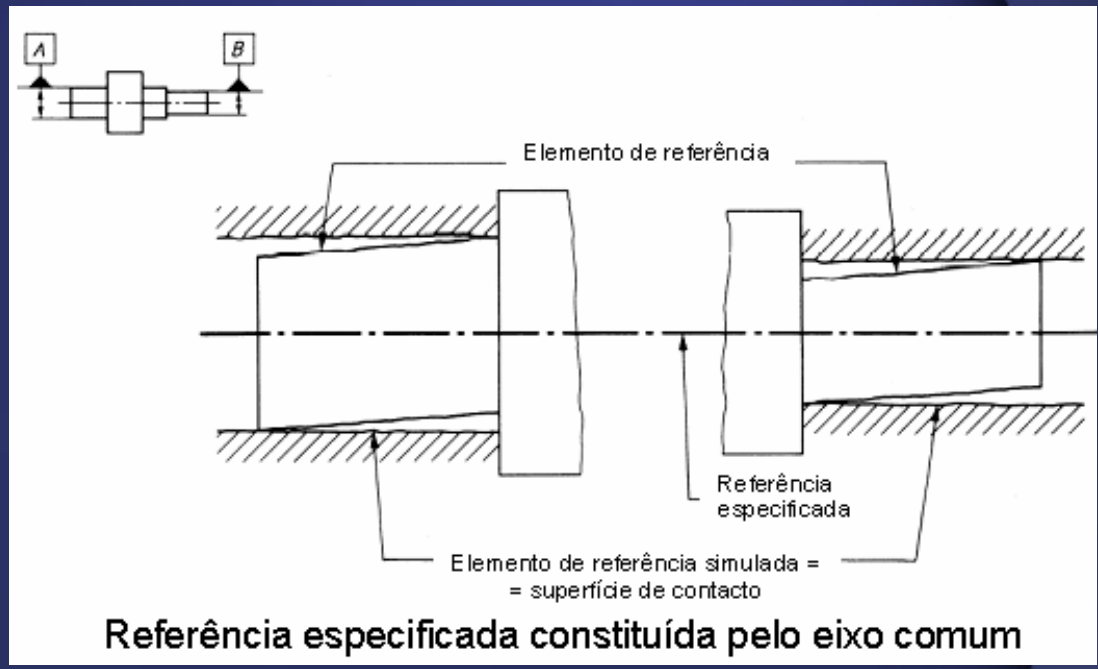


a) Referência especificada, b) Elementos de referência simulada

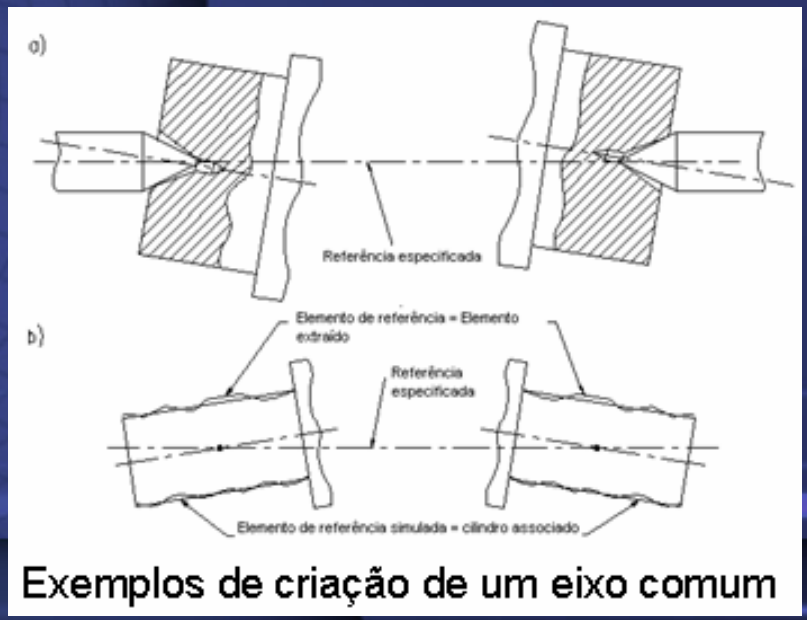
Referência especificada constituída pelo plano mediano

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Exemplos de estabelecimento de referências especificadas:



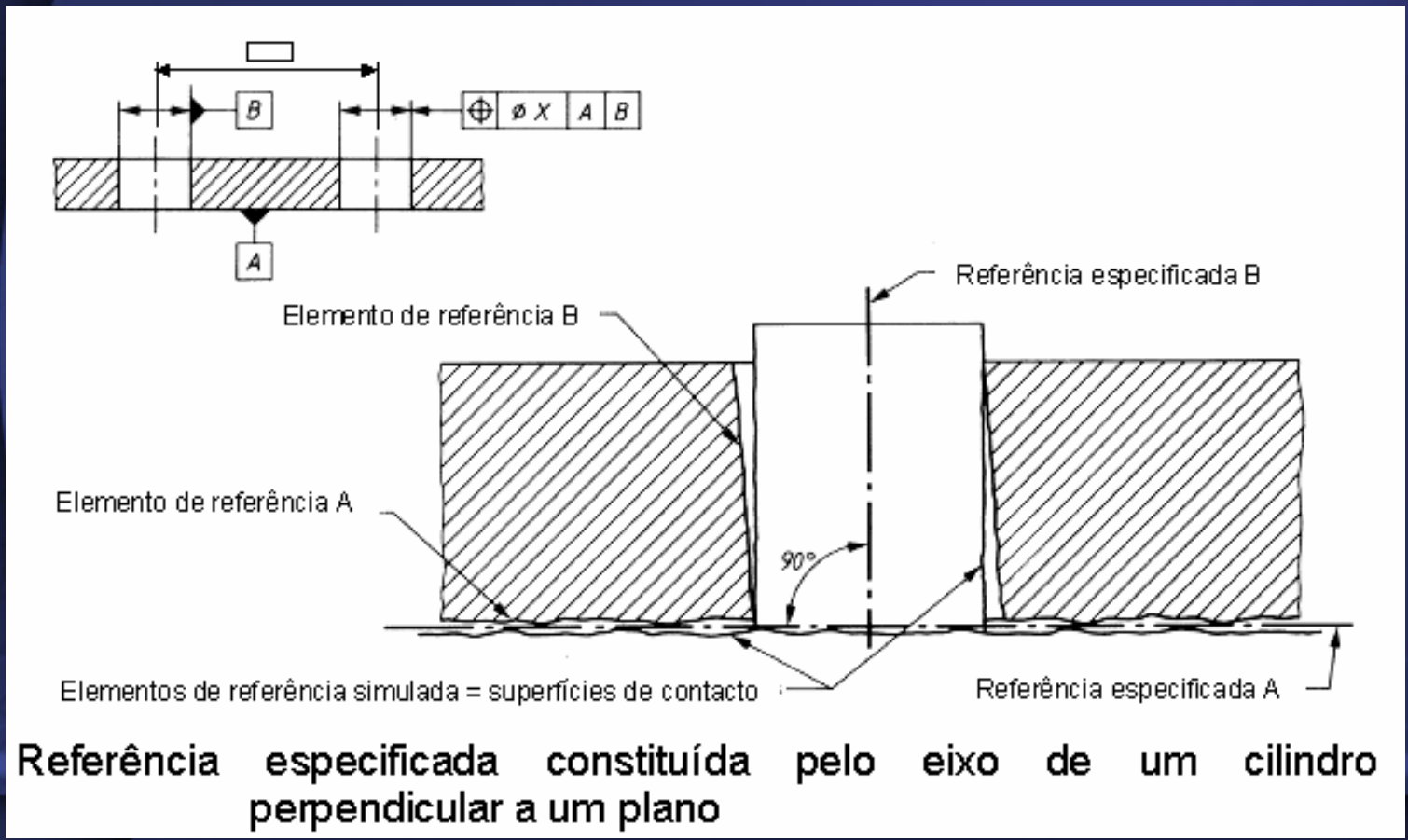
Referência especificada constituída pelo eixo comum



Exemplos de criação de um eixo comum

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

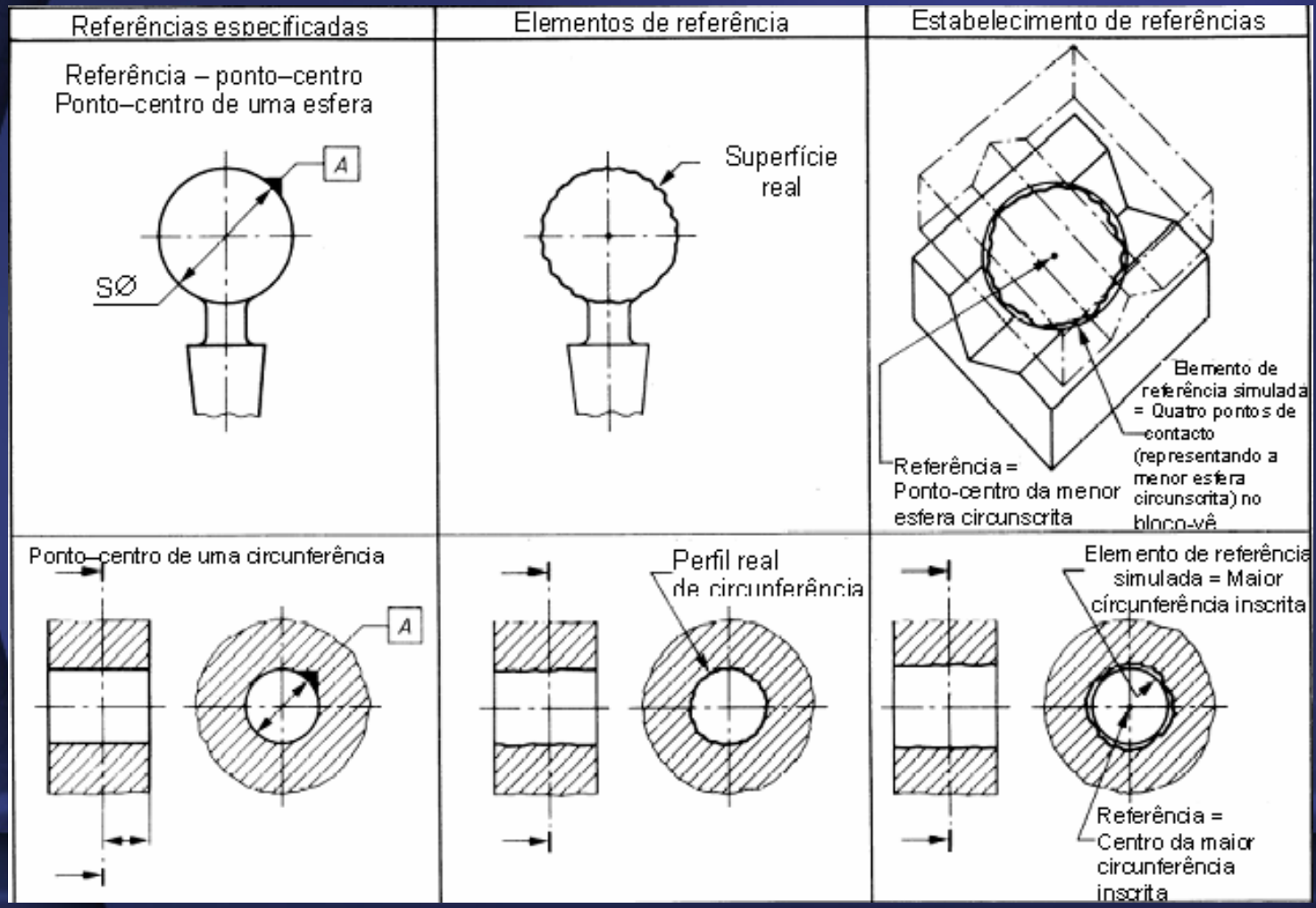
- Exemplos de estabelecimento de referências especificadas:



Referência especificada constituída pelo eixo de um cilindro perpendicular a um plano

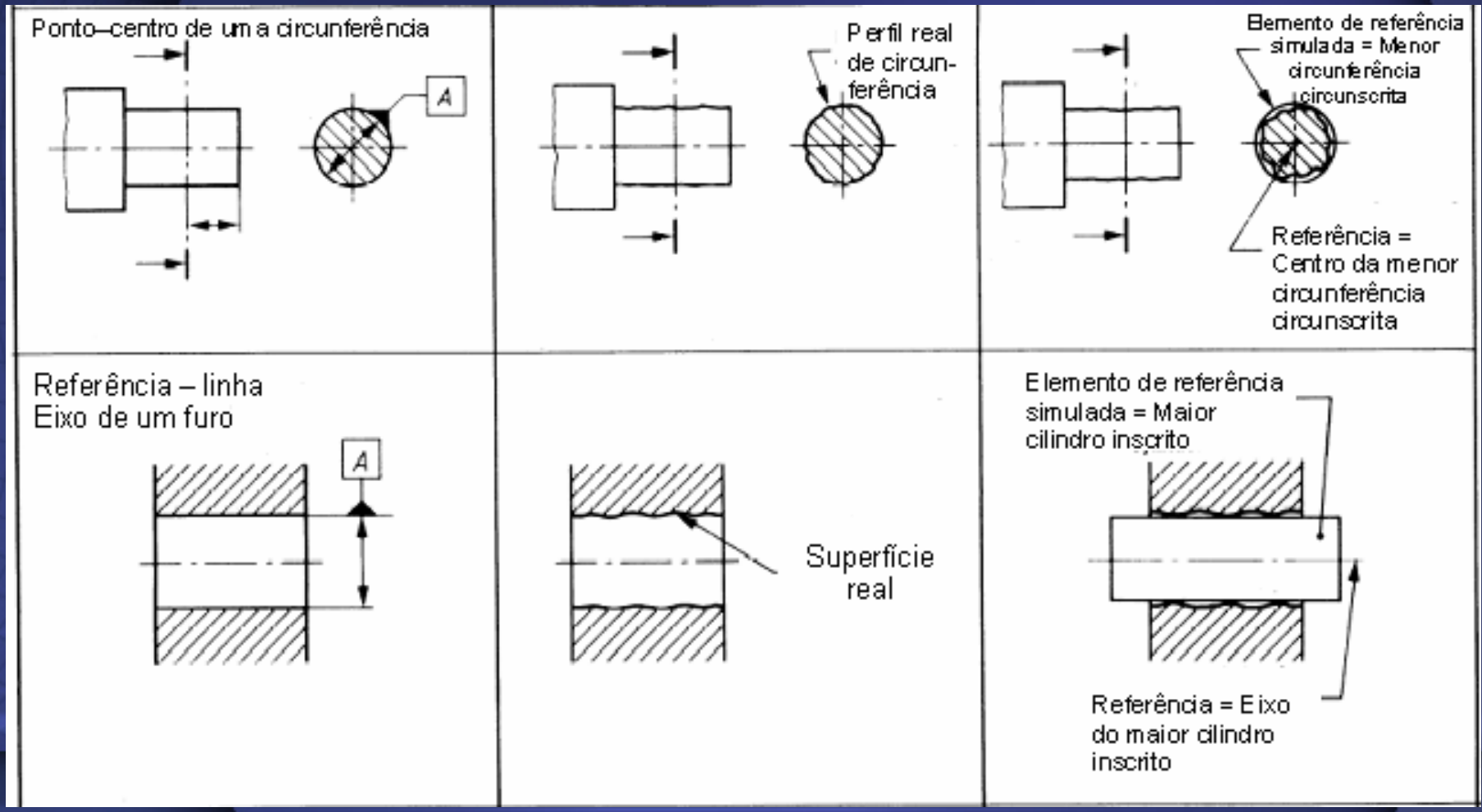
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Aplicação de referências especificadas:



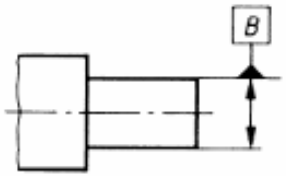
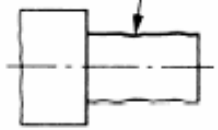
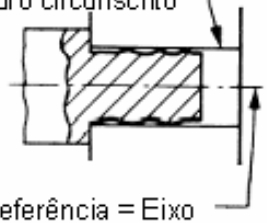
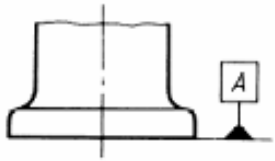
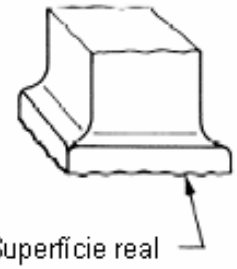
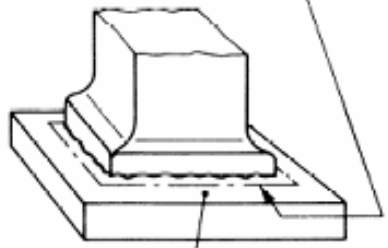
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Aplicação de referências especificadas (cont.):



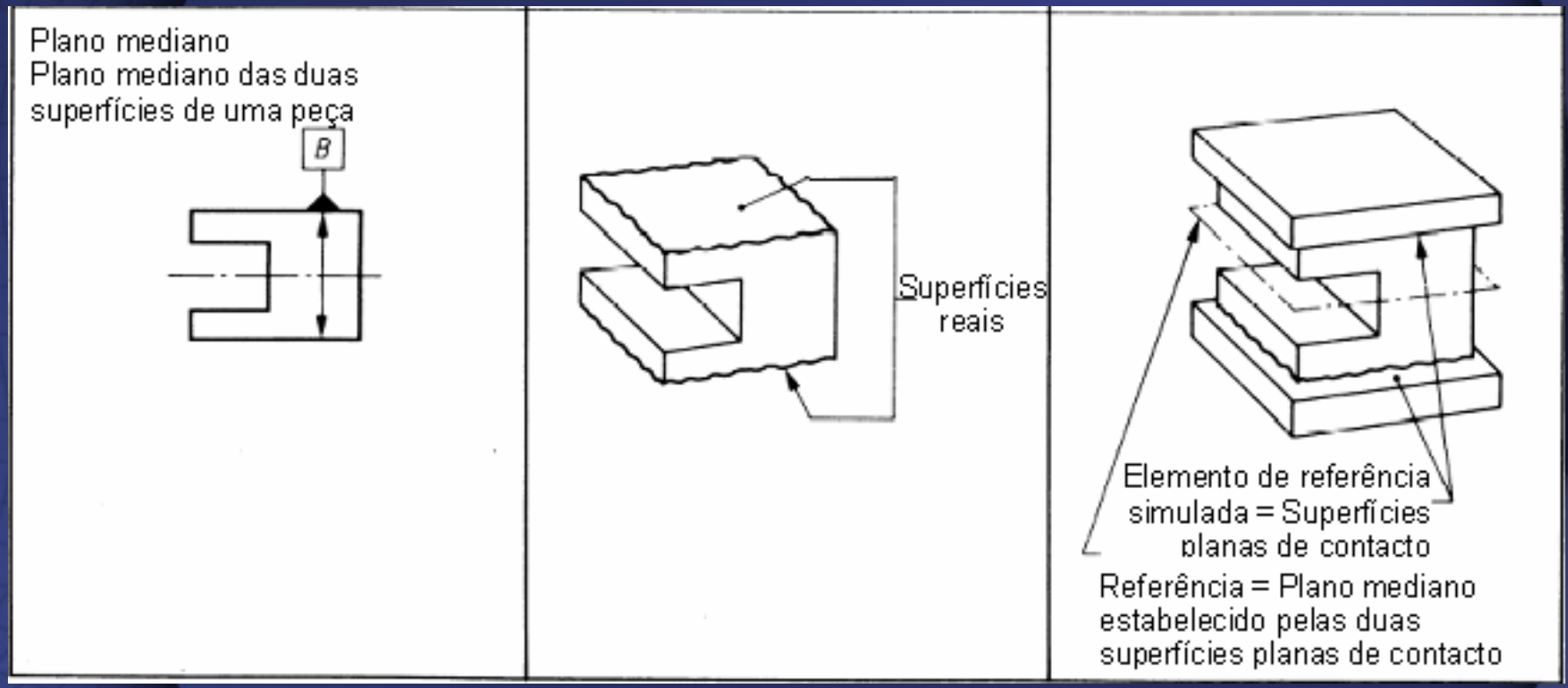
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Aplicação de referências especificadas (cont.):

Referências especificadas	Elementos de referência	Estabelecimento de referências
Eixo de um veio 		Elemento de referência simulada = Menor cilindro circunscrito  Referência = Eixo do menor cilindro circunscrito
Referência – plano Superfície de uma peça 		Referência = Plano estabelecido pela superfície plana  Elemento de referência simulada = Superfície da superfície plana

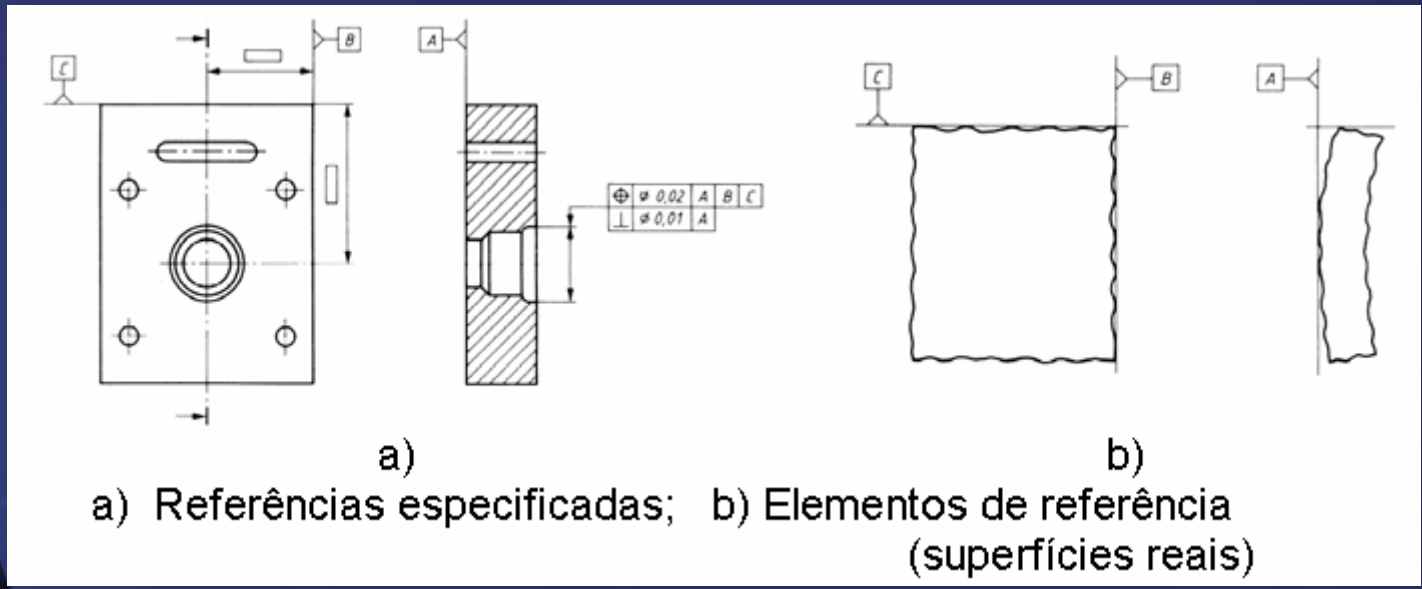
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Aplicação de referências especificadas (cont.):



Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- **Referências parciais**:
  - A **especificação de uma superfície total como elemento de referência pode introduzir variações ou falta de repetibilidade** nas medições realizadas a partir dela, se existirem variações significativas em relação à sua forma ideal.

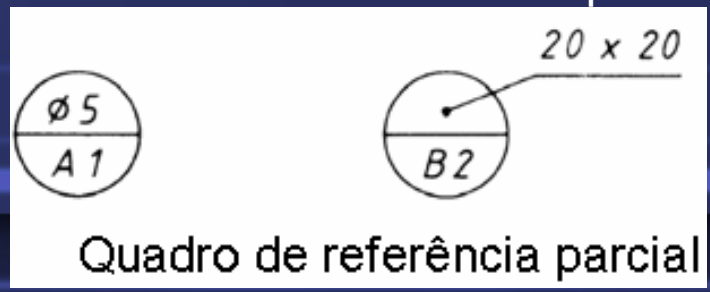


a) Referências especificadas; b) Elementos de referência (superfícies reais)

  - **Pode então ser necessário introduzir referências parciais**, se tal não afectar o funcionamento da peça.

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- **Referência parcial ("datum target"): ponto, linha ou área limitada** na peça usada no contacto com o equipamento de fabricação e de inspecção, **de modo a definir as referências requeridas para satisfazer os requisitos funcionais**.
- **Símbolos para indicação de referências parciais**:
  - **Quadro de forma circular dividido em dois compartimentos**:
    - No **compartimento inferior**, a **letra** representa a referência especificada e o **algarismo** representa a referência parcial.
    - No **compartimento superior** indica-se **informação complementar** (ex.: dimensões da zona de referência parcial).



Quadro de referência parcial

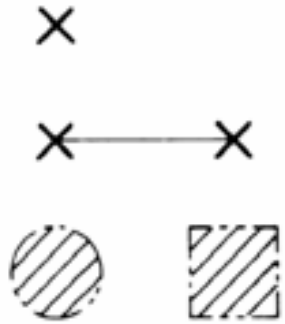
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- A referência parcial pode ser um ponto, uma linha ou uma área.

Ponto (cruz)

Linha (2 cruzes unidas a traço contínuo fino)

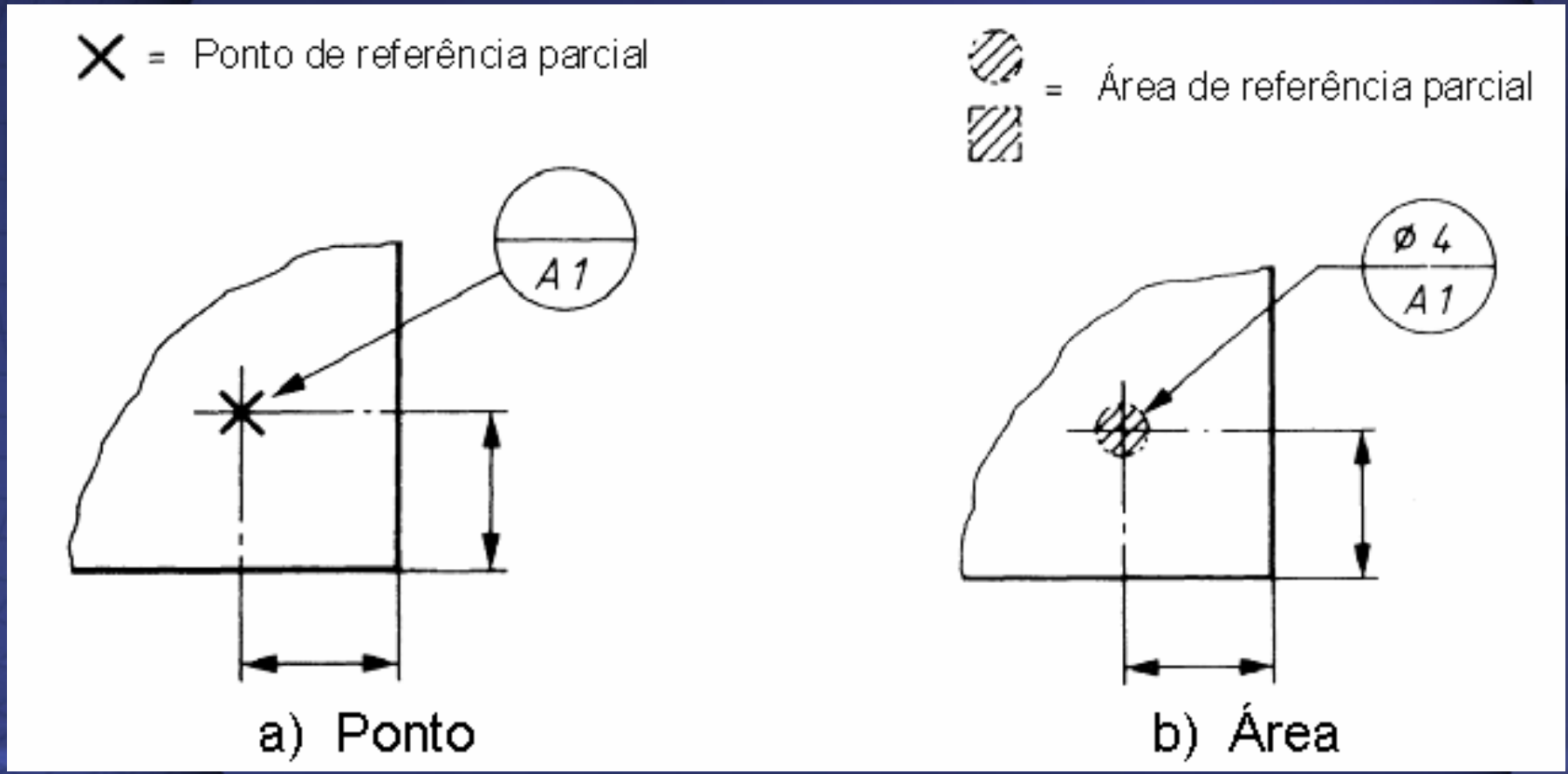
Área (limitada a traço longo-ponto fino)



Referências parciais

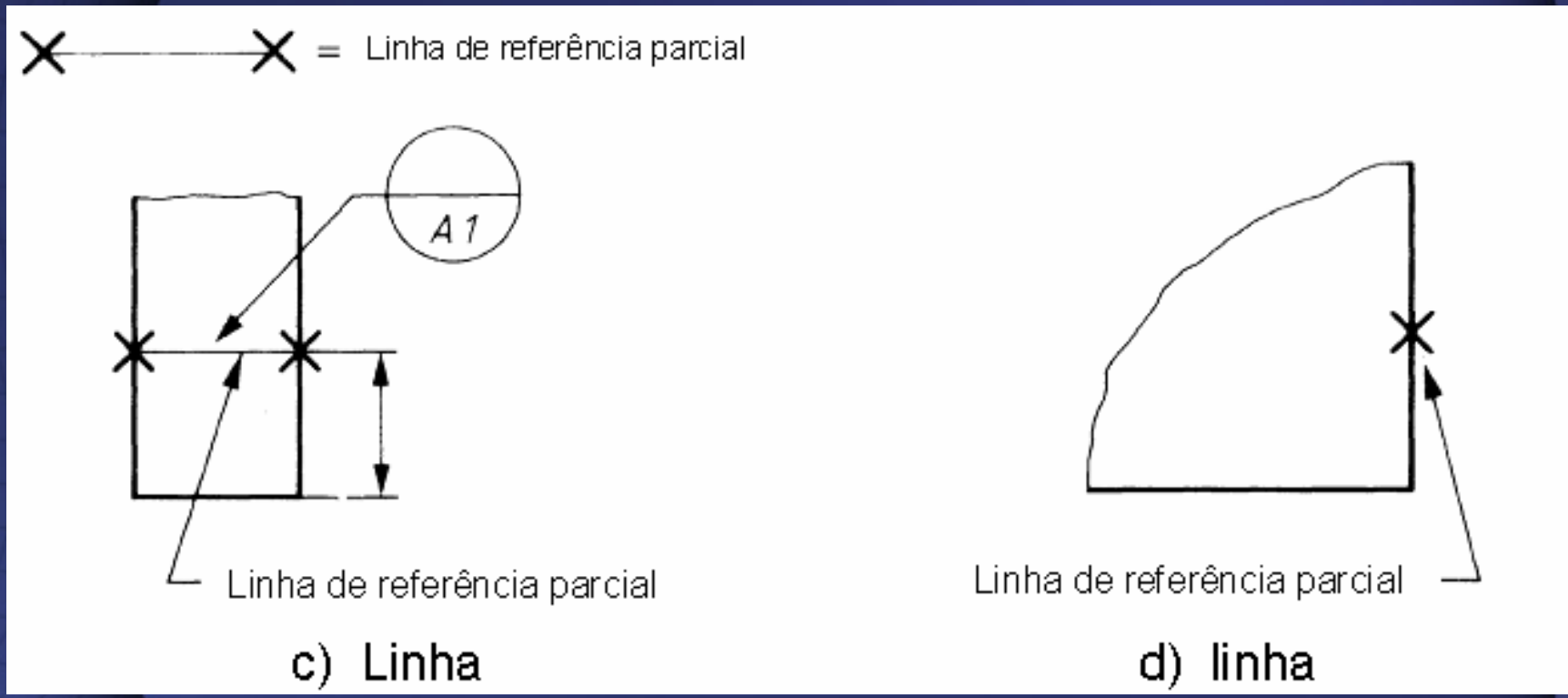
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- **Referências parciais:**



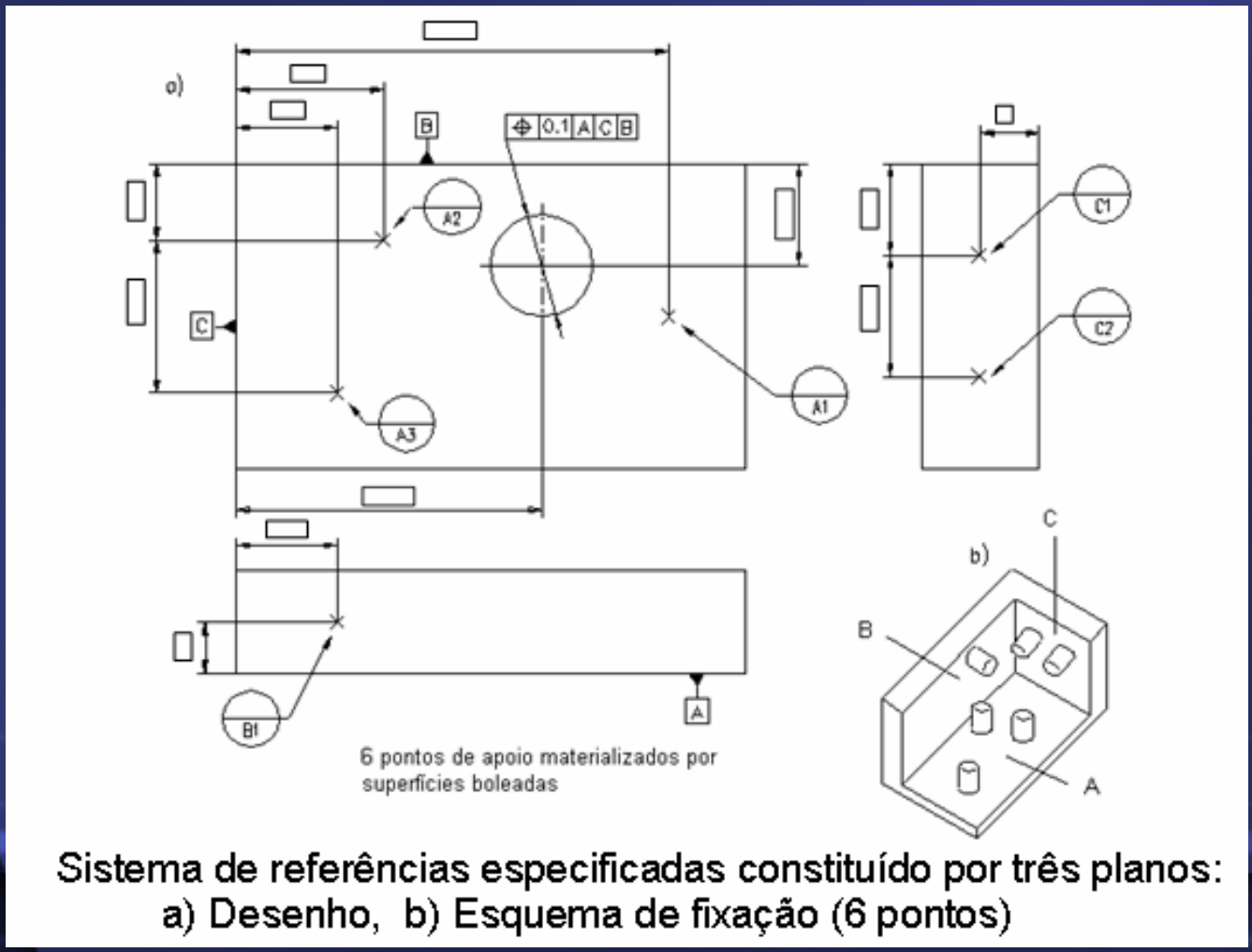
Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- **Referências parciais:**



Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

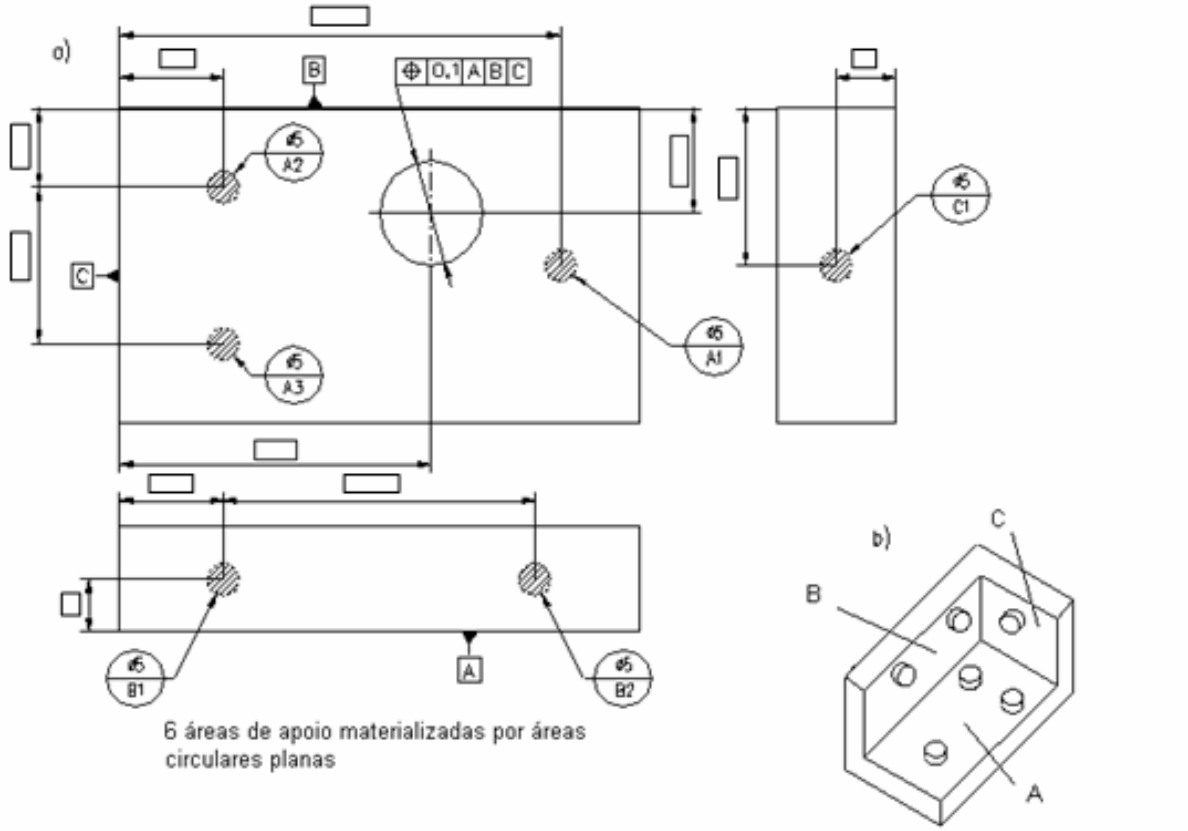
- Exemplos de aplicação de referências parciais:



Sistema de referências especificadas constituído por três planos:
a) Desenho, b) Esquema de fixação (6 pontos)

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

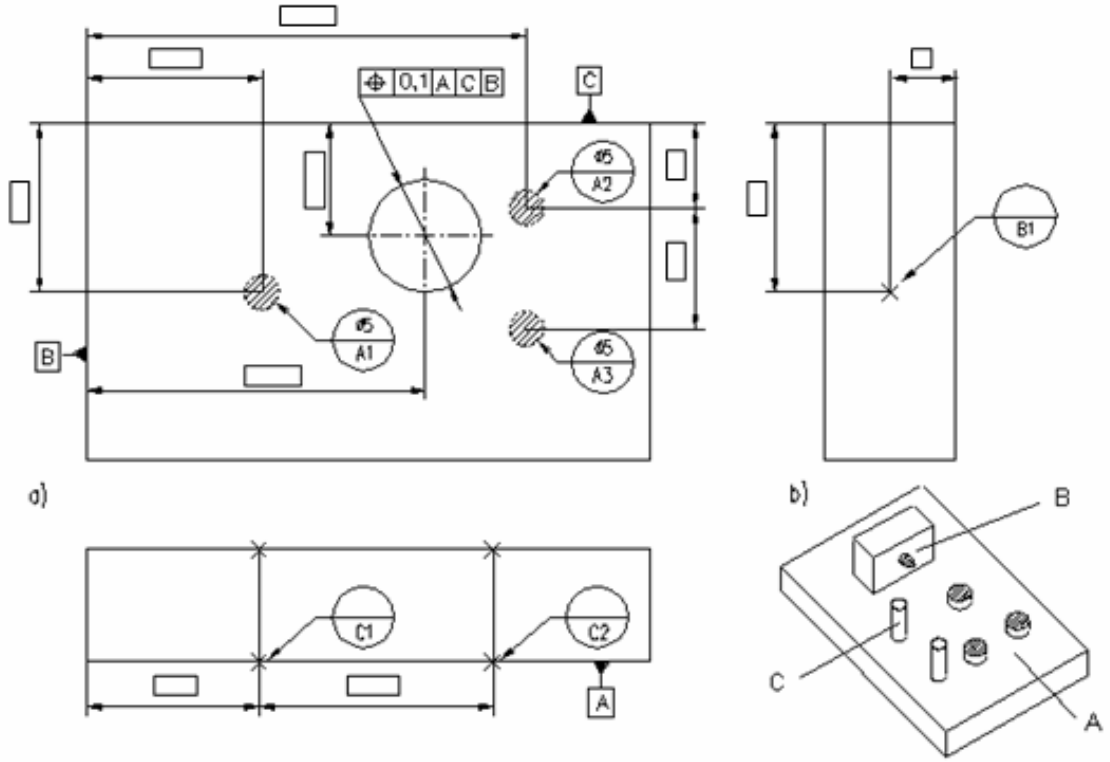
- Exemplos de aplicação de referências parciais:



Sistema de referências especificadas constituído por três planos:
a) Desenho, b) Esquema de fixação (6 áreas circulares)

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Exemplos de aplicação de referências parciais:

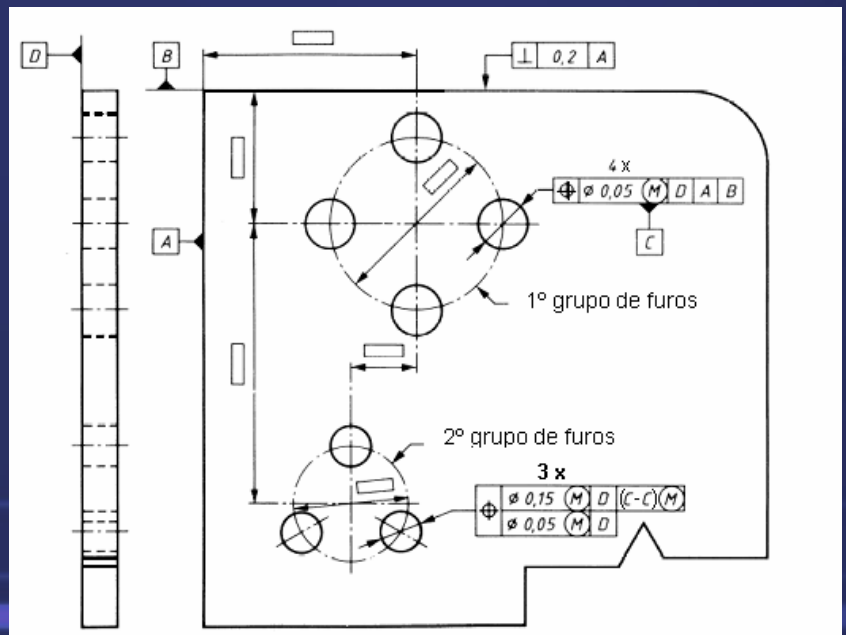


(Materialização das referências parciais: 3 áreas circulares planas; 2 linhas rectas geratrizes de pinos cilíndricos; 1 superfície boleada).

Sistema de referências especificadas constituído por três planos: a) Desenho; b) Esquema de fixação (A - 3 áreas circulares; B - 1 ponto; C – 2 linhas)

Referências especificadas e sistemas de referências especificadas para tolerâncias geométricas (ISO 5459: 1981)

- Grupos de elementos designados com referências especificadas:
  - Se a posição de um grupo de elementos (furos) servir de referência especificada para outro elemento ou grupo de elementos, esta pode ser representada no desenho ligada ao quadro de tolerância.



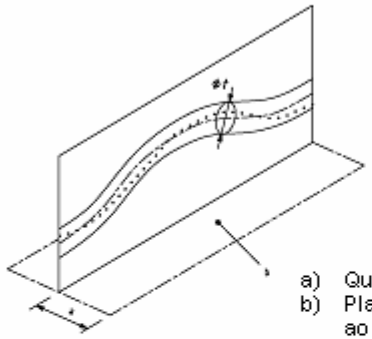
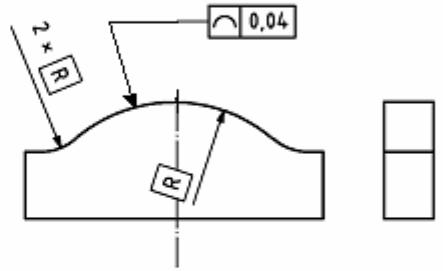
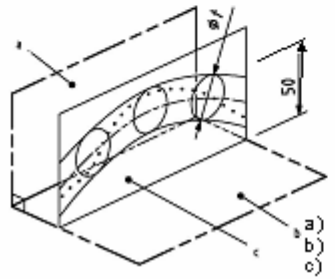
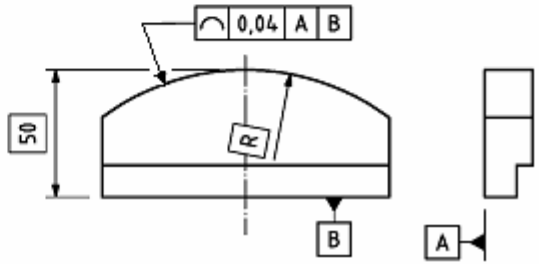
Grupo de elementos designado com referência especificada

Tolerâncias de perfil

- **Tolerância de perfil de uma linha qualquer**:
  - O **perfil de uma linha é uma sucessão de curvas e/ou rectas**, cujo conjunto representa uma figura geométrica particular.
  - Basicamente, a **tolerância do perfil de uma linha num plano é utilizada para controlar perfis de peças com uma secção recta variável**.
  - A tolerância do perfil de uma linha pode dizer respeito a um elemento isolado (tolerância de forma) ou associado (tolerâncias de orientação e de posição), podendo ser pois utilizada para controlar a forma ou combinações de dimensão, forma, orientação e posição do elemento.

Tolerâncias de perfil

- **Tolerância de perfil de uma linha qualquer:**

Tolerância de perfil de uma linha (símbolo ⌒)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
A zona de tolerância está limitada por duas linhas envolventes dos círculos de diâmetro *t*, cujos centros estão situados sobre uma linha com a forma geométrica teoricamente exacta.  a) Qualquer distância. b) Plano perpendicular ao plano do desenho.	Em cada secção, paralela ao plano de projecção no qual é dada a indicação, a linha do perfil extraída (real) deve estar compreendida entre duas linhas equidistantes envolvendo os círculos de diâmetro 0,04, cujos centros estão situados sobre uma linha com a forma geométrica teoricamente exacta. 
A zona de tolerância está limitada por duas linhas envolventes dos círculos de diâmetro *t*, cujos centros estão situados sobre uma linha com uma forma geométrica teoricamente exacta, em relação ao plano de referência A e ao plano de referência B.  a) Referência especificada A. b) Referência especificada B. c) Plano paralelo à referência especificada A.	Em cada secção, paralela ao plano de projecção no qual é dada a indicação, a linha do perfil extraída (real) deve estar compreendida entre duas linhas equidistantes envolvendo os círculos de diâmetro 0,04, cujos centros estão situados sobre uma linha com a forma geométrica teoricamente exacta, em relação ao plano de referência A e ao plano de referência B. 

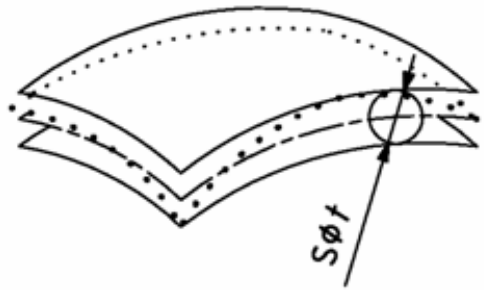
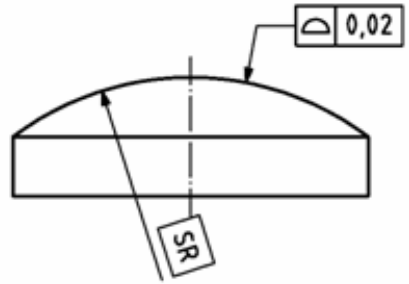
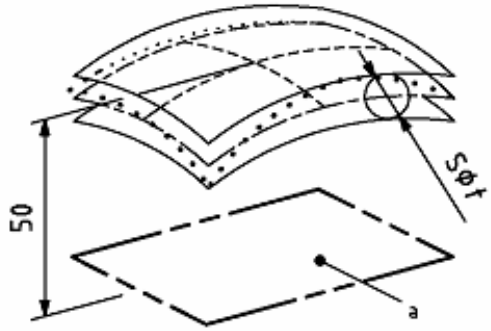
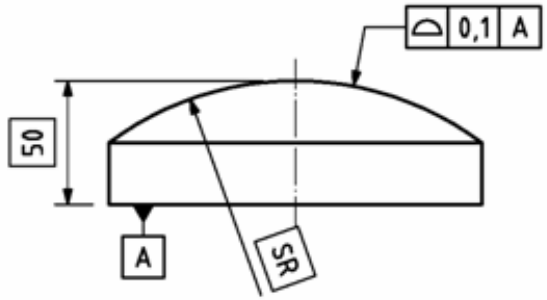
Tolerâncias de perfil

- **Tolerância de perfil de uma superfície qualquer:**
  - O **perfil de uma superfície é uma sucessão de curvas e/ou rectas**, combinadas, cujo conjunto representa uma figura geométrica particular.
  - Basicamente, a tolerância do perfil de uma superfície é utilizada para controlar peças com uma superfície de revolução, ou peças fundidas com superfícies definidas por tolerâncias de perfil aplicadas “a toda a volta”.
  - A tolerância do perfil de uma superfície pode dizer respeito a um elemento isolado (tolerância de forma) ou associado (tolerâncias de orientação e de posição), podendo ser utilizada para controlar a forma ou combinações de dimensão, forma, orientação e posição do elemento.

Tolerâncias de perfil

- **Tolerância de perfil de uma superfície qualquer:**

Tolerância de perfil de uma superfície (símbolo ⌓)

Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
A zona de tolerância está limitada por duas superfícies envolventes das esferas de diâmetro *t*, cujos centros estão situados sobre uma superfície com a forma teoricamente exacta. 	A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre duas superfícies equidistantes envolvendo esferas de diâmetro 0,02, cujos centros estão situados sobre uma superfície com a forma geométrica teoricamente exacta. 
A zona de tolerância está limitada por duas superfícies envolventes das esferas de diâmetro *t*, cujos centros estão situados sobre uma superfície com a forma teoricamente exacta, em relação ao plano de referência A.  a) Referência especificada A	A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre duas superfícies equidistantes envolvendo esferas de diâmetro 0,1, cujos centros estão situados sobre uma superfície com a forma geométrica teoricamente exacta, em relação ao plano de referência A. 

Tolerâncias de perfil

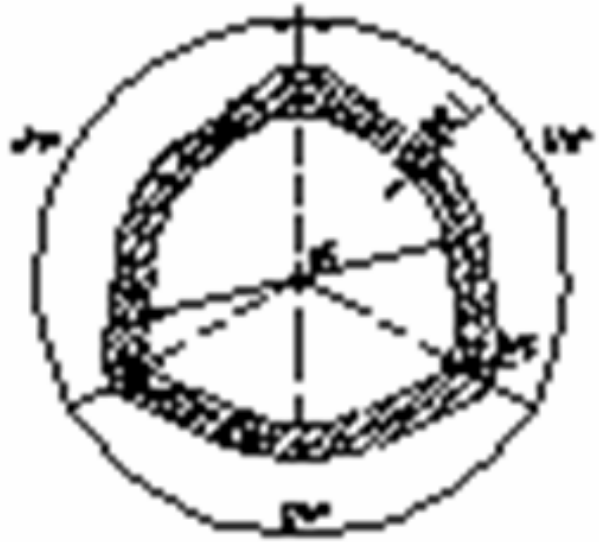
- **Toleranciamento geométrico de uma linha**:
  - A **zona de tolerância é definida relativamente ao perfil nominal** que, por sua vez, é **definido por cotas teoricamente exactas** (cotas enquadradas). A **zona de tolerância deve estar posicionada simetricamente** relativamente ao perfil nominal.
  - A **largura da zona de tolerância**, medida segundo a normal ao perfil nominal, em cada um dos seus pontos, é **constante**.
  - A zona de tolerância é associada a elementos de referência.

Tolerâncias de perfil

- **Toleranciamento geométrico de uma linha:**



a) Indicação sobre o desenho

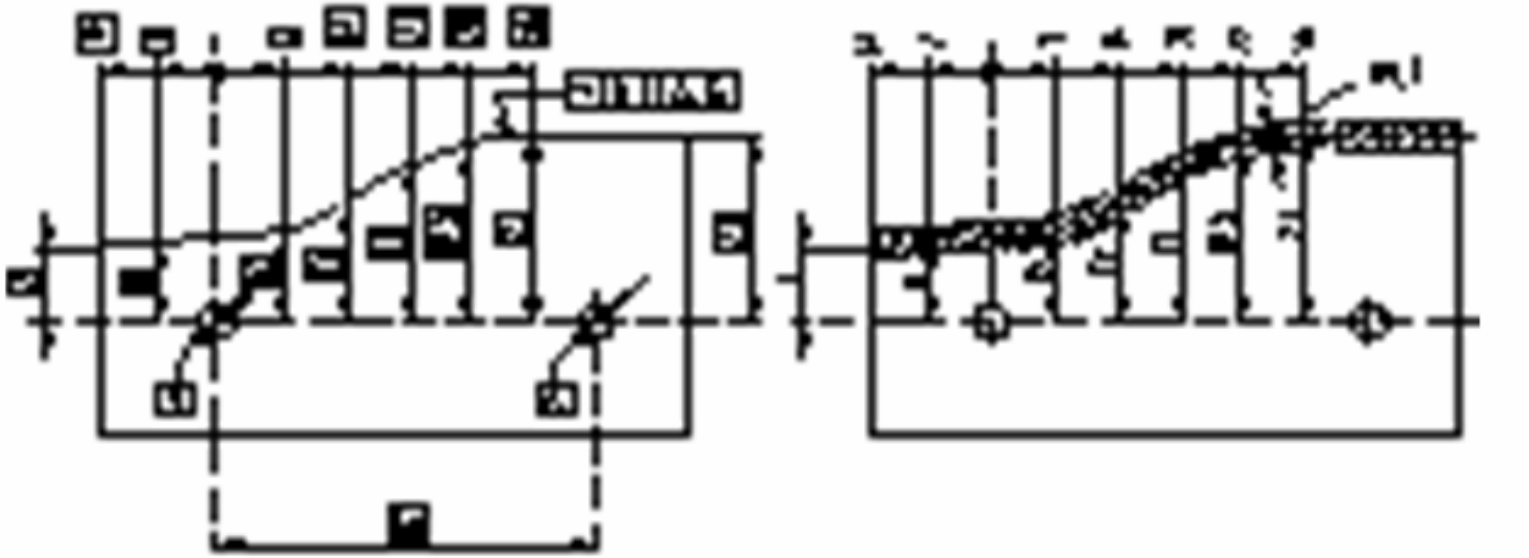


b) Interpretação

Tolerância de perfil de uma linha

Tolerâncias de perfil

- **Toleranciamento geométrico de uma linha:**



a) Indicação sobre o desenho b) Interpretação

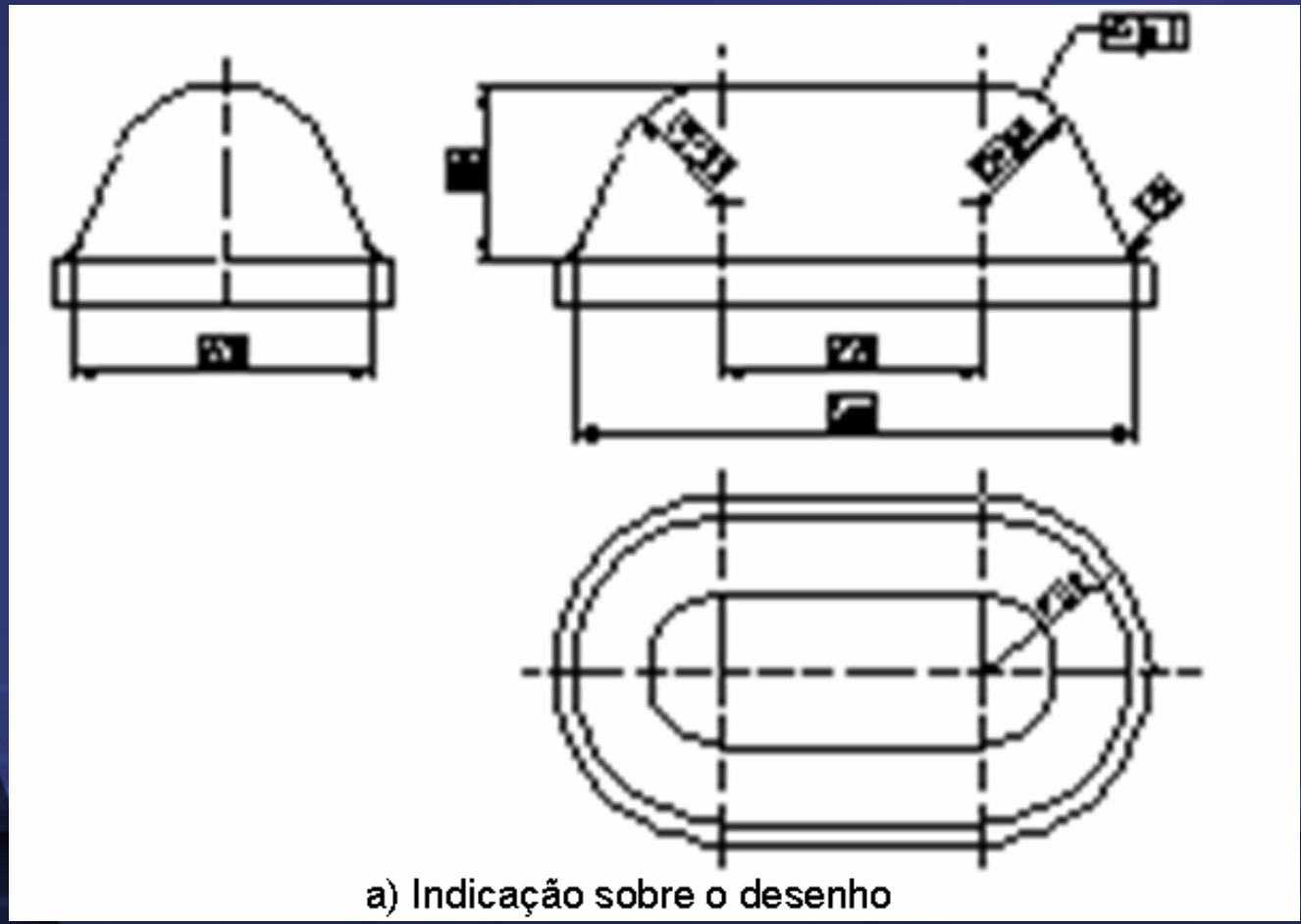
Tolerância de perfil de uma linha

Tolerâncias de perfil

- **Toleranciamento geométrico de uma superfície perfilada:**
  - A **zona de tolerância de uma superfície perfilada é definida em relação ao perfil nominal** que, por sua vez, é **definido por cotas teoricamente exactas**. Esta **zona deve estar posicionada simetricamente** relativamente ao perfil nominal da superfície.
  - A **largura da zona de tolerância**, medida segundo a normal ao perfil nominal da superfície, em cada um dos seus pontos, é **constante**.

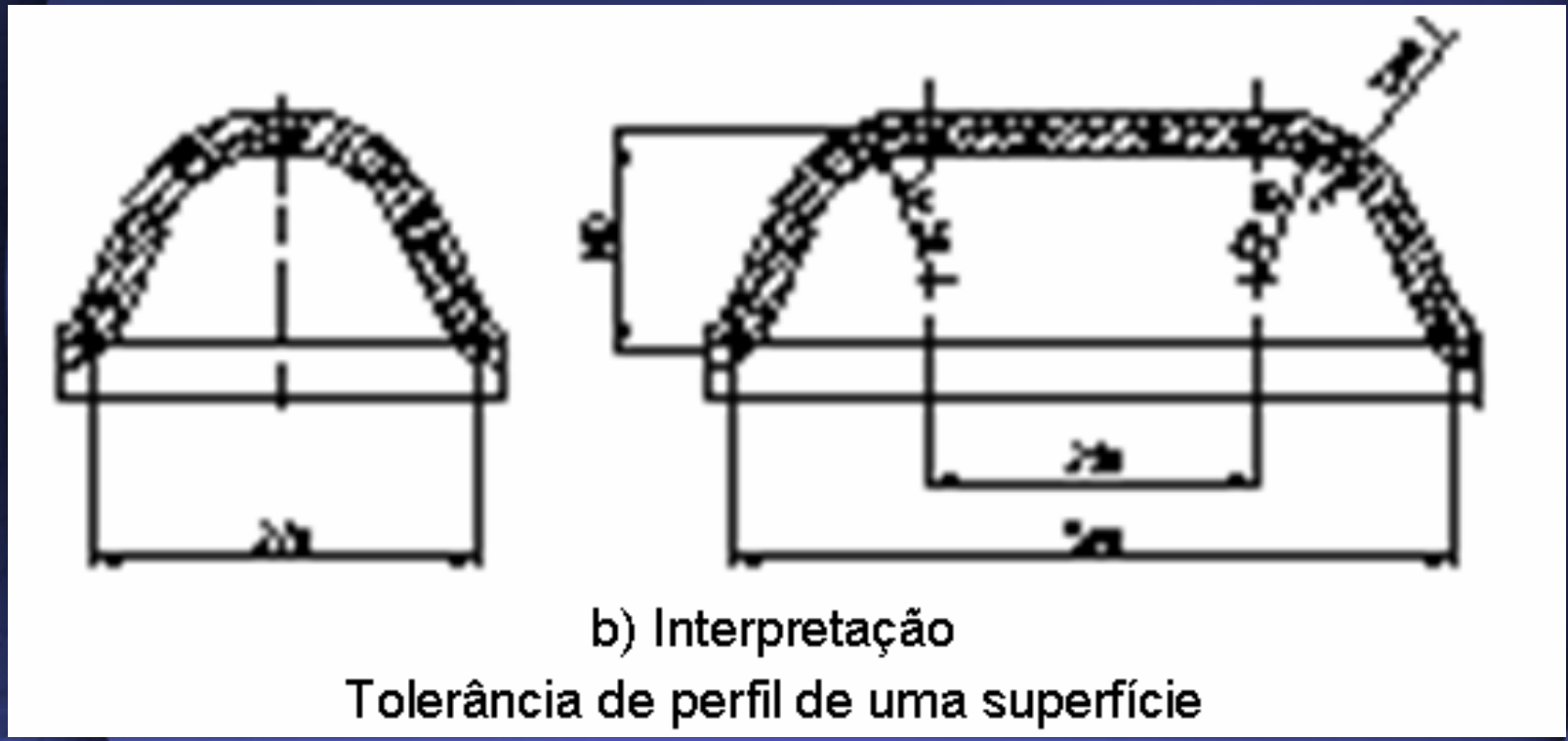
Tolerâncias de perfil

- **Toleranciamento geométrico de uma superfície perfilada:**



Tolerâncias de perfil

- **Toleranciamento geométrico de uma superfície perfilada (cont.):**



b) Interpretação

Tolerância de perfil de uma superfície

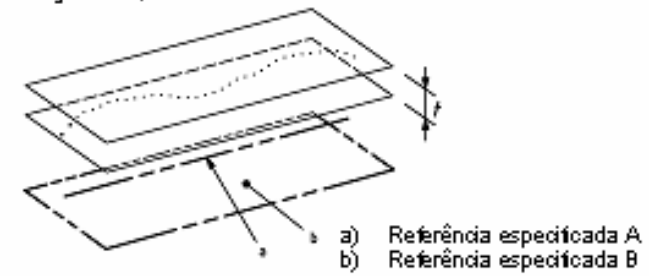
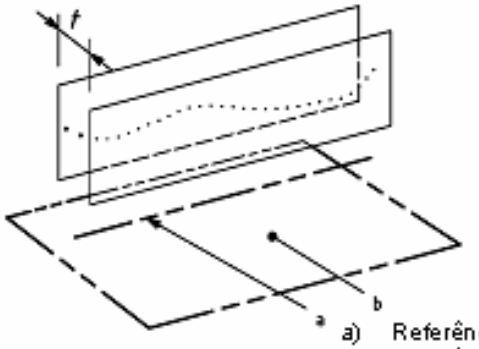
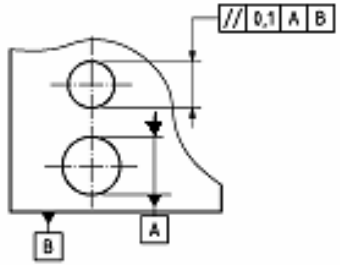
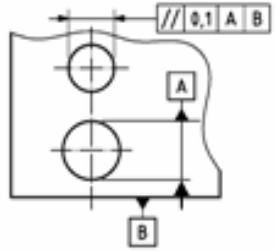
Tolerâncias de orientação

- **Tolerâncias de orientação** dizem respeito a elementos geométricos associados e limitam igualmente os defeitos de forma do elemento toleranciado.

- **Tolerância de paralelismo**:
  - O **paralelismo é qualidade de uma linha ou superfície, em que todos os seus pontos estão a igual distância de uma outra linha ou superfície**.
  - A tolerância de paralelismo **só se aplica a elementos considerados rectilíneos ou planos** (linhas ou superfícies).
  - Limita igualmente os defeitos de forma (rectitude ou planeza) do elemento toleranciado.

Tolerâncias de orientação

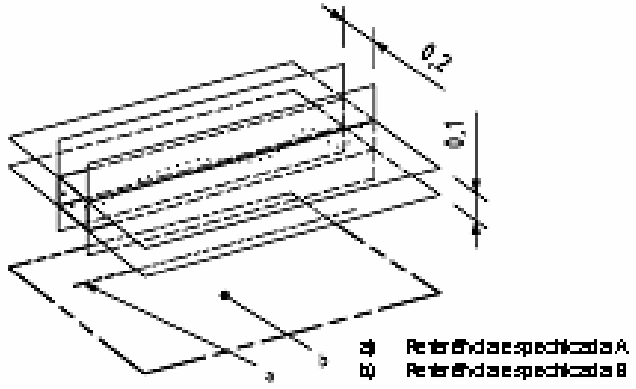
- **Tolerância de paralelismo:**

Tolerância de paralelismo (símbolo //)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a um sistema de referências	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t*. Os planos são paralelos às referências especificadas e orientados na direcção especificada.  a) Referência especificada A b) Referência especificada B  a) Referência especificada A b) Referência especificada B	A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,1, que são paralelos ao eixo de referência A e orientados em relação ao plano de referência B e na direcção especificada.  A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,1, que são paralelos ao eixo de referência A e orientados em relação ao plano de referência B e na direcção especificada. 

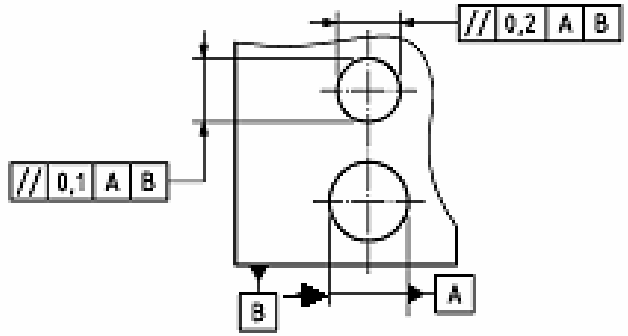
Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de paralelismo (cont.)**:

A zona de tolerância está limitada por dois pares de planos paralelos distantes, respectivamente, de 0,1 e 0,2 e perpendiculares entre si. Os planos são paralelos ao eixo de referência A (a) e ao plano de referência B b).



A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois pares de planos paralelos distantes, respectivamente, de 0,1 e 0,2, paralelos ao eixo de referência A e na direcção especificada em relação ao plano de referência B e perpendiculares entre si.

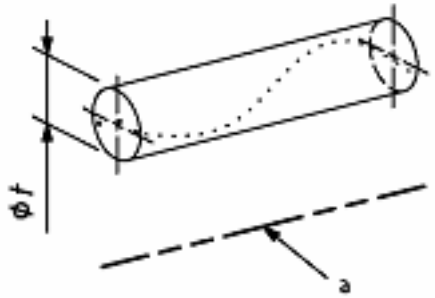


Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de paralelismo (cont.)**:

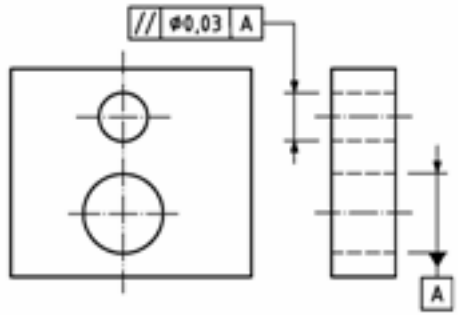
Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a uma linha de referência

A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro *t* paralelo à referência especificada, se o valor da tolerância for precedido pelo símbolo ∅.



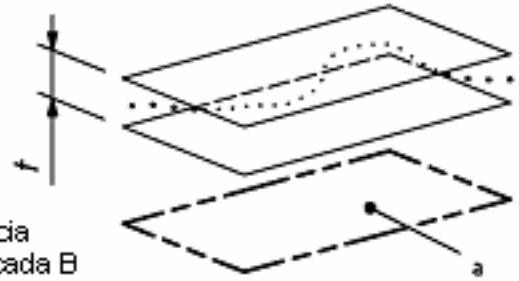
a) Referência especificada A

A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,03, paralela ao eixo de referência A.



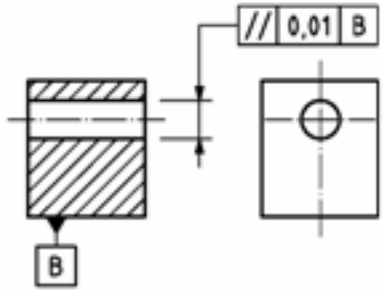
Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a uma superfície de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e paralelos à referência especificada.



a) Referência especificada B

A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,01, que são paralelos ao plano de referência B.



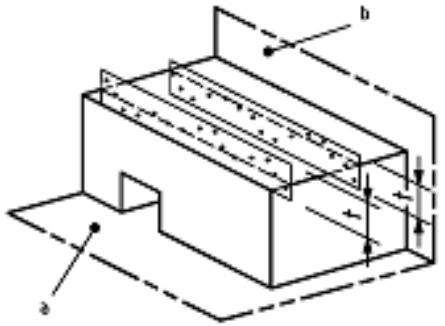
Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de paralelismo (cont.)**:

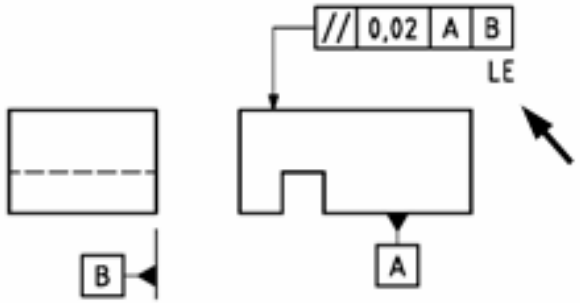
Tolerância de paralelismo de uma linha em relação a um sistema de referências

A zona de tolerância está limitada por duas linhas paralelas distantes, entre si, de *t*, paralelas ao plano de referência A e paralelas ao plano de referência B.

a) Referência especificada A
b) Referência especificada B



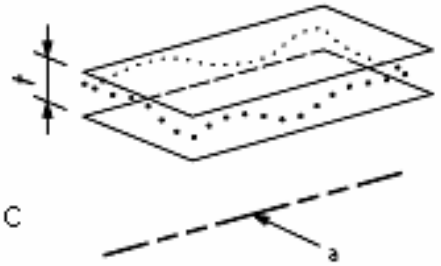
Cada linha extraída (real) deve estar compreendida entre duas linhas paralelas distantes de 0,02, paralelas ao plano de referência A e paralelas ao plano de referência B.



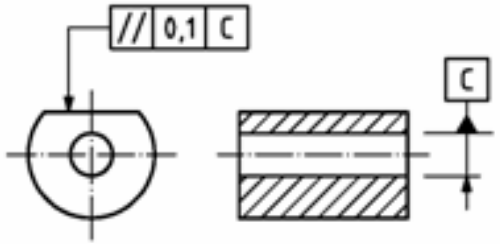
Tolerância de paralelismo de uma superfície em relação a uma linha de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e paralelos à referência especificada.

a) Referência especificada C

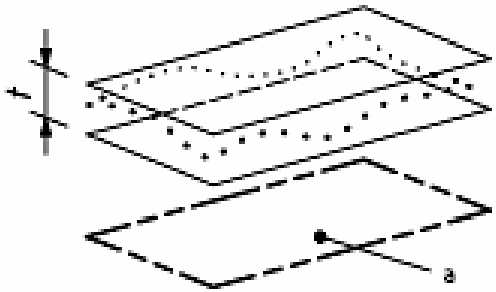
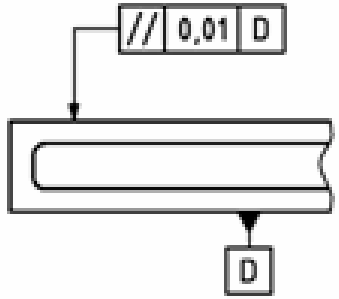


A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,1, e paralelos ao eixo de referência C.



Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de paralelismo (cont.)**:

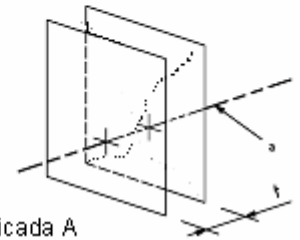
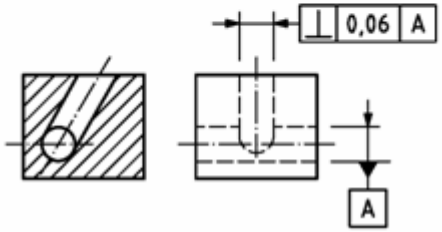
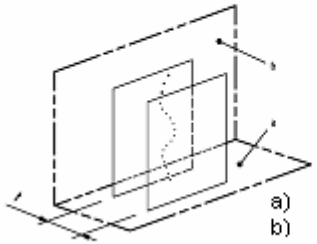
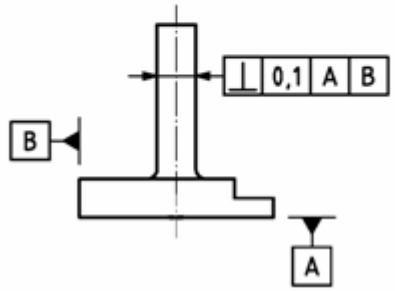
Tolerância de paralelismo de uma superfície em relação a uma superfície de referência	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e paralelos ao plano de referência. a) Referência especificada D 	A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,01, e paralelos ao plano de referência D. 

Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de perpendicularidade**:
  - A **perpendicularidade é qualidade de duas rectas, de dois planos ou de uma recta e de um plano que se encontram segundo um ângulo recto**.
  - Tolerância de perpendicularidade: dimensão(ões) máxima(s) admissível(is) da **zona de tolerância**, **perpendicular ao elemento de referência**, na qual deve estar compreendida a linha ou a superfície considerada.
  - A **tolerância de perpendicularidade só pode ser aplicada** a elementos considerados rectilíneos ou planos, designados por **linhas ou superfícies**.
  - A tolerância de perpendicularidade limita igualmente os defeitos de forma (rectitude ou planeza) do elemento toleranciado.

Tolerâncias de orientação

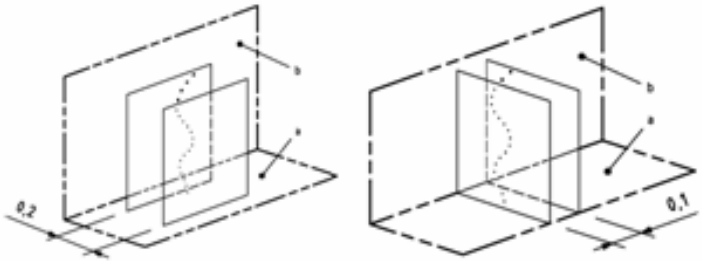
- **Tolerância de perpendicularidade:**

Tolerância de perpendicularidade (símbolo ⊥)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
Tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a uma linha de referência	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e perpendiculares à referência especificada.  a) Referência especificada A	A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,06, que são perpendiculares ao eixo de referência A. 
Tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a um sistema de referências	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t*. Os planos são perpendiculares à referência especificada A e paralelos à referência especificada B.  a) Referência especificada A b) Referência especificada B	A linha mediana extraída (real) do cilindro deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,1, que são perpendiculares ao plano de referência A e na direcção especificada em relação ao plano de referência B. 

Tolerâncias de orientação

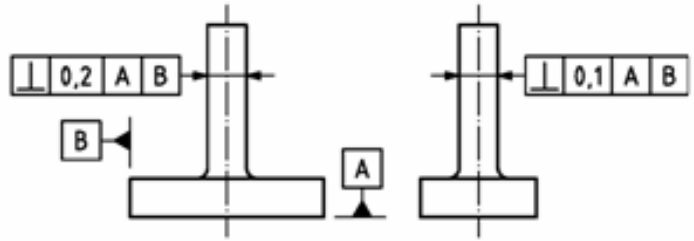
- **Tolerância de perpendicularidade (cont.):**

A zona de tolerância está limitada por dois pares de planos paralelos distantes, respectivamente, de 0,2 e 0,1 e perpendiculares entre si. Os dois pares de planos são perpendiculares à referência especificada A, sendo um paralelo e o outro perpendicular à refer. especif. B.



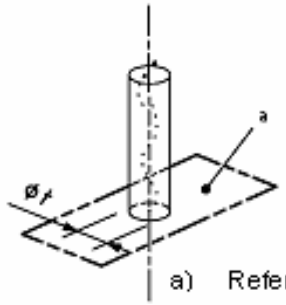
a) Referência especificada A
b) Referência especificada B (As zonas de tolerância devem ser combinadas)

A linha mediana extraída (real) do cilindro deve estar compreendida entre dois pares de planos paralelos distantes entre si, respectivamente, de 0,2 e 0,1, na direcção especificada em relação ao plano de referência B e perpendiculares entre si. Cada par de planos paralelos deve ser perpendicular ao plano de referência A.



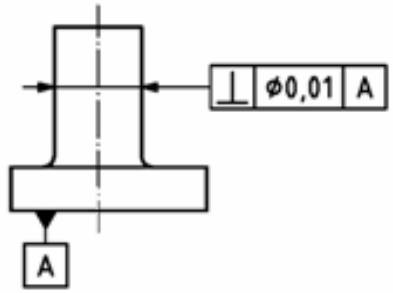
Tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a uma superfície de referência

A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro *t* perpendicular à referência especificada, quando o valor da tolerância é precedido do símbolo ⌀.



a) Referência especificada A

A linha mediana extraída (real) do cilindro deve estar compreendida numa zona de tolerância cilíndrica de diâmetro 0,01, perpendicular ao plano de referência A.

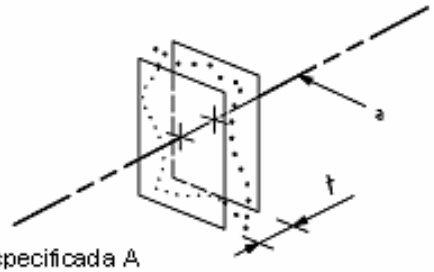


Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de perpendicularidade (cont.):**

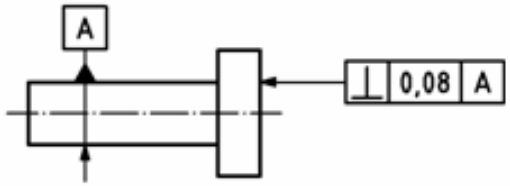
Tolerância de perpendicularidade de uma superfície em relação a uma linha de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e perpendiculares à referência especificada.



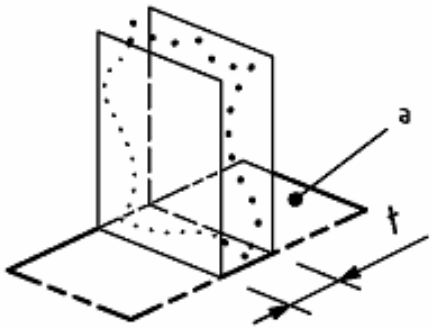
a) Referência especificada A

A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,08 e perpendiculares ao eixo de referência A.



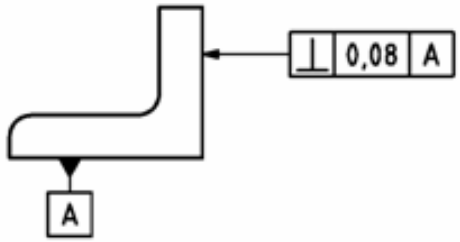
Tolerância de perpendicularidade de uma superfície em relação a uma superfície de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e perpendiculares à referência especificada.



a) Referência especificada A

A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,08 e perpendiculares ao plano de referência A.



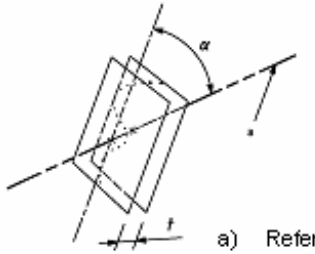
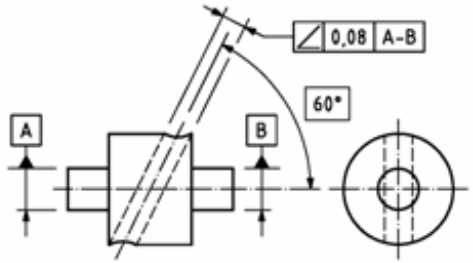
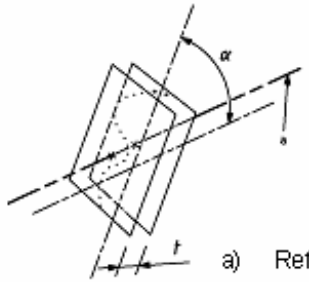
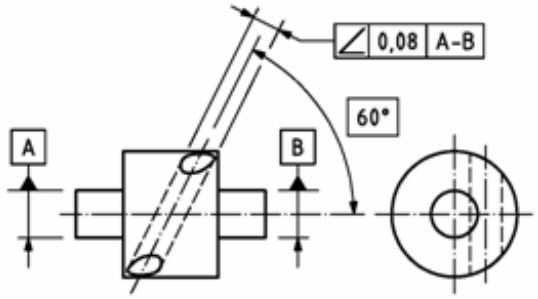
Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de inclinação**:
  - **A inclinação é qualidade de duas rectas, de dois planos ou de uma recta e de um plano que se encontram segundo um ângulo especificado**.
  - A **tolerância de inclinação só se aplica a elementos considerados rectilíneos ou planos** (linhas ou superfícies).
  - Limita igualmente os defeitos de forma (rectitude ou planeza) do elemento toleranciado.
  - Para um toleranciamento de inclinação, é **necessário definir a orientação teórica do elemento especificado, através de um ângulo de referência** (teoricamente exacto).
  - A inclinação particular de 0º é um paralelismo e a inclinação particular de 90º é uma perpendicularidade.

Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de inclinação:**

Tolerância de inclinação (angularidade) (símbolo ∠)

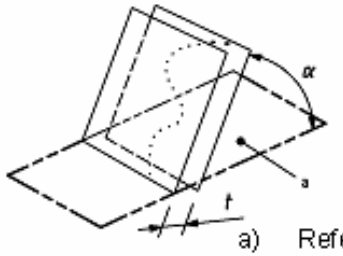
Definição da zona de tolerância	Indicação e interpretação
Tolerância de inclinação de uma linha em relação a uma linha de referência	
a) Linha e linha de referência contidas no mesmo plano: A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e inclinados do ângulo especificado, em relação à referência especificada.  a) Referência especificada A-B	A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,08 e inclinados de um ângulo teoricamente exacto de 60°, em relação à linha recta de referência comum A-B. 
b b) Linha e linha de referência contidas em planos diferentes: A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e inclinados do ângulo especificado, em relação à referência especificada. A linha considerada e a linha de referência não estão no mesmo plano.  a) Referência especificada A-B	A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,08 e inclinados de um ângulo teoricamente exacto de 60°, em relação à linha recta de referência comum A-B. 

Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de inclinação (cont.)**:

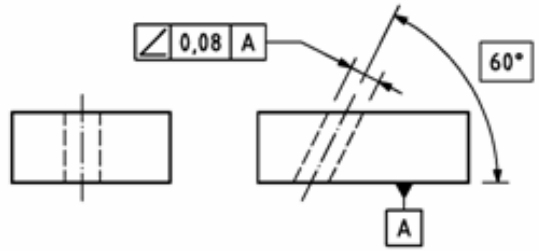
Tolerância de inclinação de uma linha em relação a uma superfície de referência

A zona de tolerância está limitada por dois pares de planos paralelos distantes, entre si, de *t* e inclinados do ângulo especificado, em relação à referência especificada.

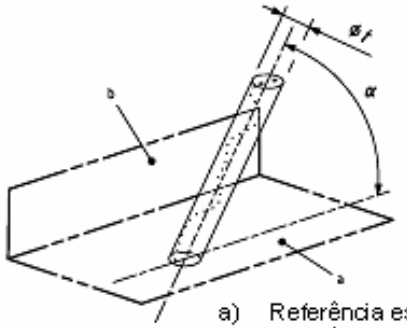


a) Referência especificada A

A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes entre si de 0,08 e inclinados de um ângulo teoricamente exacto de 60° em relação ao plano de referência A.

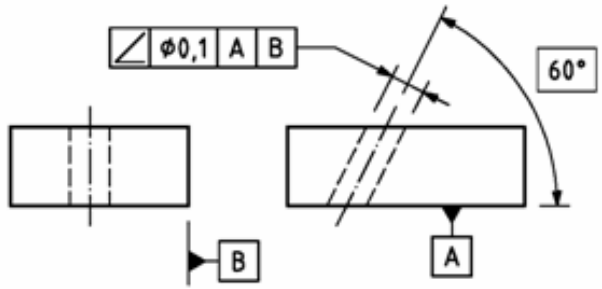


A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro *t*, quando o valor da tolerância é precedido do símbolo ∅. A zona de tolerância cilíndrica é paralela ao plano de referência B, e inclinada do ângulo especificado, em relação ao plano de referência A.



a) Referência especificada A
b) Referência especificada B

A linha mediana extraída (real) deve estar compreendida numa zona de tolerância cilíndrica de diâmetro 0,1, paralela ao plano de referência B e inclinada do ângulo teoricamente exacto de 60°, em relação ao plano de referência A.

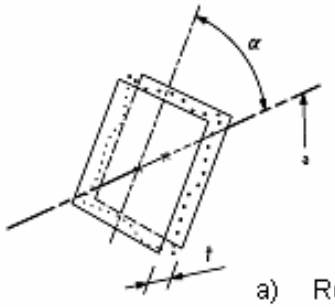


Tolerâncias de orientação

- **Tolerância de inclinação (cont.)**:

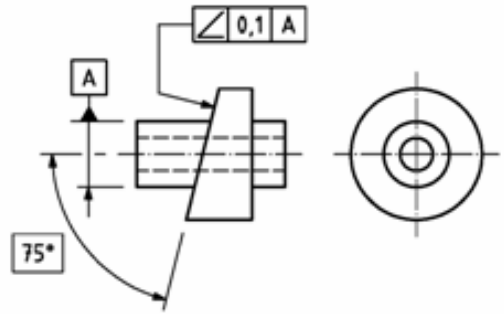
Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a uma linha de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e inclinados do ângulo especificado, em relação à referência especificada.



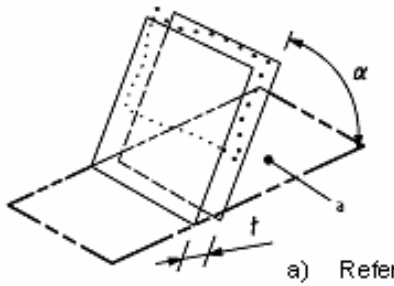
a) Referência especificada A

A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,1 e inclinados de um ângulo teoricamente exacto de 75°, em relação ao eixo de referência A.



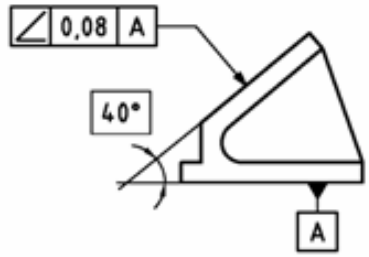
Tolerância de inclinação de uma superfície em relação a uma superfície de referência

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e inclinados do ângulo especificado, em relação à referência especificada.



a) Referência especificada A

A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,08 e inclinados de um ângulo teoricamente exacto de 40°, em relação ao plano de referência A.



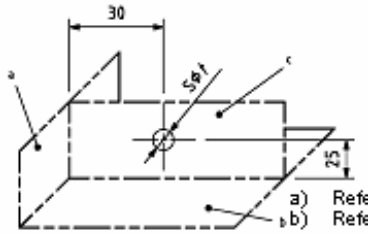
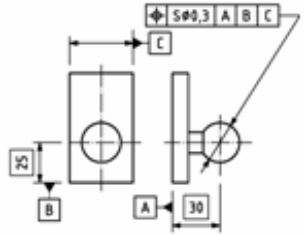
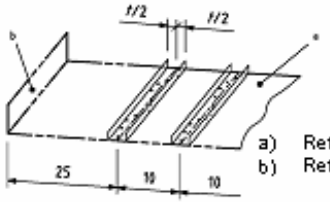
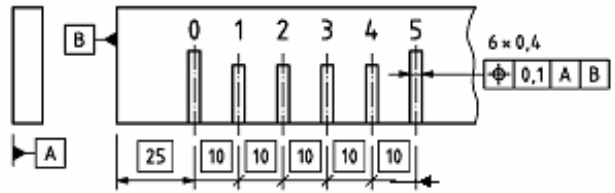
Tolerâncias de posição

- **Tolerâncias de posição dizem respeito a elementos geométricos associados** e limitam igualmente os desvios de forma e de orientação do elemento toleranciado.
- **Tolerância de Localização**:
  - **A localização é a qualidade de posicionamento de um ponto, de uma linha ou de uma superfície, em relação à cotagem especificada**.
  - **Aplica-se a pontos, linhas rectas e superfícies planas**. Não se aplica a furos, mas **apenas à sua linha mediana**, nem a ranhuras, mas **apenas à sua superfície mediana** ou a uma das faces laterais.
  - **Define os limites possíveis da posição**: quer do elemento toleranciado em relação a referências exteriores, quer dos elementos entre si. **A posição teórica exacta é sempre definida por cotas enquadradas**.

Tolerâncias de posição

- **Tolerância de Localização:**

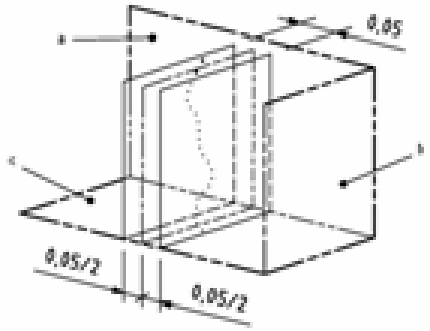
Tolerância de localização (símbolo ⌖)

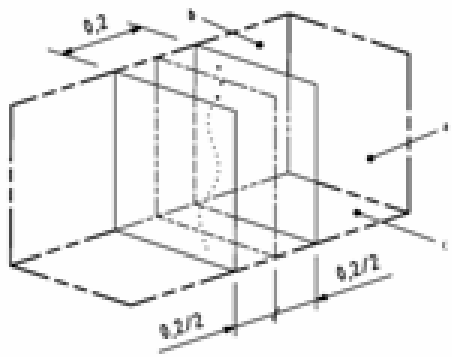
Definição da zona de tolerância	Indicação e interpretação
Tolerância de localização de um ponto	
A zona de tolerância está limitada por uma esfera de diâmetro *t*, quando o valor da tolerância é precedido do símbolo SØ. A posição do centro da zona de tolerância esférica é determinada através de cotas teoricamente exactas em relação às referências especificadas A, B e C.  a) Referência especificada A b) Referência especificada B c) Referência especificada C	O centro extraído (real) da esfera deve estar compreendido numa zona esférica de diâmetro 0,3, cujo centro coincide com a posição teoricamente exacta da esfera, em relação aos planos de referência A e B e ao plano mediano de referência C.  Nota: A definição do centro extraído (real) de uma esfera não está ainda normalizada.
Tolerância de localização de uma linha	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e dispostos simetricamente em relação à linha central. A posição da linha recta central é determinada através de cotas teoricamente exactas, em relação às referências especificadas A e B. A tolerância só está prescrita numa única direcção.  a) Referência especificada A b) Referência especificada B	A linha de eixo (real) extraída de cada linha traçada deve estar compreendida entre dois planos paralelos, distantes, entre si, de 0,1 e dispostos simetricamente, de cada lado da posição teoricamente exacta da linha considerada, em relação aos planos de referência A e B. 

Tolerâncias de posição

- **Tolerância de Localização (cont.):**

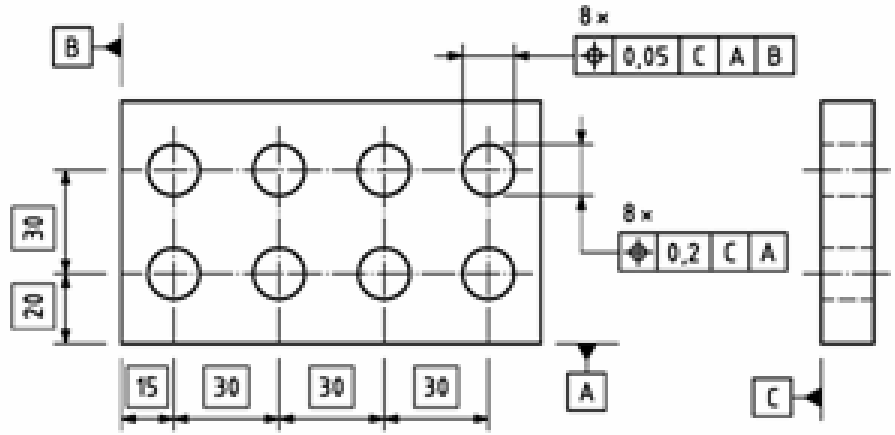
A zona de tolerância está limitada por dois pares de planos paralelos distantes entre si, respectivamente, de 0,05 e 0,2 e dispostos simetricamente em relação à posição teoricamente exacta. A posição teoricamente exacta é determinada através de cotas teoricamente exactas, em relação às referências especificadas C, A e B. A tolerância é prescrita em duas direcções, em relação às referências especificadas.





a) Referência especificada A
b) Referência especificada B
c) Referência especificada C

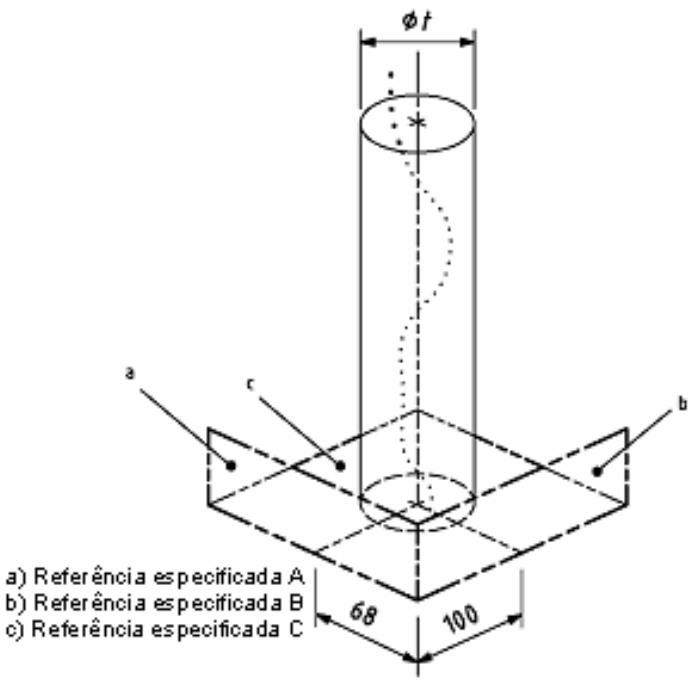
A linha mediana extraída (real) de cada furo deve estar compreendida entre dois pares de planos paralelos distantes, respectivamente, de 0,05 e 0,2, na direcção especificada, e perpendiculares entre eles. Cada par de planos paralelos está orientado em relação ao sistema de referências e está disposto simetricamente de cada lado da posição teoricamente exacta do furo considerado, em relação aos planos de refer. C, A e B.



Tolerâncias de posição

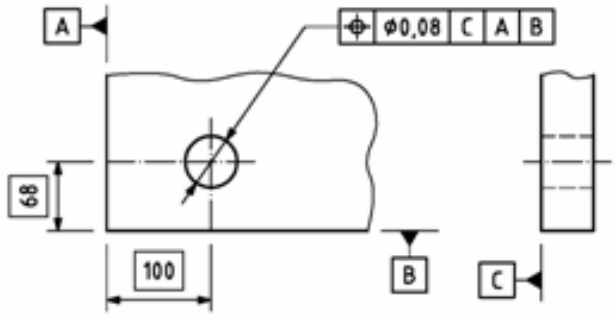
- **Tolerância de Localização (cont.):**

A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro *t*, quando o valor da tolerância é precedido do símbolo ∅. O eixo do cilindro de tolerância é fixado através de cotas teoricamente exactas, em relação às referências especificadas C, A e B.

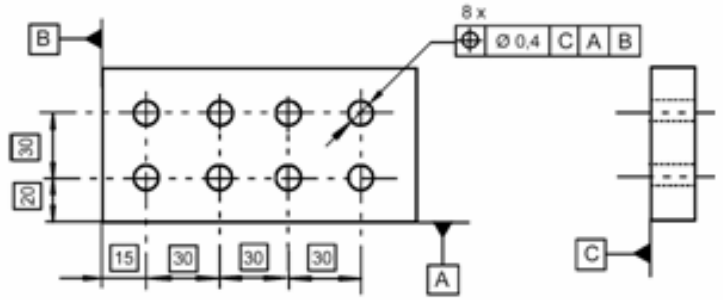


a) Referência especificada A
b) Referência especificada B
c) Referência especificada C

A linha mediana extraída (real) de cada furo deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,08, cujo eixo coincide com a posição teoricamente exacta do furo considerado, em relação aos planos de referência C, A e B.



A linha mediana extraída (real) de cada furo deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,4, cujo eixo coincide com a posição teoricamente exacta do furo considerado, em relação aos planos de referência C, A e B.

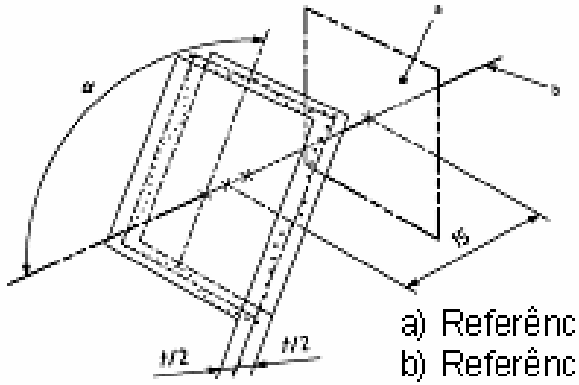


Tolerâncias de posição

- **Tolerância de Localização (cont.):**

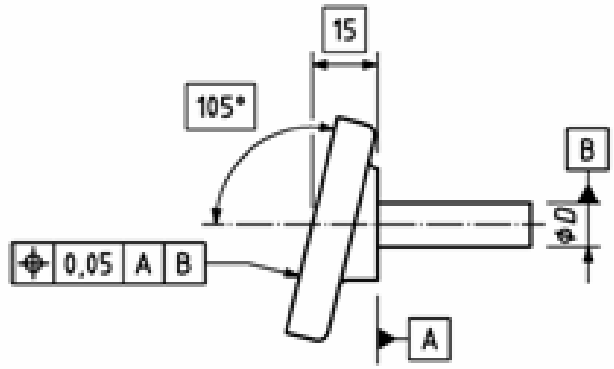
Tolerância de localização de uma superfície plana ou de um plano mediano

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes de *t* e dispostos simetricamente em relação à posição teoricamente exacta, determinada através de cotas teoricamente exactas, em relação às referências especificadas A e B.



a) Referência especificada A
b) Referência especificada B

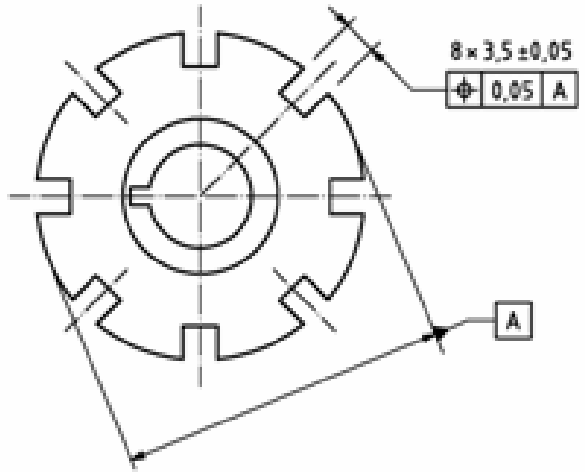
A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,05 e dispostos simetricamente de cada lado da posição teoricamente exacta da superfície, em relação ao plano de referência A e ao eixo de referência B.



Tolerâncias de posição

- **Tolerância de Localização (cont.):**

A superfície mediana extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes de 0,05 e dispostos simetricamente de cada lado da posição teoricamente exacta do plano mediano em relação ao eixo de referência A.



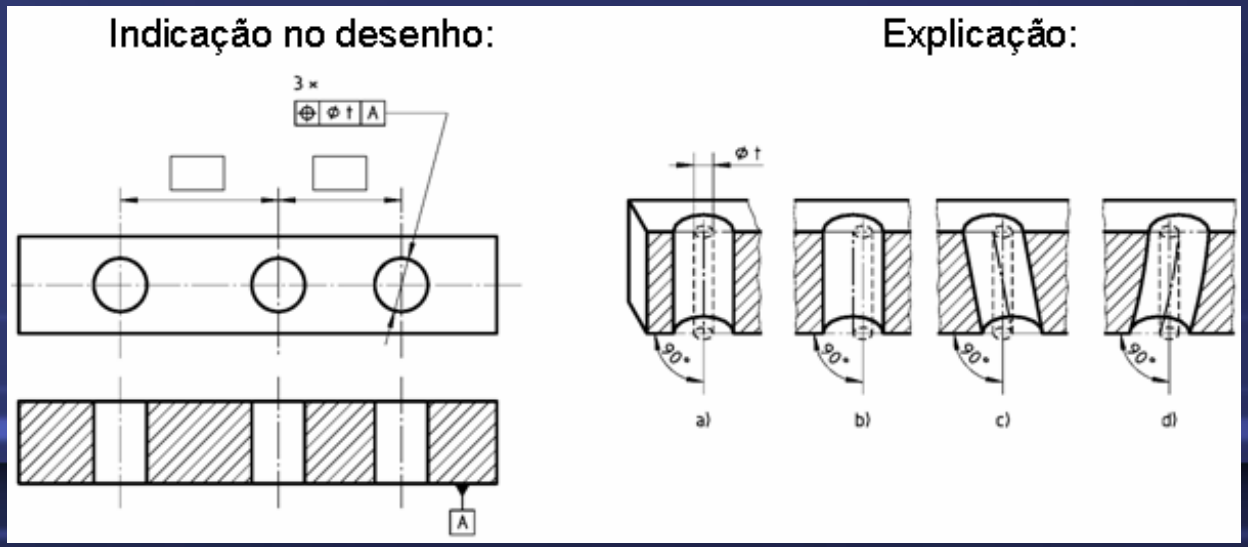
Nota: O ângulo teoricamente exacto entre as oito ranhuras está dado implicitamente

Tolerâncias de posição

- Toleranciamento de localização (ISO 5458):
  - Este método de toleranciamento **aplica-se, por exemplo, à posição do centro de uma esfera, do eixo de um furo ou de um veio e da superfície mediana de um rasgo**. Quando as linhas não são nominalmente rectas ou as superfícies não são nominalmente planas utiliza-se o toleranciamento geométrico de perfil (ver a norma ISO 1660).
  - **Estabelecimento de tolerâncias de localização**:
    - **Cotas teoricamente exactas, zonas de tolerância e referências especificadas** são os constituintes principais deste toleranciamento.
    - As **tolerâncias de localização são associadas com cotas teoricamente exactas** e definem os limites para a posição de elementos reais (extraídos) (pontos, superfícies medianas, linhas nominalmente rectas e superfícies nominalmente planas) uns em relação aos outros ou em relação a uma ou mais referências especificadas. A zona de **tolerância é disposta simetricamente** face à posição teoricamente exacta.

Tolerâncias de posição

- **Cotas teoricamente exactas**:
  - As cotas teoricamente exactas, tanto lineares como angulares, são **indicadas no interior de um quadro rectangular**, em concordância com a norma ISO 1101.
  - As cotas teoricamente exactas 0º e 90º, 180º ou a distância 0, entre elementos toleranciados em localização e entre elementos toleranciados em localização e suas correspondentes referências especificadas estão implícitas sem indicação específica.



Tolerâncias de posição

- Quando os **elementos com tolerância de localização partilham a mesma linha de centro ou eixo, eles são olhados como elementos relacionados de forma teoricamente exacta**, a menos que especificado de outro modo (ex.: em relação a diferentes referências especificadas ou outra razão indicada no desenho).
- Quando os **elementos com tolerâncias de localização estão dispostos numa circunferência completa, entende-se que esses elementos estão igualmente espaçados**, a menos que algo esteja expresso em contrário, e que as suas posições teoricamente exactas.
- **Se dois ou mais grupos de elementos partilham o mesmo eixo, eles devem ser considerados como sendo um único conjunto**, quando:
  - não estão referidos a uma referência especificada;
  - estão referidos à mesma referência especificada ou sistema de referências especificadas.

Tolerâncias de posição

- Direcções de tolerâncias de localização:
  - Tolerâncias de localização numa só direcção:
    - A orientação da largura da zona de tolerância é baseada no conjunto das cotas teoricamente exactas e é a 0º ou 90º, conforme indicado pela direcção da linha de indicação, a menos que indicado de outro modo.

Indicação no desenho:

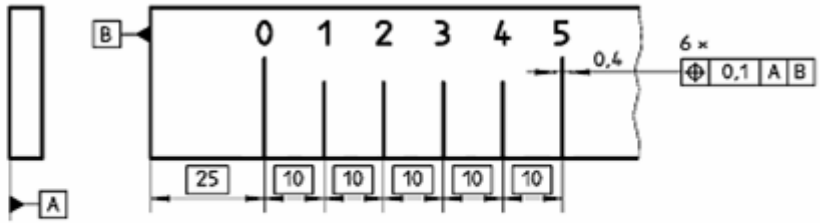
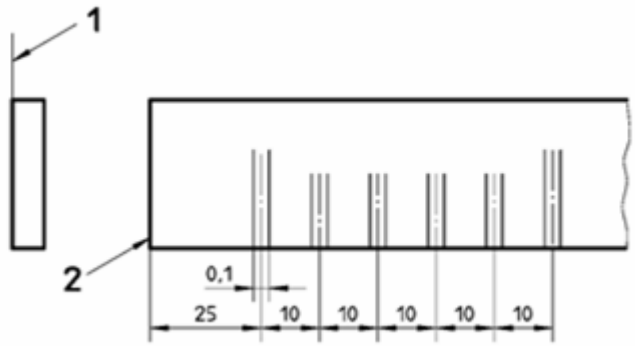


Figura 3 a)

Explicação:

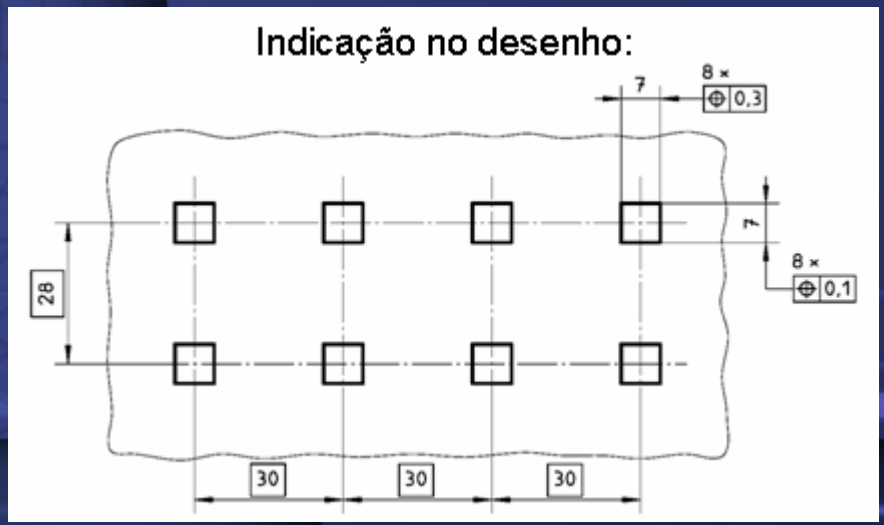


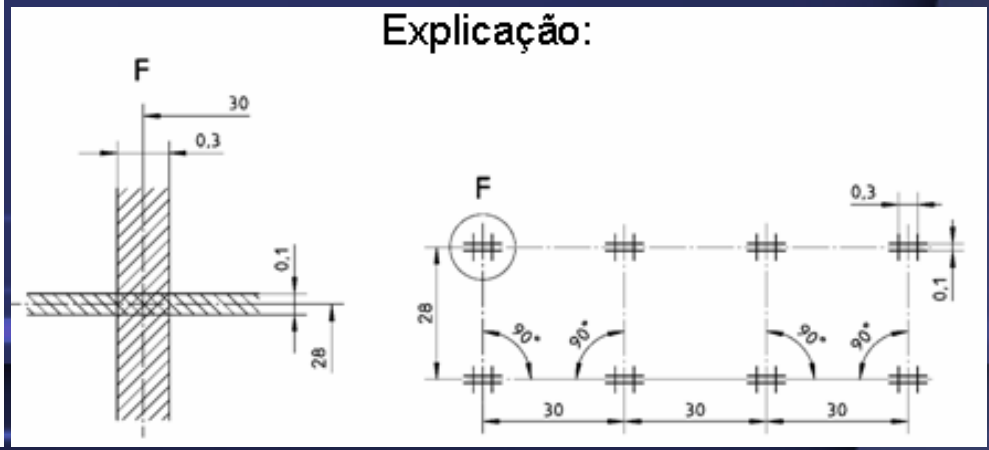
Legenda:

1 – Referência simulada A
2 – Referência simulada B

Tolerâncias de posição

- As **tolerâncias de localização não se acumulam**, quando as cotas teoricamente exactas estão dispostas em série, o que contrasta com o caso das tolerâncias dimensionais de cotas dispostas em série.
  - Tolerâncias de localização em duas direcções:
    - O valor da **tolerância pode ser especificado em duas direcções perpendiculares entre si**, sendo feita referência a valores desiguais ou a valores iguais.

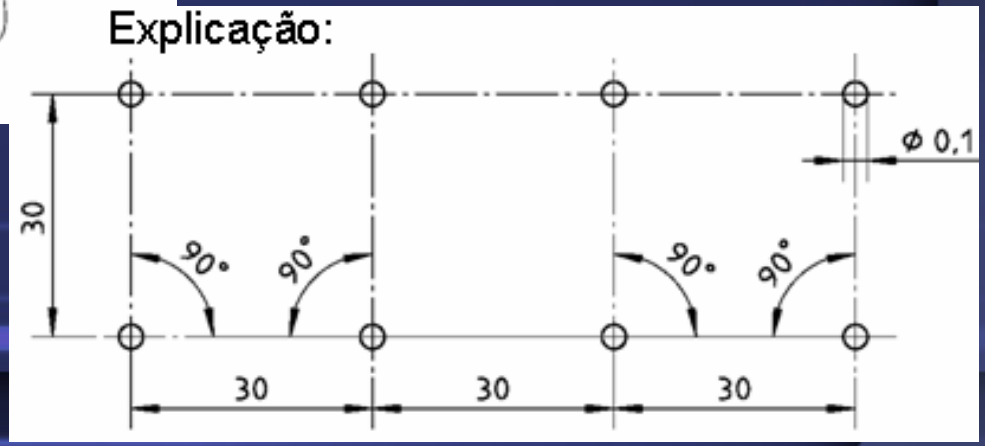




Tolerâncias de posição

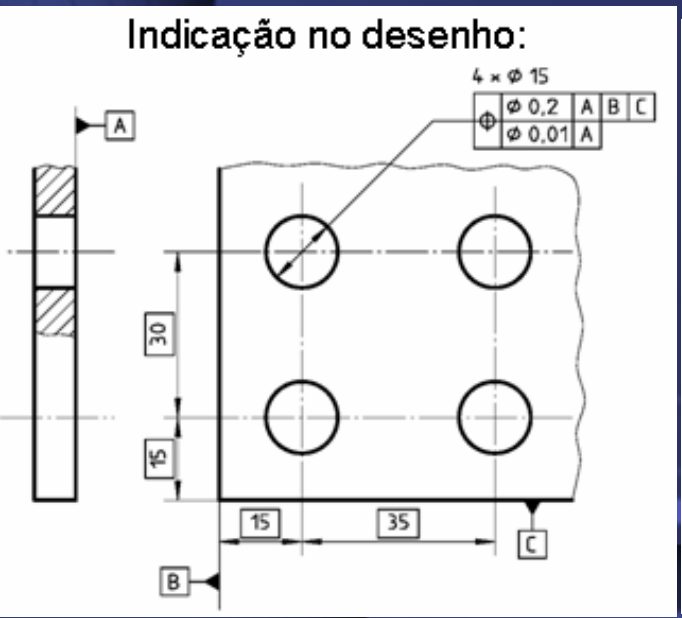
- Tolerâncias de localização multidireccionais:
  - A **tolerância é especificada como uma zona cilíndrica**.

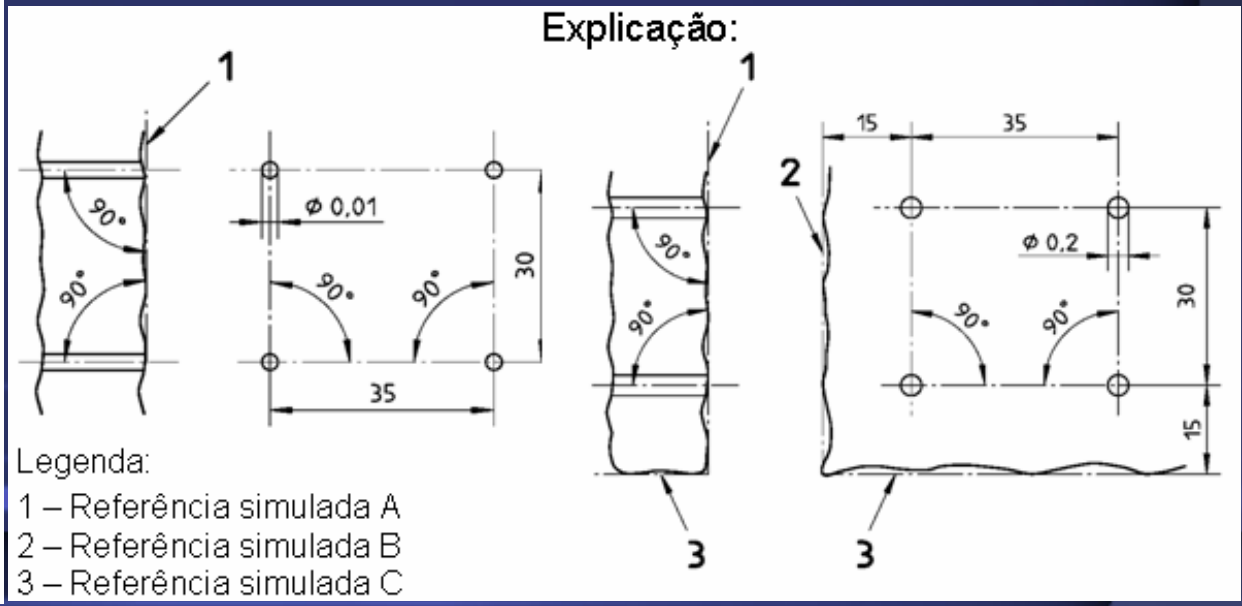




Tolerâncias de posição

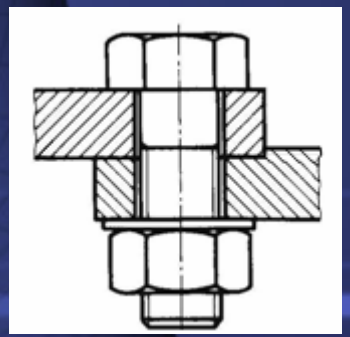
- Combinações de tolerâncias:
  - Se um grupo de elementos é posicionado individualmente através de um toleranciamento de localização e a posição do seu conjunto é também posicionada por um toleranciamento de localização, **cada requisito deve ser respeitado independentemente**.

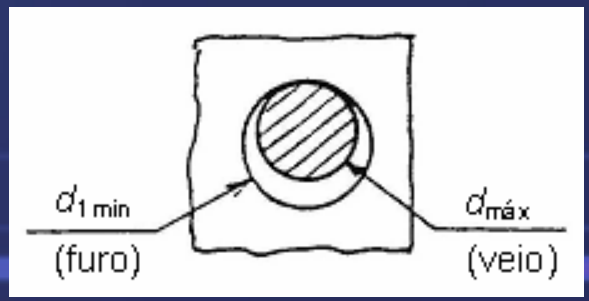


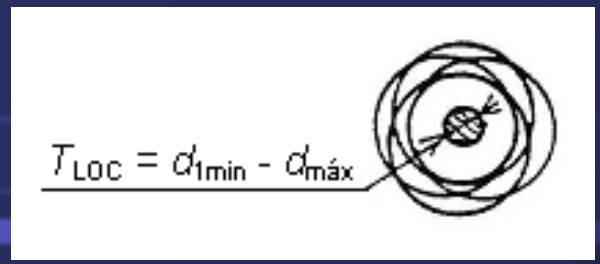


Tolerâncias de posição

- Cálculo de tolerâncias de localização:
  - Admite-se que os **elementos interiores e exteriores são ambos de forma e orientação perfeitas e estão na sua condição de máximo de matéria.** As fórmulas utilizadas darão origem a um ajustamento "sem folga", quando os elementos conjugados estão na condição de máximo de matéria (MMC) e na sua **posição mais desfavorável**, dentro das suas zonas de tolerância de localização.
  - **Elemento de fixação flutuante**:



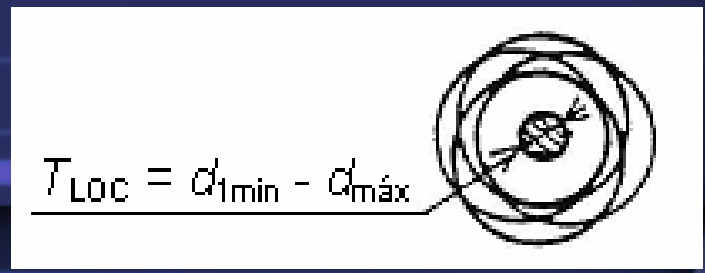




Tolerâncias de posição

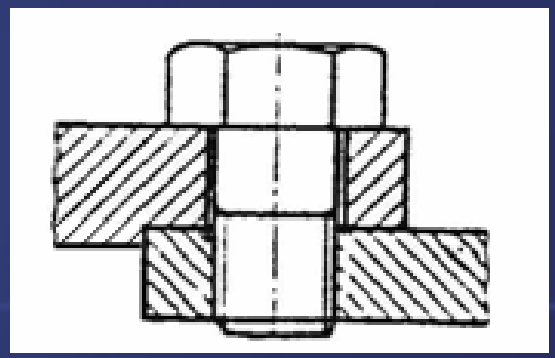
- **Elemento de fixação flutuante**:
  - A zona de tolerância das posições dos eixos dos furos das peças é um cilindro com o eixo na posição teoricamente exacta dos eixos dos furos e diâmetro de valor igual à tolerância de localização:
    - $T_{Loc} = (d_{1min} - d_{máx})$

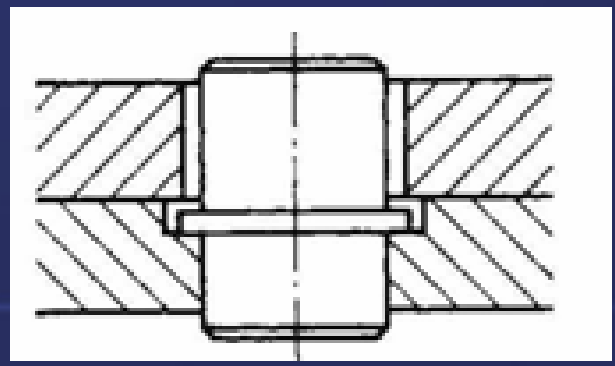
    em que:
    - d_{1min} é o tamanho de máximo de matéria do elemento interior (ex.: diâmetro mínimo do furo passante);
    - $d_{máx}$ é o tamanho de máximo de matéria do elemento exterior (ex.: diâmetro máximo do parafuso).
  - Em conclusão, a **utilização de ligações "parafuso-porca" permite ter, em cada peça, furos passantes com uma tolerância de localização igual à folga mínima entre os elementos da ligação**.



Tolerâncias de posição

- **Elemento de fixação fixo**:
  - Uma das peças tem elementos de fixação restringidos (ex.: pernos e parafusos em furos roscados ou um pino ajustado com aperto numa das extremidades).
  - Como o elemento de fixação está fixo a uma das peças, a tolerância de localização dos furos das peças tem o valor:
    - $T_{LOC} = (d_{1min} - d_{máx}) / 2$



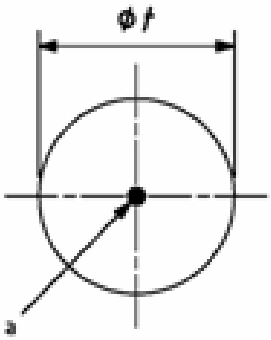


Tolerâncias de concentricidade e de coaxialidade

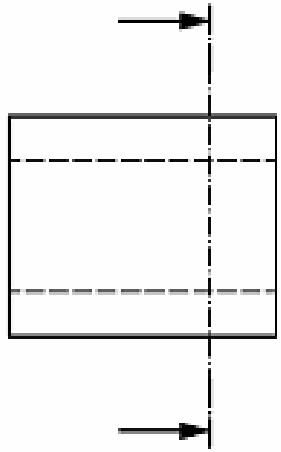
- A **concentricidade** é a qualidade de **dois ou mais elementos circulares ou esféricos cujos centros são confundidos**. A **coaxialidade é a qualidade de dois ou mais elementos cujos eixos de revolução são confundidos**.
- A **concentricidade aplica-se a elementos que têm um ponto de centro, enquanto a coaxialidade se aplica a elementos com um eixo**. A concentricidade e a coaxialidade são características de posição particular cujo valor nominal é a "cota teoricamente exacta implícita 0 mm".
- O elemento a tomar como referência deve ser escolhido em função dos requisitos funcionais.

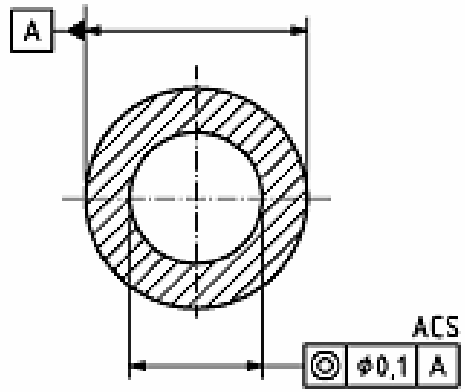
Tolerâncias de concentricidade e de coaxialidade

Tolerância de concentricidade e de coaxialidade (símbolo ◎)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
Tolerância de concentricidade de um ponto	
A zona de tolerância está limitada por uma circunferência de diâmetro t, o valor da tolerância deve ser precedido do símbolo ∅. O centro da zona de tolerância circular coincide com o ponto de referência.	O centro extraído (real) da circunferência exterior deve estar compreendido numa circunferência de diâmetro 0,1, concentrica com o ponto de referência A, na secção recta.



a) Ponto de referência A





Tolerâncias de concentricidade e de coaxialidade

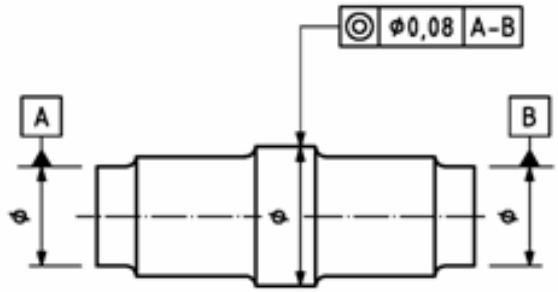
Tolerância de coaxialidade de um eixo

A zona de tolerância está limitada por um cilindro de diâmetro t, o valor da tolerância deve ser precedido do símbolo ⌀. O eixo da zona de tolerância cilíndrica coincide com a referência especificada.



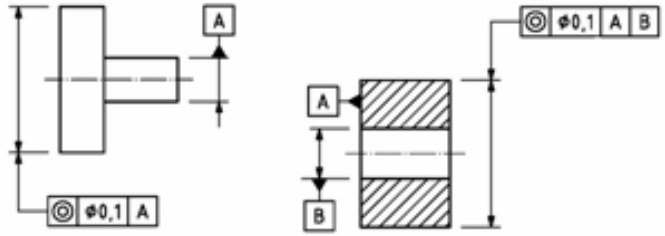
a) Referência especificada A-B

A linha mediana extraída (real) do cilindro toleranciado deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,08, cujo eixo é a linha recta de referência comum A-B.



A linha mediana extraída (real) do cilindro toleranciado deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,1, cujo eixo é o eixo de referência A.

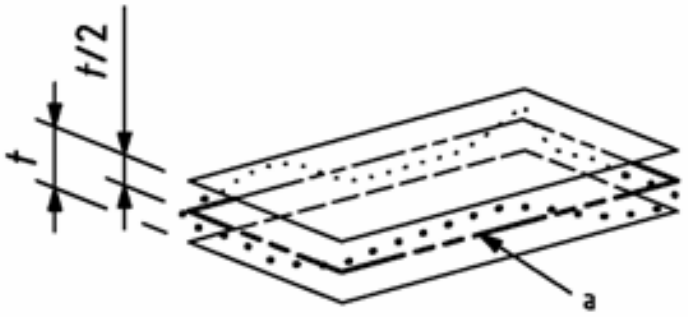
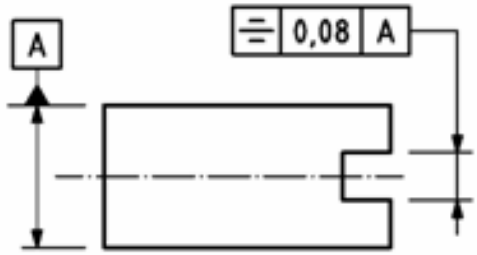
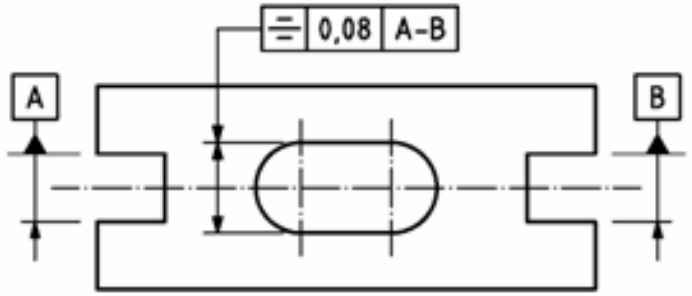
A linha mediana extraída (real) do cilindro maior deve estar compreendida numa zona cilíndrica de diâmetro 0,1, cujo eixo é o eixo de referência B perpendicular ao plano de referência A.



Tolerância de simetria

- A **simetria é a qualidade de um elemento (ponto, linha ou superfície) cuja posição é confundida com o plano definido pela(s) referência(s)**.
- A **tolerância de simetria é a distância máxima entre duas rectas (ou dois planos) paralelos, entre os quais deve estar compreendido o elemento (ponto, linha ou superfície) considerado**.
- O desvio de simetria é igual a duas vezes o desvio máximo em relação ao elemento de referência.
- A simetria é uma característica de posição particular, cujo valor nominal é a “cota teoricamente exacta implícita 0 mm”.

Tolerância de simetria

Tolerância de simetria (símbolo ⌯)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
Tolerância de simetria de um plano mediano	
A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t* e dispostos simetricamente em relação ao plano mediano, relativo à referência especificada.	A superfície mediana (real) extraída deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,08, que estão dispostos simetricamente em relação ao plano mediano de referência A.
	
a) Referência especificada.	A superfície mediana (real) extraída deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,08 e dispostos simetricamente em relação ao plano mediano de referência comum A-B.
	

Tolerâncias de batimento

- Tolerâncias globais e compostas, **utilizadas para controlar a relação funcional de uma ou mais características de um elemento, em relação a um eixo de referência**.
- **Aplicam-se a superfícies de revolução**. Permitem exprimir, directamente, as exigências funcionais de superfícies de peças (ex.: discos de embraiagem, rodas de atrito, roletes, jantes de rodas, etc.).
- Tolerância de **batimento circular**:
  - O **batimento circular é um desvio global, que conjuga desvios de forma, de orientação e de posição, verificado durante a rotação de um elemento em torno de um eixo de referência.**

Tolerâncias de batimento

- Tolerância de **batimento circular** (cont.):
  - O **batimento circular pode ser radial, axial, em qualquer direcção ou numa direcção especificada** e diz respeito a linhas circulares.
  - A **tolerância de batimento circular representa a variação máxima admissível *t* do elemento considerado, em relação a um ponto fixo, durante uma rotação completa em torno do eixo de referência** (sem deslocamento axial relativo entre a peça e o instrumento de medição). A tolerância de batimento circular aplica-se, separadamente, a cada posição de medição.
  - O desvio de batimento circular pode incluir os desvios de circularidade, de concentricidade, de perpendicularidade ou de planeza. A soma desses desvios não deve ultrapassar a tolerância de batimento circular prescrita.

Tolerâncias de batimento

- Tolerância de **batimento circular** (cont.):
  - O **desvio de batimento circular radial é o valor conjugado da concentricidade e da circularidade**. O **desvio de batimento circular axial é o valor conjugado da perpendicularidade e de rectitude circunferencial da face medida**. O **desvio de batimento circular em qualquer direcção é o valor conjugado de circularidade e de coaxialidade**.

Tolerâncias de batimento

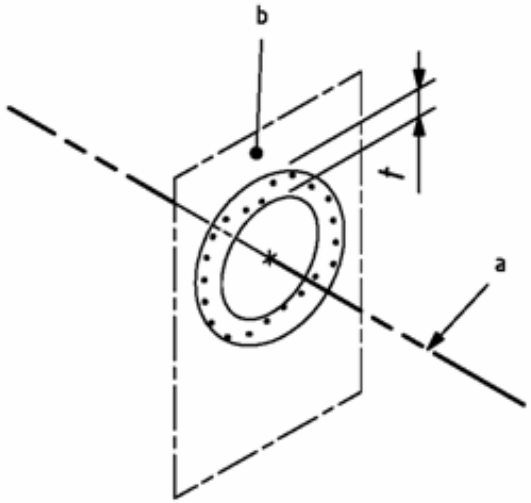
- Tolerância de batimento circular:

Tolerância de batimento circular (símbolo ↗)

Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**

Tolerância de batimento circular radial

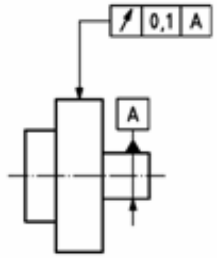
A zona de tolerância está limitada, em cada secção perpendicular ao eixo de referência, por duas circunferências concêntricas, com uma diferença de raios igual a *t*, cujos centros coincidem com a referência especificada.

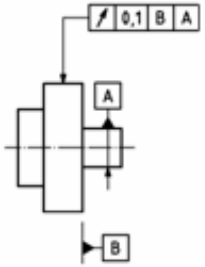


a) Referência especificada
b) Secção recta

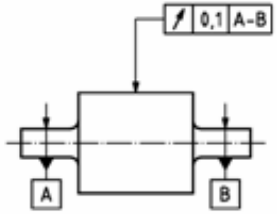
A linha extraída (real), em qualquer secção recta perpendicular ao eixo de referência A, deve estar compreendida entre duas circunferências concêntricas e complanares, com uma diferença de raios de 0,1.

A linha extraída (real), em qualquer secção recta paralela ao plano de referência B, deve estar compreendida entre duas circunferências complanares e concêntricas no eixo de referência A, com uma diferença de raios de 0,1.





A linha extraída (real), em qualquer secção recta, perpendicular à linha recta de referência comum A-B, deve estar compreendida entre duas circunferências concêntricas e complanares, com uma diferença de raios de 0,1.

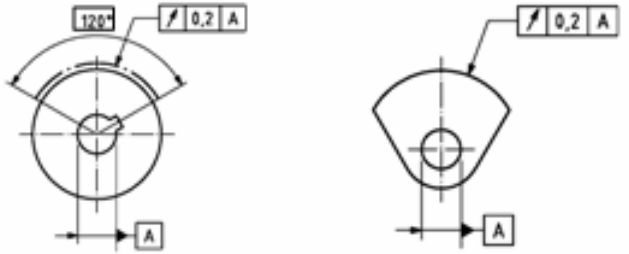


Tolerâncias de batimento

- Tolerância de batimento circular (cont.):

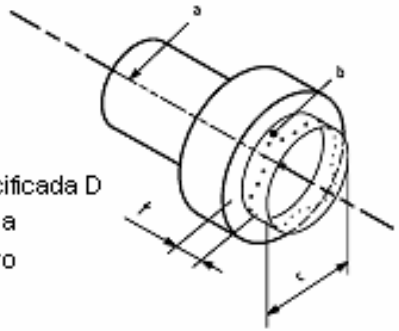
O batimento aplica-se geralmente a elementos completos, mas pode ser aplicado, apenas, a uma parte restrita.

A linha extraída (real), numa qualquer secção recta, perpendicular ao eixo de referência A, deve estar compreendida entre duas circunferências concêntricas e complanares, com uma diferença nos raios de 0,2.



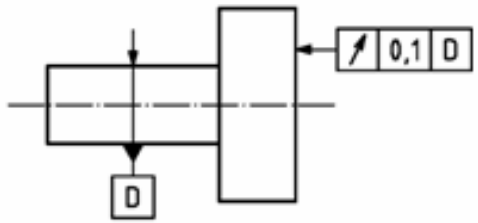
Tolerância de batimento circular axial

A zona de tolerância está limitada, em cada secção cilíndrica, por duas circunferências distantes, entre si, de *t*, situadas na secção cilíndrica, cujo eixo coincide com a referência especificada.



a) Referência especificada D
b) Zona de tolerância
c) Qualquer diâmetro

A linha extraída (real), numa qualquer secção cilíndrica, cujo eixo coincide com o eixo de referência D, deve estar compreendida entre duas circunferências distantes, entre si, de 0,1.



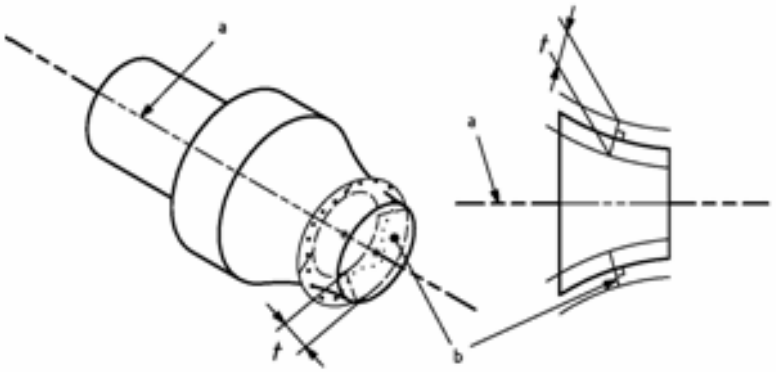
Tolerâncias de batimento

- Tolerância de batimento circular (cont.):

Tolerância de batimento circular em qualquer direcção

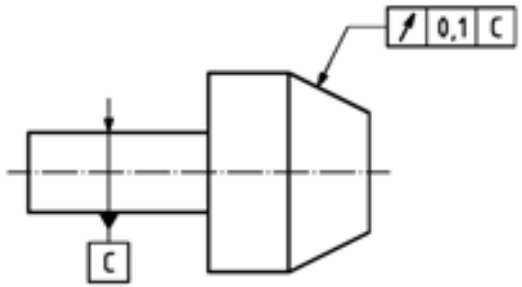
A zona de tolerância está limitada, para cada secção cónica, por duas circunferências distantes, entre si, de *t*, cujos eixos coincidem com a referência especificada.

A largura da zona de tolerância está na direcção normal à geometria da superfície, salvo indicação em contrário.

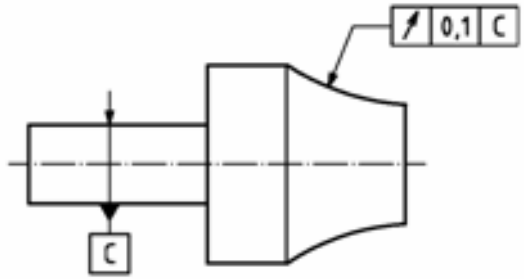


a) Referência especificada C
b) Zona de tolerância

A linha extraída (real), numa qualquer secção cónica, cujo eixo coincide com o eixo de referência C, deve estar compreendida entre duas circunferências distantes, entre si, de 0,1, dentro da secção cónica.



Quando a linha geratriz do elemento toleranciado não é recta, o ângulo no vértice da secção cónica irá variar, em função da posição real.

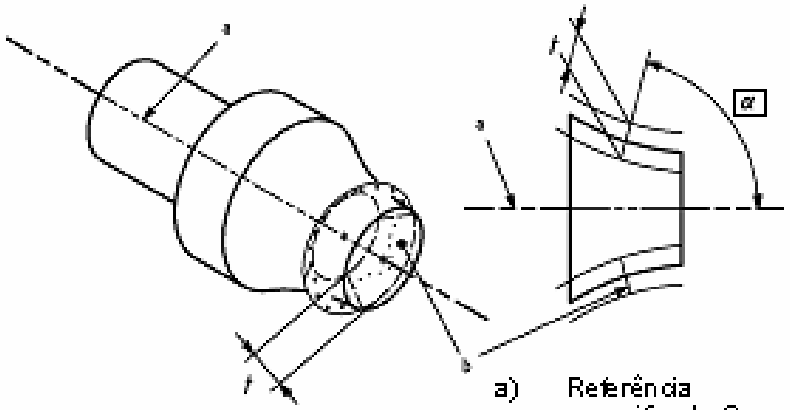


Tolerâncias de batimento

- Tolerância de batimento circular (cont.):

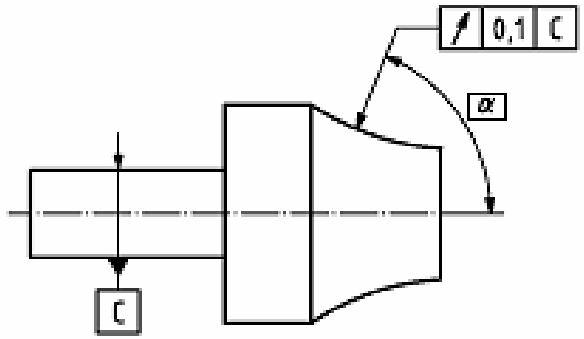
Tolerância de batimento circular numa direcção especificada

A zona de tolerância está limitada, em cada secção cónica de ângulo especificado, por duas circunferências distantes, entre si, de *t*, cujos eixos coincidem com a referência especificada.



a) Referência especificada C
b) Zona de tolerância

A linha extraída (real), numa qualquer secção cónica (ângulo α), cujo eixo coincide com o eixo de referência C, deve estar compreendida entre duas circunferências distantes, entre si, de 0,1, dentro da secção cónica.

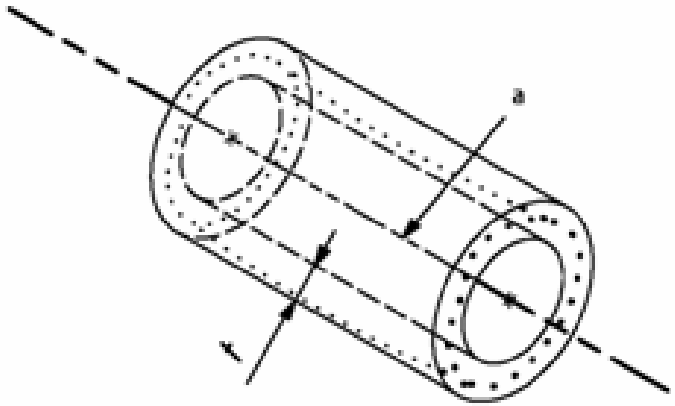
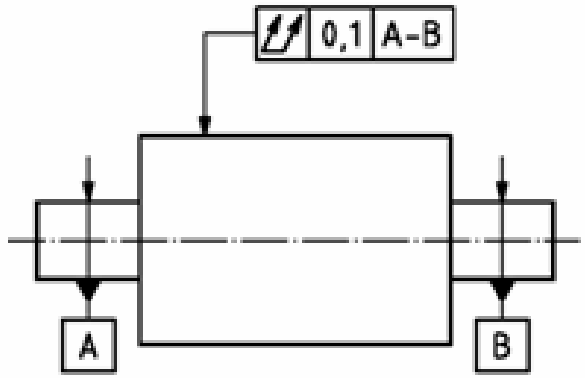


Tolerâncias de batimento

- Tolerância de **batimento total**:
  - O **batimento total é um desvio global, que conjuga desvios de forma, de orientação e de posição (coaxialidade), verificado durante a rotação de um elemento em torno de um eixo de referência**. Diz **respeito à totalidade da superfície** especificada.
  - O **batimento total pode ser radial ou axial e diz respeito a superfícies de revolução ou circulares**.
  - O batimento total limita a rectitude e a inclinação de uma geratriz ou a planeza de uma superfície.
  - O desvio de batimento total radial é o valor conjugado da coaxialidade e da cilindricidade. O desvio de batimento total axial é o valor conjugado da perpendicularidade e da planeza da face medida.

Tolerâncias de batimento

- Tolerância de batimento total:

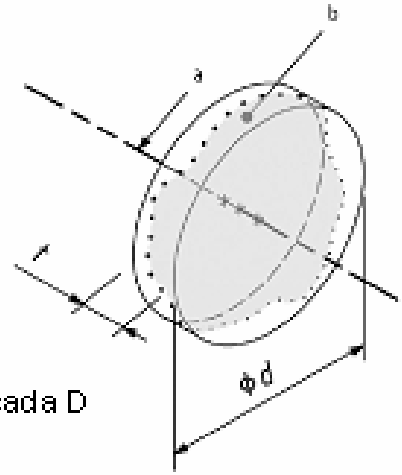
Tolerância de batimento total (símbolo ⌰)	
Definição da zona de tolerância	**Indicação e interpretação**
Tolerância de batimento total radial	
A zona de tolerância está limitada por dois cilindros coaxiais com uma diferença de raios de t, cujos eixos coincidem com a referência especificada.	A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, com uma diferença de raios de 0,1 e os eixos coincidentes com a linha recta de referência comum A-B.
 a) Referência especificada A-B	

Tolerâncias de batimento

- Tolerância de batimento total (cont.):

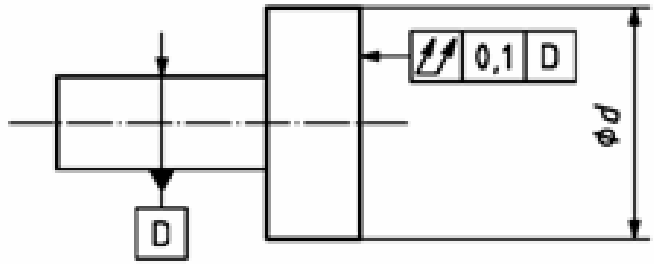
Tolerância de batimento total axial

A zona de tolerância está limitada por dois planos paralelos distantes, entre si, de *t*, e perpendiculares à referência especificada.



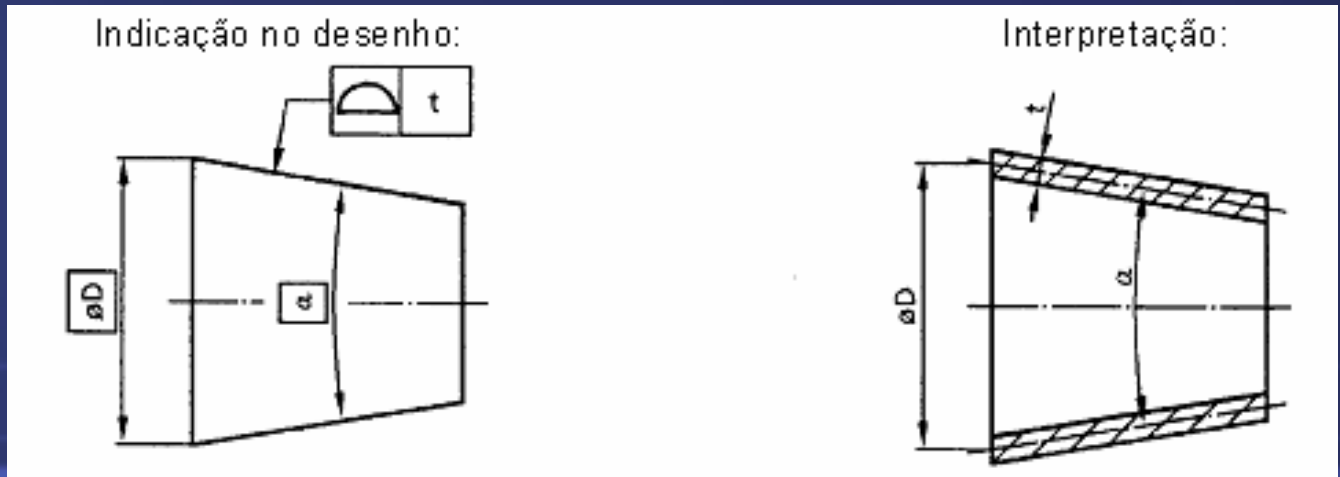
a) Referência especificada D
b) Superfície extraída

A superfície extraída (real) deve estar compreendida entre dois planos paralelos distantes, entre si, de 0,1 e perpendiculares ao eixo de referência D.



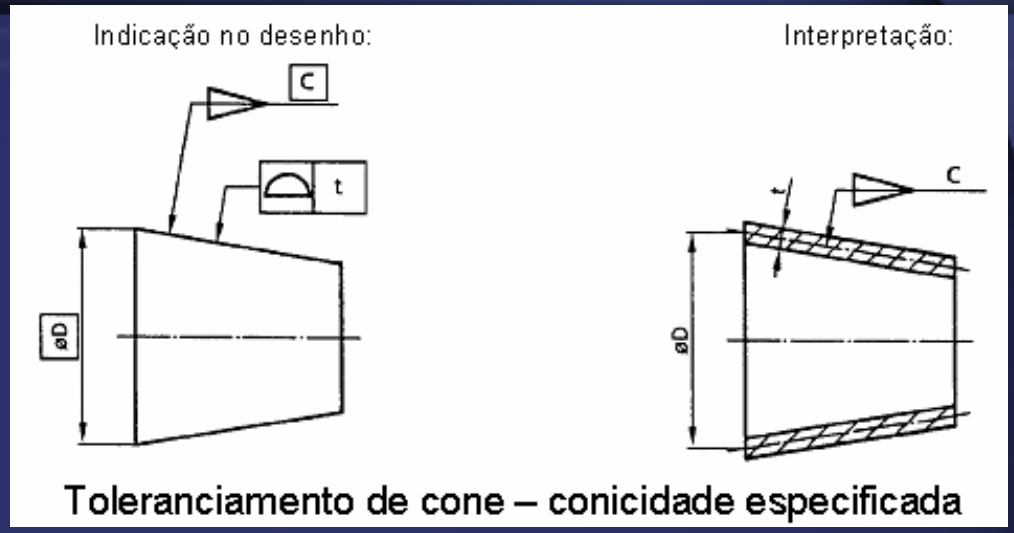
Toleranciamento de cones

- Os **cones devem ser toleranciados (quer o tamanho, quer a superfície cónica) em conformidade com os métodos a seguir indicados**. Métodos de toleranciamento que utilizam apenas tolerâncias dimensionais não fornecem uma indicação adequada em relação à forma da superfície.

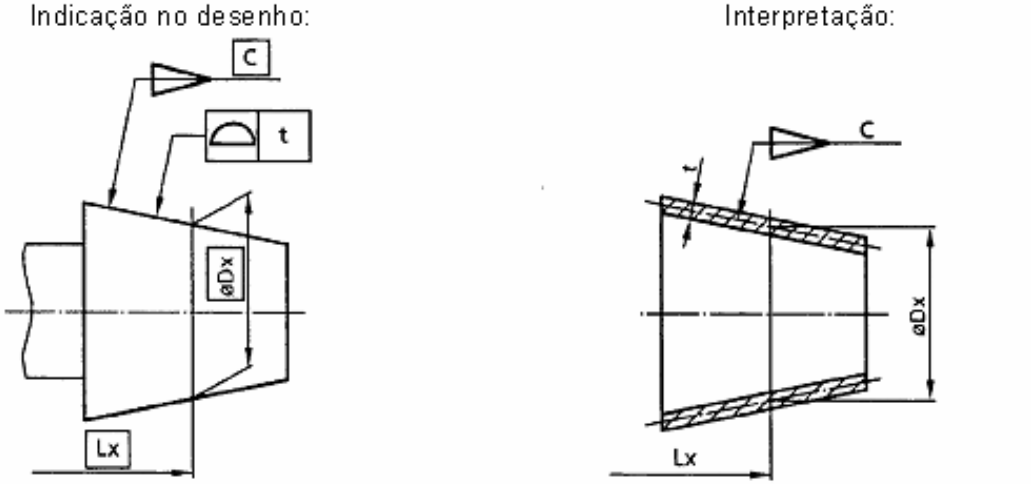


Toleranciamento de cone – ângulo do cone especificado

Toleranciamento de cones



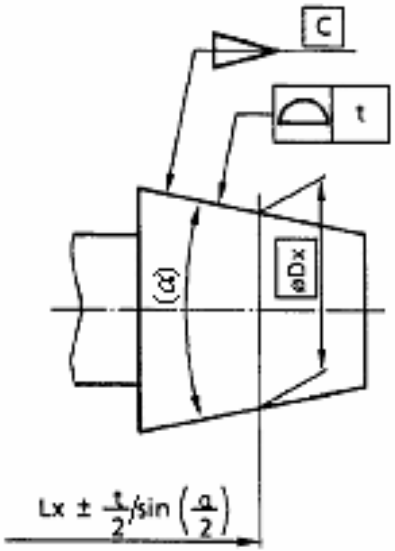
Toleranciamento de cone – conicidade especificada



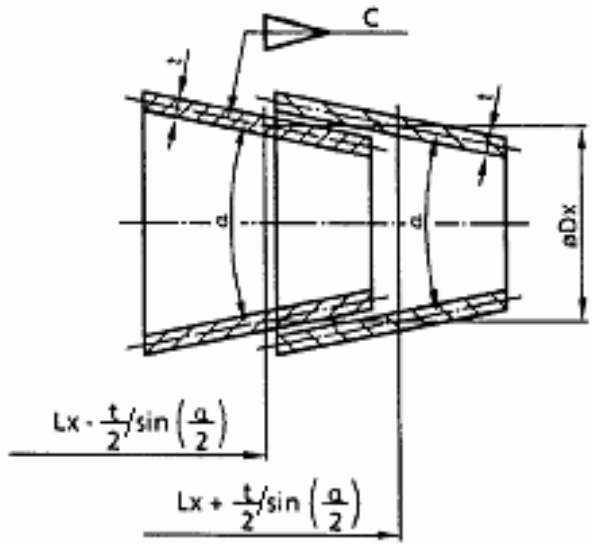
Zona de toleranciamento de cone definindo, em simultâneo, a posição axial do cone

Toleranciamento de cones

Indicação no desenho:



Interpretação:



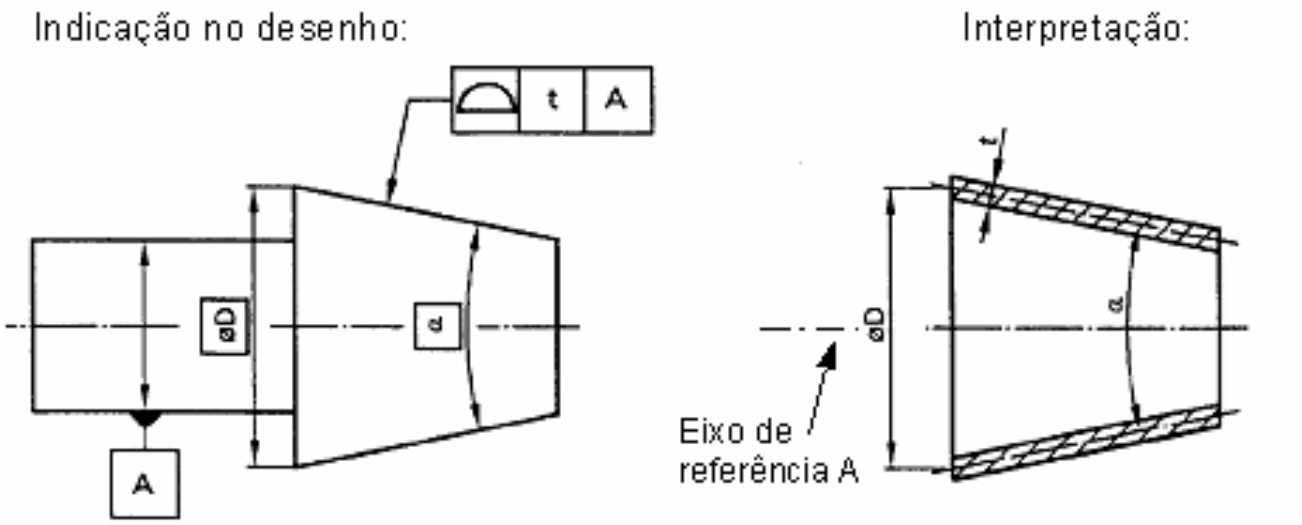
$C = \Delta D / \Delta L \rightarrow 2 \tan(\alpha/2) = 2t / (\cos(\alpha/2)\,\Delta L)$

$2 \sin(\alpha/2) / \cos(\alpha/2) = 2t / (\cos(\alpha/2)\,\Delta L) \rightarrow \Delta L = t / \sin(\alpha/2) \rightarrow$

$\rightarrow \Delta L / 2 = \pm t / (2 \sin(\alpha/2))$

Toleranciamento de cone independente da tolerância da posição axial do cone

Toleranciamento de cones

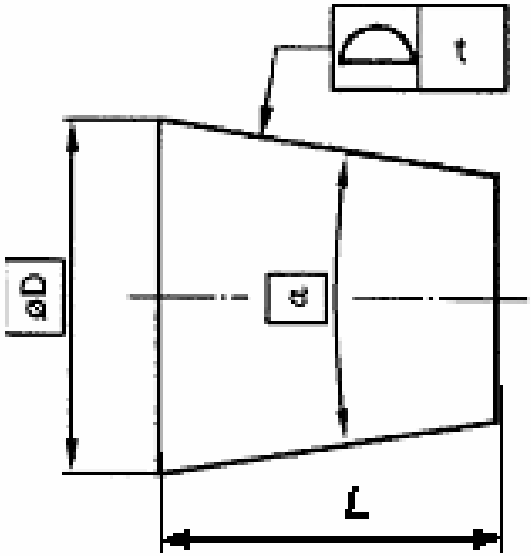


Toleranciamento de cone relativamente a uma referência especificada (definindo simultaneamente a coaxialidade)

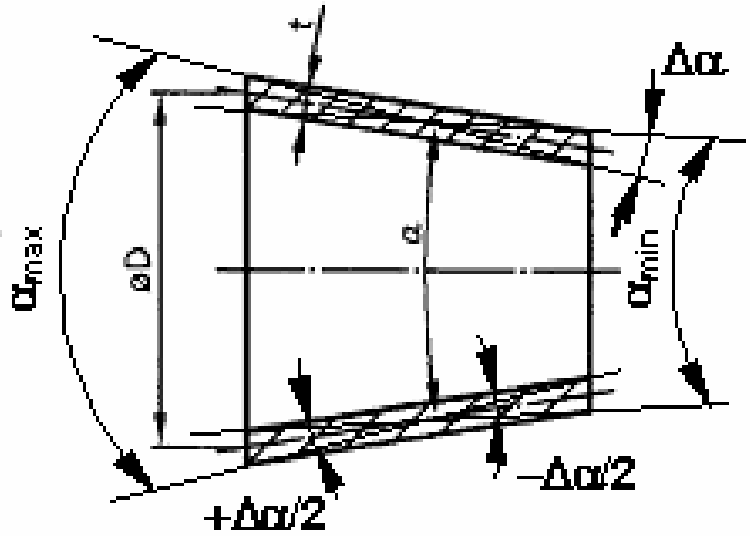
- **De acordo com a função do cone**, a configuração da superfície do cone pode ser indicada por outra tolerância de forma ou tolerância de batimento, como, por exemplo, rectitude, circularidade ou batimento. A tolerância do perfil de uma superfície é dada apenas como exemplo.

Toleranciamento de cones

Indicação no desenho:



Interpretação:



CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador



Toleranciamento Geral

João Manuel R. S. Tavares

Bibliografia

- Simões Morais, José Almacinha, "Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)", AEFEUP, 2007
- Simões Morais, "Desenho técnico básico 3", ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

Índice

- Tolerâncias Gerais;
- Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989);
- Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989);
- Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3);
- Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição (ISO 13920);
- Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas;
- Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579).

Tolerâncias Gerais

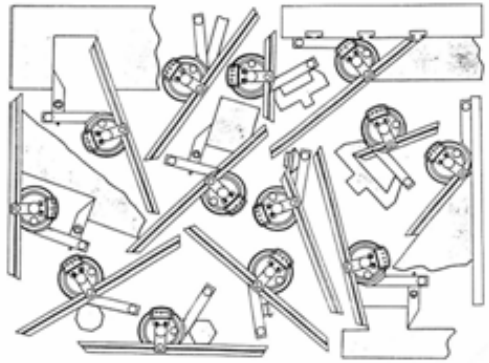
- **Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara**:
  - **O toleranciamento no desenho deverá ser completo**, afim de assegurar que os aspectos dimensionais e geométricos de todos os elementos estejam limitados, isto é, **nada deve ser deixado ao critério do pessoal da oficina ou do serviço de controlo**.
  - **A utilização de tolerâncias gerais dimensionais e geométricas simplifica a tarefa de assegurar o cumprimento deste pré-requisito.**
- **Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989):**
  - **As tolerâncias para as dimensões sem indicação directa de tolerância são especificadas segundo quatro classes de tolerância (f - fina, m - média, c - grosseira e v - muito grosseira). Dizem respeito a dimensões de peças obtidas por arranque de apara ou executadas em chapa.**

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

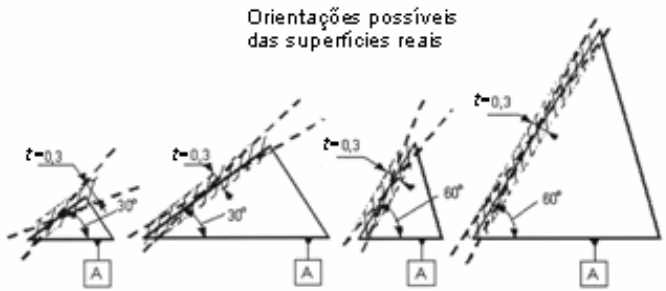
- **Esta norma aplica-se**, exclusivamente, às seguintes dimensões sem indicação de tolerância:
  - dimensões lineares;
  - dimensões angulares, incluindo aquelas que não são indicadas, como os ângulos rectos (90º), a menos que se aplique a ISO 2768-2.;
  - dimensões lineares e angulares obtidas ao maquinar peças montadas.
- Por outro lado, **esta norma não se aplica** às seguintes dimensões:
  - dimensões lineares e angulares cujas tolerâncias gerais são definidas através de referência a outras normas de tolerâncias gerais (ex.: ISO 8062 e ISO 13920);
  - dimensões auxiliares, indicadas entre parêntesis;
  - dimensões teoricamente exactas, indicadas num quadro rectangular.
- **A escolha de uma classe de tolerância deve ter em conta a exactidão oficinal corrente**.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- **As tolerâncias gerais para as dimensões lineares e angulares aplicam-se se os desenhos fazem referência à norma ISO 2768-1.**
- **Valores das tolerâncias dimensionais lineares e angulares gerais**:
  - Os valores estão indicados, nas tabelas, em termos dos respectivos **desvios admissíveis simétricos**.
  - As **tolerâncias para as dimensões angulares estão indicadas em função do comprimento do lado mais curto do ângulo considerado**.



a) Verificação



b) Tolerância angular +/– versus comprimento do lado

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara:

1-TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS GERAIS ISO 2768-1

Desvios em mm

1.1-TOLERÂNCIAS LINEARES T_D

DIMENSÕES / CLASSE	0,5 ... 3	>3 ... 6	>6 ... 30	>30 ... 120	>120 ... 400	>400 ... 1000	>1000 ... 2000	>2000 ... 4000
Fina f	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	—
Média m	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
Grosseira c	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
Muito gr. v	—	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Chanfros altura h arredondados raio R

CLASSE	0,5...3	>3...6	>6
f e m	±0,2	±0,5	±1
c e v	±0,4	±1	±2

1.2-TOLERÂNCIAS ANGULARES T_A



Desvios: em °'

lado mais curto L	≤10	>10 ... 50	>50...120	>120...400	>400
Fina f, média m	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0° 5'
grosseira c	±1° 30'	±1°	±0° 30'	±0° 15'	±0° 10'
muito gros. v	±3°	±2°	±1°	±0° 30'	±0°20'

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara (cont.):

2-TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS GERAIS ISO 2768-2 Tolerâncias em mm

2.1-TOLERÂNCIAS DE FORMA:

.1 - RECTITUDE T_-

.2 - PLANEZA $T_\square$

DIMENSÃO / CLASSE	≤10	>10 ... 30	>30 ... 100	>100 ... 300	>300 ... 1000	>1000 ... 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

.3 - CIRCULARIDADE $T_\circ$ — Faz-se $T_\circ = T_D$ (mas sempre $T_\circ \leq T_{/}$)

.4 - CILINDRICIDADE $T_{\square\!\!/}$ — $T_{\square\!\!/}$ resulta de $T_\circ$ e (T_- e $T_{//}$ das geratrizes)

.5 FORMA DE UMA LINHA QUALQUER ou SUPERFÍCIE QUALQUER $T_\frown$ — $T_\frown$ e $T_\square$ são substituídas por T_D

2.2-TOLERÂNCIA DE ORIENTAÇÃO

.1 - PERPENDICULARIDADE $T_\perp$

DIMENSÃO / CLASSE	≤100	>100 ... 300	>300 ... 1000	>1000 .. 3000
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- Tolerâncias gerais para peças obtidas por arranque de apara (cont.):

2 - PARALELISMO	$T_{//}$	Considera-se $T_{//} = T_D$ ou $T_{//} = T_b / T_-$ (tomando o maior valor)
3 - ANGULARIDADE (INCLINAÇÃO)	$T_\angle$	Substituida por T_A
2.3-TOLERÂNCIAS DE POSIÇÃO		
1 - LOCALIZAÇÃO	$T_\oplus$	Substituida pelos T_D das coordenadas
.2 - CONCENTRICIDADE E COAXIALIDADE	$T_\odot$	Considerar $T_\odot \leq T_\nearrow$
.3 - SIMETRIA	$T_=$	

DIMENSÃO / CLASSE	≤100	>100... 300	>300... 1000	>1000... 3000
H	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,6	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

2.4-TOLERÂNCIAS DE BATIMENTO

.1 - BATIMENTO CIRCULAR $T_\nearrow$ (radial, axial ou em qualquer direcção)

CLASSE	$T_\nearrow$
H	0,1
K	0,2
L	0,5

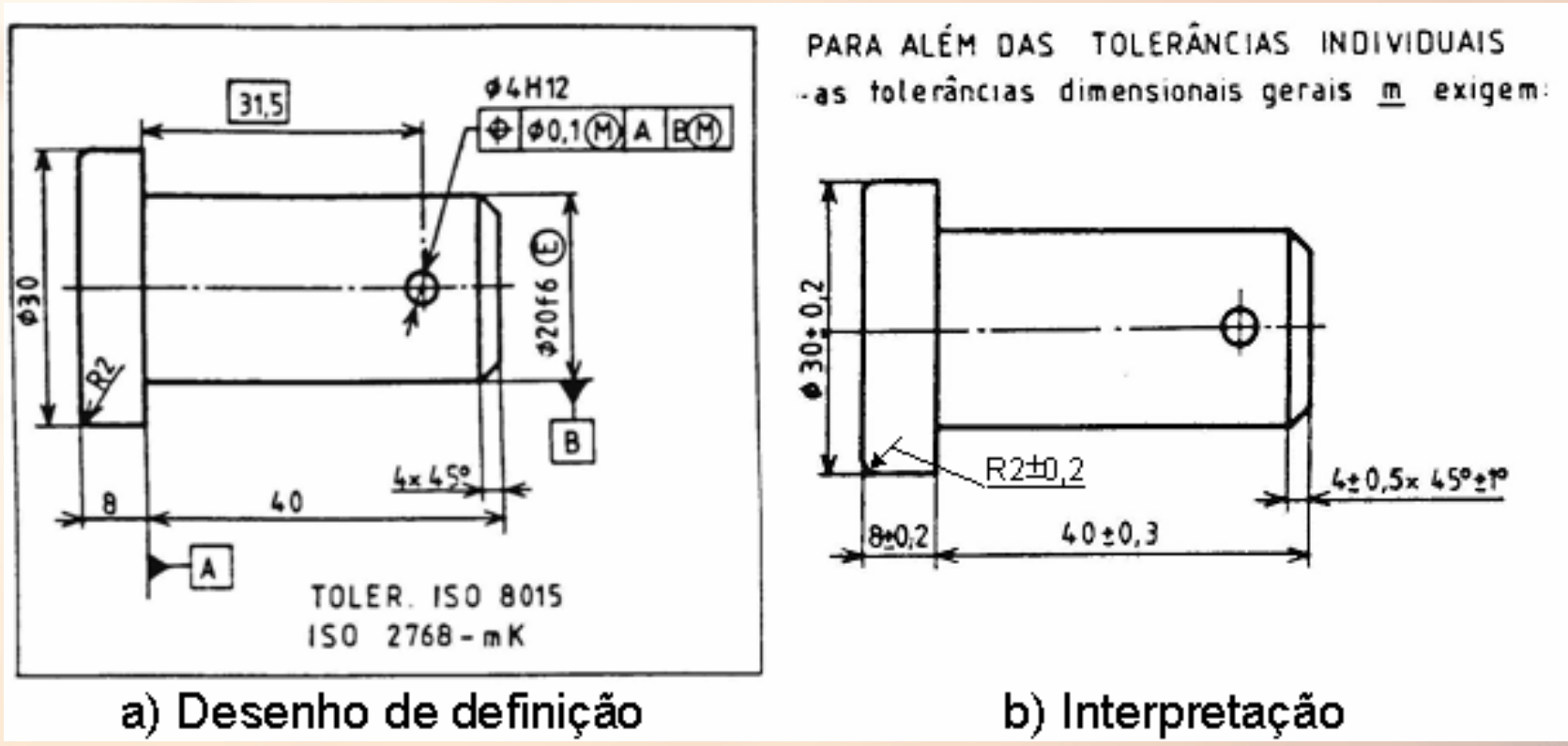
EX: INDICAÇÃO NO DESENHO ISO 2768-mK

Nas tolerâncias gerais de orientação e de posição, o elemento mais longo é tomado como elemento de referência e a tolerância é aplicada ao elemento mais curto.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)

- **As tolerâncias gerais especificadas em unidades angulares controlam apenas a orientação geral de linhas ou de elementos de linha de superfícies, mas não os seus desvios de forma.**
- **Indicações nos desenhos**:
  - Para especificar tolerâncias gerais, em conformidade com a ISO 2768-1, deve ser indicada a seguinte informação, no interior ou junto da legenda:
    - **ISO 2768**;
    - **a classe de tolerância, em conformidade com a ISO 2768-1**;
  - por exemplo: **ISO 2768-m**.

Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-1: 1989)



Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

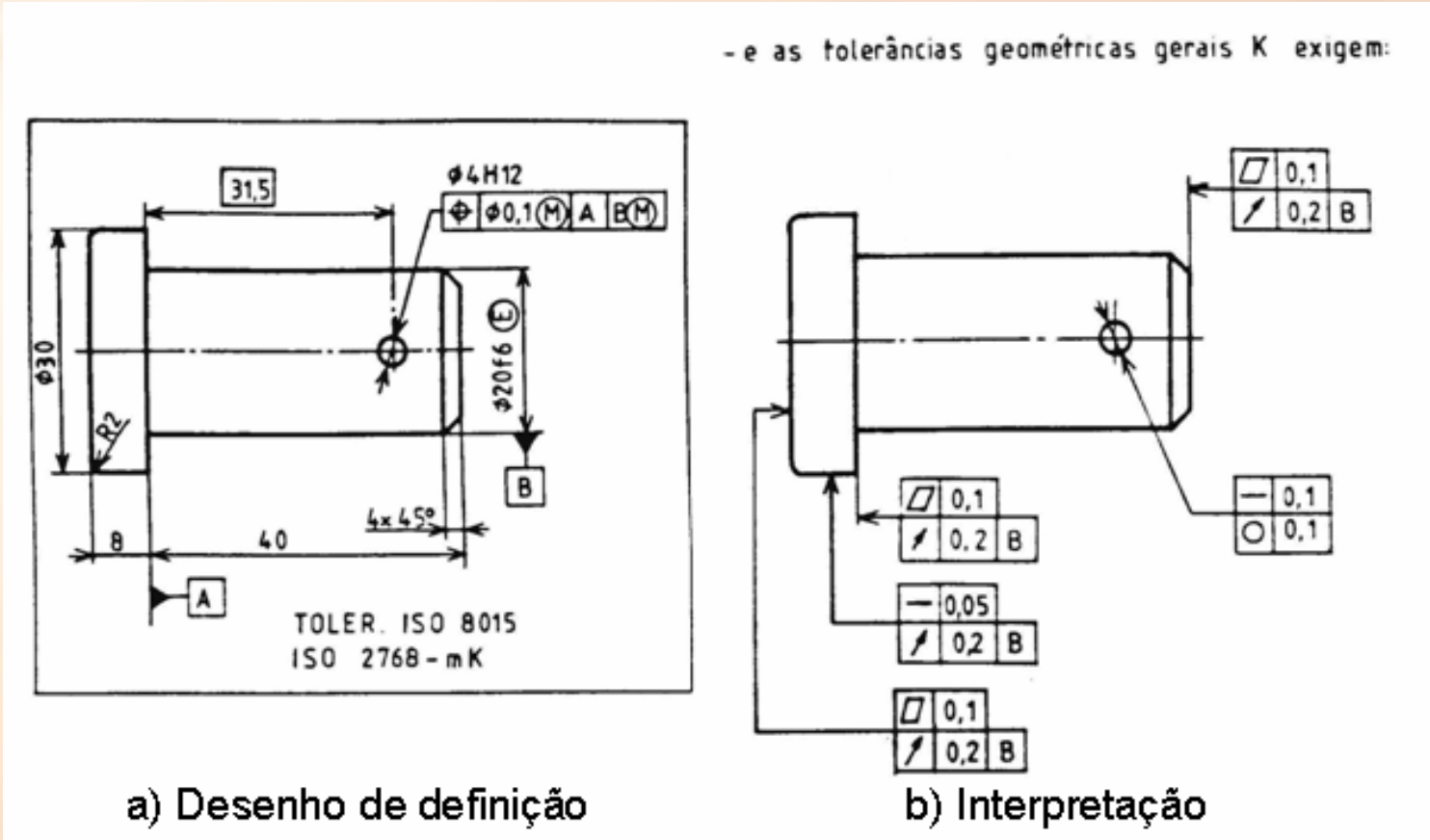
- **As tolerâncias geométricas gerais são especificadas em três classes de tolerância (H - fina, K - média e L - grosseira) e aplicam-se, sobretudo, a elementos que são obtidos por arranque de apara.**
- **A escolha de uma dada classe de tolerância deve ter em conta a exactidão oficinal corrente**. Tolerâncias mais apertadas ou tolerâncias mais largas e mais económicas, para um elemento individual qualquer, deverão ser indicadas directamente.
- **As tolerâncias geométricas gerais aplicam-se se os desenhos ou as especificações correspondentes fazem referência à norma ISO 2768-2**.
- **As tolerâncias geométricas gerais aplicam-se a todas as características geométricas toleranciadas, excluindo a cilindricidade, o perfil de uma linha qualquer, o perfil de uma superfície qualquer, a inclinação, a coaxialidade, a localização e o batimento total**.

Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- **As tolerâncias geométricas gerais, em conformidade com a ISO 2768-2, deverão ser utilizadas quando o princípio de toleranciamento de base, em conformidade com a ISO 8015, é utilizado e indicado no desenho.**
- **Indicações nos desenhos:**
  - Se as tolerâncias geométricas gerais (ISO 2768-2) devem ser aplicadas em conjunto com as tolerâncias dimensionais gerais (ISO 2768-1), deve ser indicada a seguinte informação, no interior ou junto da legenda:
    - **ISO 2768**;
    - **a classe de tolerância em conformidade com a ISO 2768-1**;
    - **a classe de tolerância em conformidade com a ISO 2768-2**;
  - por exemplo: **ISO 2768-mK**.
- Se o **requisito de envolvente** também se aplicar a todos os elementos de tamanho simples (ex.: superfície cilíndrica ou duas superfícies planas paralelas), a designação geral especificada deve ser: **ISO 2768-mK-E**.

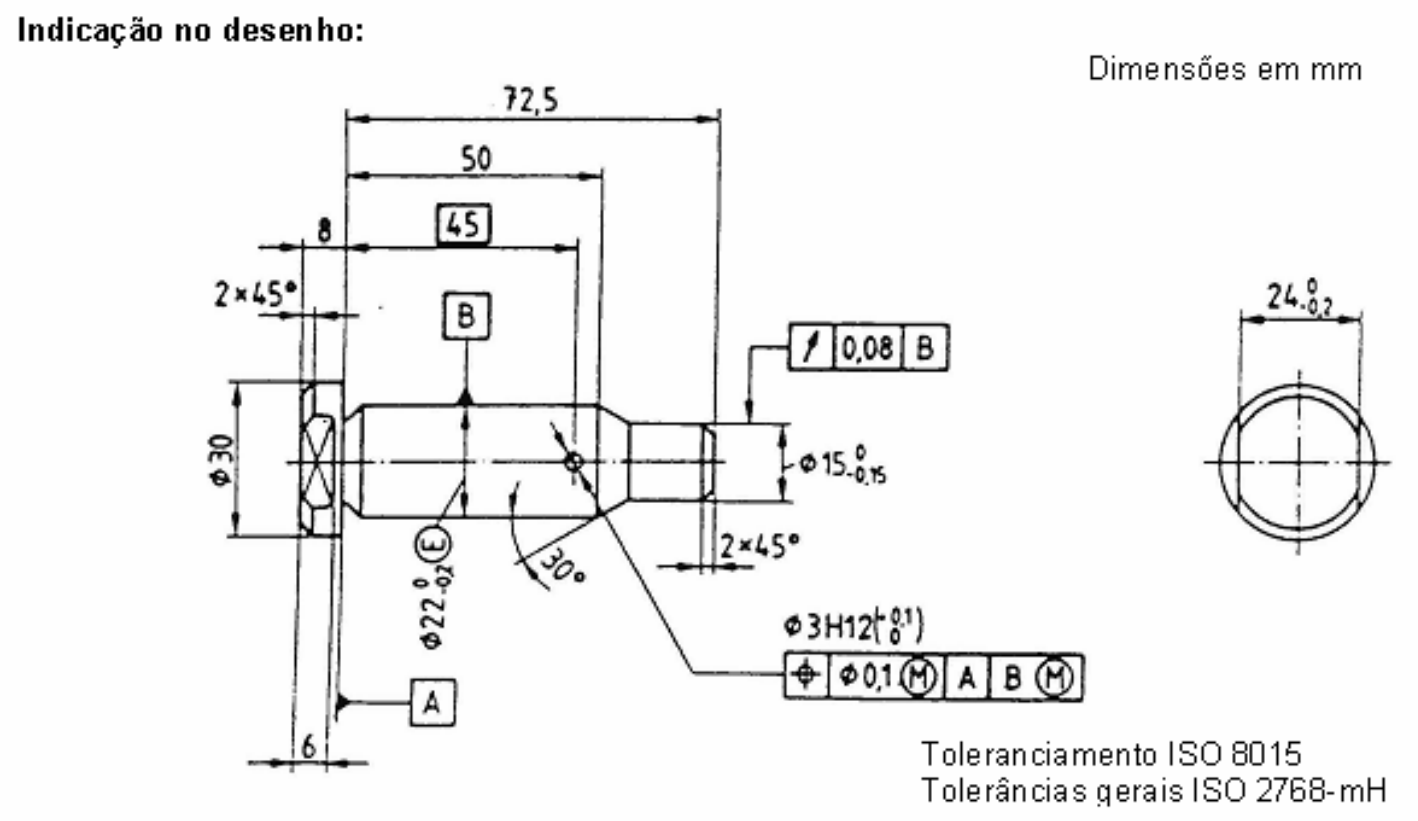
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos:



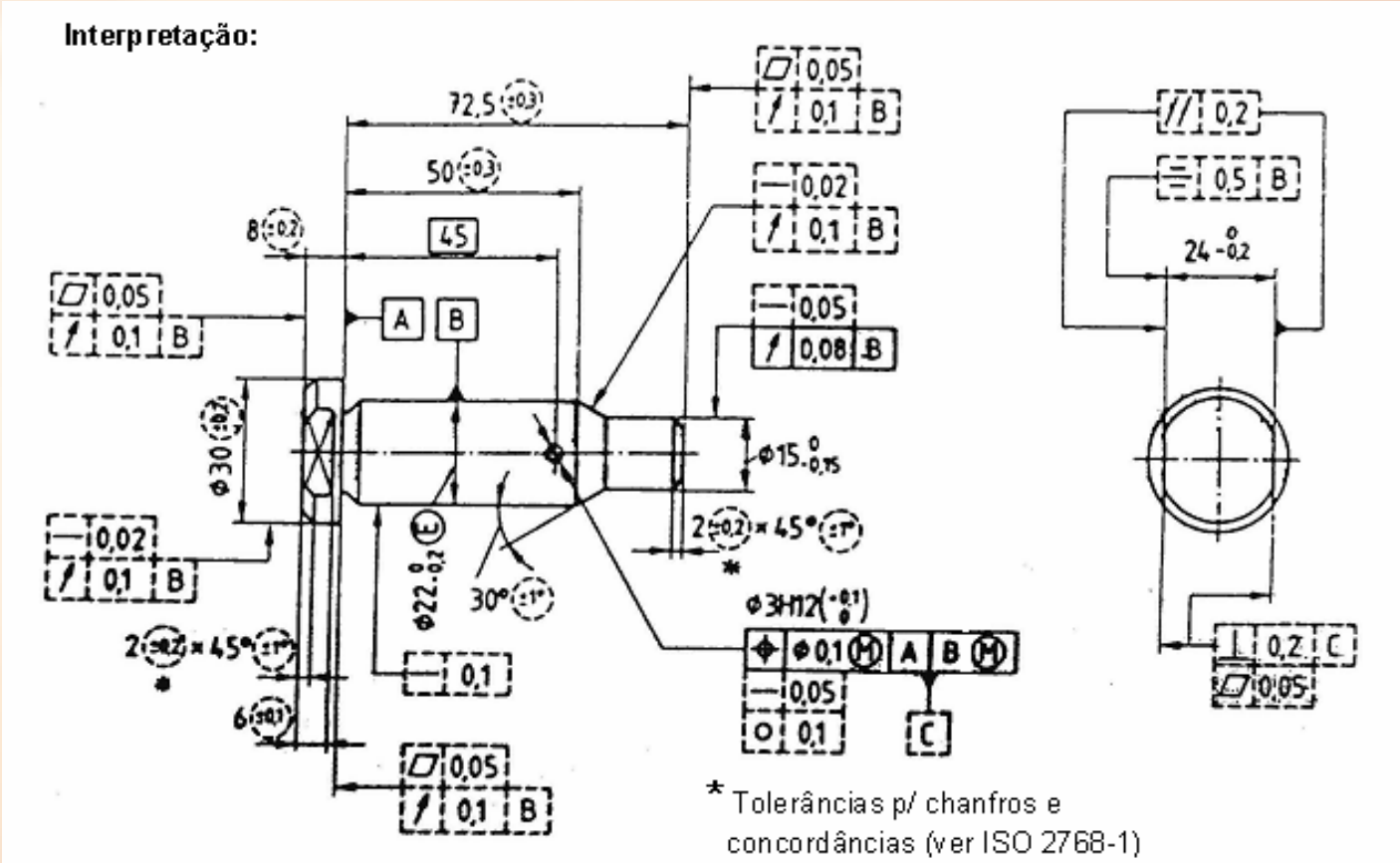
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos:



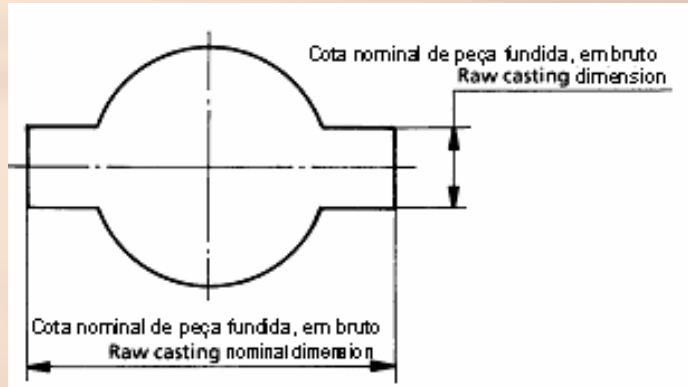
Tolerâncias geométricas para elementos sem indicações de tolerâncias individuais (ISO 2768-2: 1989)

- Exemplos (cont.):



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **A norma ISO 8062-3 aplica-se**:
  - a **peças fundidas**, conforme estas são entregues ao cliente;
  - a **peças fundidas em todos os metais e suas ligas**, produzidas através de vários processos de fabricação de peças fundidas.
- A tolerância especificada para uma peça fundida **pode determinar o método de fundição**.
- **Cotagem**:
  - A **cota nominal de uma peça fundida é a dimensão de uma peça em bruto**, antes de ser maquinada, **incluindo a necessária sobreespessura para trabalho mecânico**.



Indicações no desenho

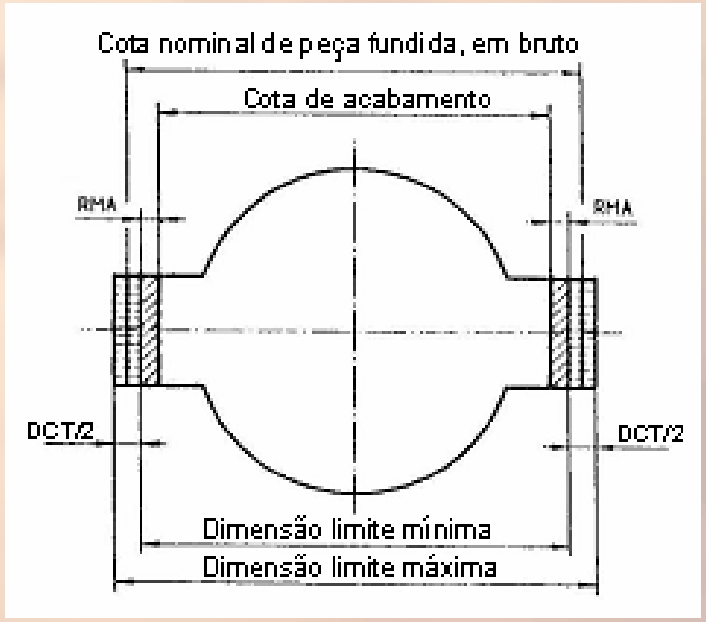
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **A sobreespessura requerida para trabalho mecânico, RMA** ("required machining allowance"), em peças fundidas, em bruto, **é o valor mínimo de sobreespessura de material necessário para permitir a remoção dos efeitos da fundição na superfície**, através de subsequente operação de maquinar, de modo a permitir atingir o estado de superfície desejado e a necessária exactidão dimensional.

- **Graus de tolerância:**
  - Quando se utilizam tolerâncias gerais, é necessário verificar se são necessárias:
    - tolerâncias mais pequenas, por razões funcionais, ou
    - tolerâncias mais largas, por razões económicas.
  - Em ambos os casos, devem ser indicadas tolerâncias individuais.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG)**:
  - **Estão definidos 16 graus de tolerâncias dimensionais gerais para peças fundidas** (" dimensional casting tolerance grades"), designados de **DCTG1 a DCTG16**.
  - Por omissão, **as tolerâncias das peças fundidas (DCT) têm desvios simétricos**.
  - **Se uma tolerância tiver que ser assimétrica, esta deve ser especificada individualmente**.



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Tolerâncias dimensionais lineares de peças fundidas (DCTG):**

Dimensões nominais de peças em bruto mm acima	até e incl.	Tolerâncias dimensionais lineares de peças fundidas (mm) — Graus de tolerância dimensional de peças fundidas (**DCTG**) [1] 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 [2]
-	10	0,09	0,13	0,18	0,26	0,36	0,52	0,74	1	1,5	2	2,8	4,2	-	-	-	-
10	16	0,1	0,14	0,2	0,28	0,38	0,54	0,78	1,1	1,6	2,2	3	4,4	-	-	-	-
16	25	0,11	0,15	0,22	0,3	0,42	0,58	0,82	1,2	1,7	2,4	3,2	4,6	6	8	10	12
25	40	0,12	0,17	0,24	0,32	0,46	0,64	0,9	1,3	1,8	2,6	3,6	5	7	9	11	14
40	63	0,13	0,18	0,26	0,36	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	10	12	16
63	100	0,14	0,2	0,28	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6	9	11	14	18
100	160	0,15	0,22	0,3	0,44	0,62	0,88	1,2	1,8	2,5	3,6	5	7	10	12	16	20
160	250	-	0,24	0,34	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	14	18	22
250	400	-	-	0,4	0,56	0,78	1,1	1,6	2,2	3,2	4,4	6,2	9	12	16	20	25
400	630	-	-	-	0,64	0,9	1,2	1,8	2,6	3,6	5	7	10	14	18	22	28
630	1000	-	-	-	-	1	1,4	2	2,8	4	6	8	11	16	20	25	32
1000	1600	-	-	-	-	-	1,6	2,2	3,2	4,6	7	9	13	18	23	29	37
1600	2500	-	-	-	-	-	-	2,6	3,8	5,4	8	10	15	21	26	33	42
2500	4000	-	-	-	-	-	-	-	4,4	6,2	9	12	17	24	30	38	49
4000	6300	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	14	20	28	35	44	56
6300	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	16	23	32	40	50	64

1) Para espessuras de parede, nos graus DCTG1 a DCTG15, adopta-se um grau imediatamente superior.

2) O grau 16 existe apenas para espessuras de parede de peças fundidas especificadas com DCTG 15.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG)**:
  - **Existem 7 graus de tolerância geométrica (GCTG) para peças fundidas**, designados de **GCTG 2 a GCTG 8**.
  - O grau GCTG 1 fica reservado para valores mais finos que podem vir a ser requeridos no futuro.
  - As tolerâncias geométricas de forma (rectitude, planeza, circularidade) e de orientação (inclinação, paralelismo, perpendicularidade) não se aplicam a elementos com ângulo de saída ("draft").
    Estes elementos necessitam de tolerâncias indicadas individualmente, em conformidade com a função e com as recomendações do fabricante.
  - Outras tolerâncias geométricas (ex.: inclinação, perfil, localização, planeza de zona comum) devem ser indicadas individualmente.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG):**

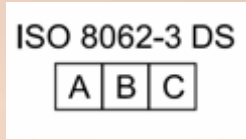
Dimensão nominal relativa à peça moldada		Tolerâncias geométricas de peças fundidas (mm)						
mm acima	até e incluindo	Graus de tolerância geométrica de peças fundidas (**GCTG**) 2	3	4	5	6	7	8
Tolerâncias de rectitude								
-	10	0,08	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9
10	30	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4
30	100	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2
100	300	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
300	1000	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
1000	3000	-	-	-	3	4	6	9
3000	6000	-	-	-	6	8	12	18
6000	10000	-	-	-	12	16	24	36
Tolerâncias de planeza								
-	10	0,12	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4
10	30	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2,0
30	100	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3,0
100	300	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
300	1000	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
1000	3000	-	-	-	4	6	9	14
3000	6000	-	-	-	8	12	18	28
6000	10000	-	-	-	16	24	36	56

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica (GCTG)** (cont.):

Tolerâncias de circularidade, paralelismo, perpendicularidade e simetria								
-	10	0,18	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2
10	30	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
30	100	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
100	300	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
300	1000	0,9	1,4	2	3	4,5	7	10
1000	3000	-	-	-	6	9	14	20
3000	6000	-	-	-	12	18	28	40
6000	10000	-	-	-	24	36	56	80
Tolerâncias de coaxialidade								
-	10	0,27	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3
10	30	0,4	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5
30	100	0,6	0,9	1,4	2	3	4,5	7
100	300	0,9	1,4	2	3	4,5	7	10
300	1000	1,4	2	3	4,5	7	10	15
1000	3000	-	-	-	9	14	20	30
3000	6000	-	-	-	18	28	40	60
6000	10000	-	-	-	36	56	80	120

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)



- **Referências especificadas**:
  - **Nas tolerâncias gerais de orientação deve ser especificado, no desenho, um sistema de referências especificadas ("datum system") e identificado pela indicação "ISO 8062-3 DS" no interior ou junto da legenda do desenho**.
  - **Este sistema de referências especificadas não se aplica a tolerâncias geométricas gerais de coaxialidade e de simetria**.
  - Para referências especificadas de tolerâncias de coaxialidade gerais, aplicam-se as seguintes condições:
    - Se um elemento cilíndrico se estender sobre todo o comprimento de todos os outros elementos cilíndricos coaxiais, o seu eixo é tomado como a referência simples.
      Caso contrário, usa-se uma referência comum, composta pelos eixos dos dois elementos mais afastados, sobre a linha de eixo do desenho considerado.
    - Se existir mais do que uma possibilidade (elementos internos ou externos), usa-se o elemento com o maior diâmetro.
    - As tolerâncias gerais de coaxialidade aplicam-se também aos próprios elementos de referência, se for considerada uma referência especificada comum.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

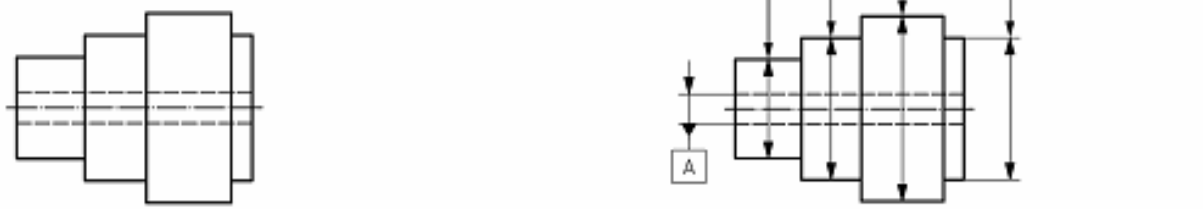
- **Referências especificadas**:
  - Para referências especificadas de tolerâncias de simetria gerais, aplicam-se as seguintes condições:
    - Se um elemento de tamanho se estender sobre todo o comprimento de todos os outros elementos co-simétricos, o seu plano mediano é tomado como a referência simples. Caso contrário, usa-se uma referência comum, composta pelos planos medianos dos dois elementos mais afastados, sobre a linha de eixo (plano) do desenho considerado.
    - Se existir mais do que uma possibilidade, usa-se o elemento com o maior tamanho.
    - Um dos dois elementos de referência pode ser cilíndrico.
    - As tolerâncias gerais de simetria aplicam-se também aos próprios elementos de referência, se for considerada uma referência especificada comum.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Referências especificadas (exemplos):**

ISO 8062-3 DS

A	B	C



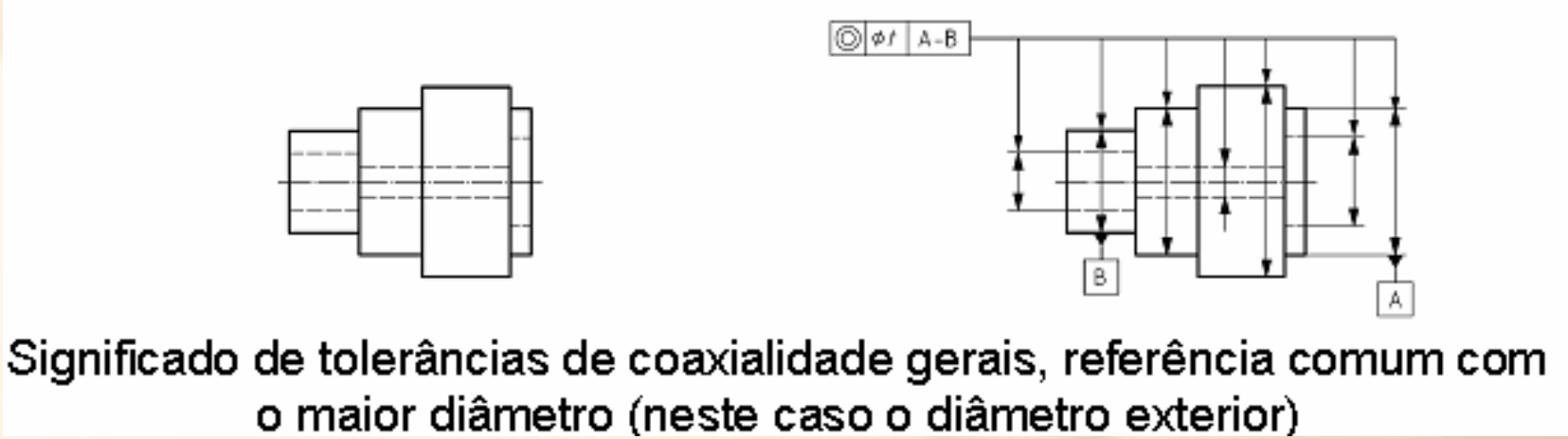
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência simples



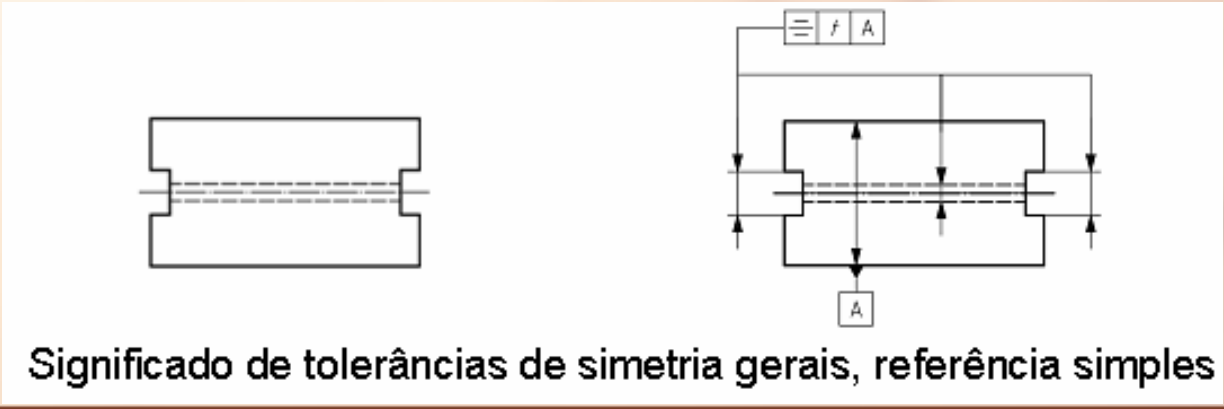
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência comum

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- Referências especificadas (exemplos):



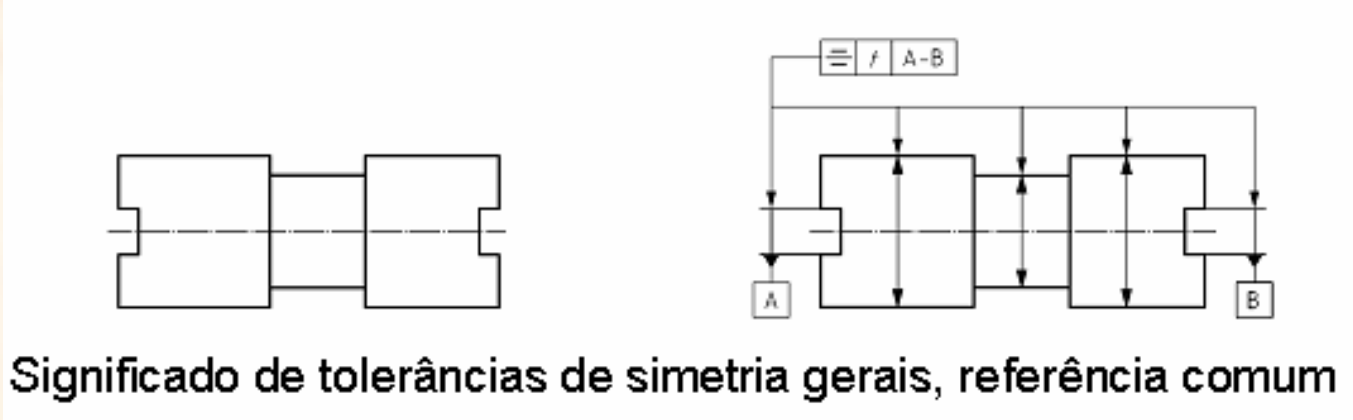
Significado de tolerâncias de coaxialidade gerais, referência comum com o maior diâmetro (neste caso o diâmetro exterior)



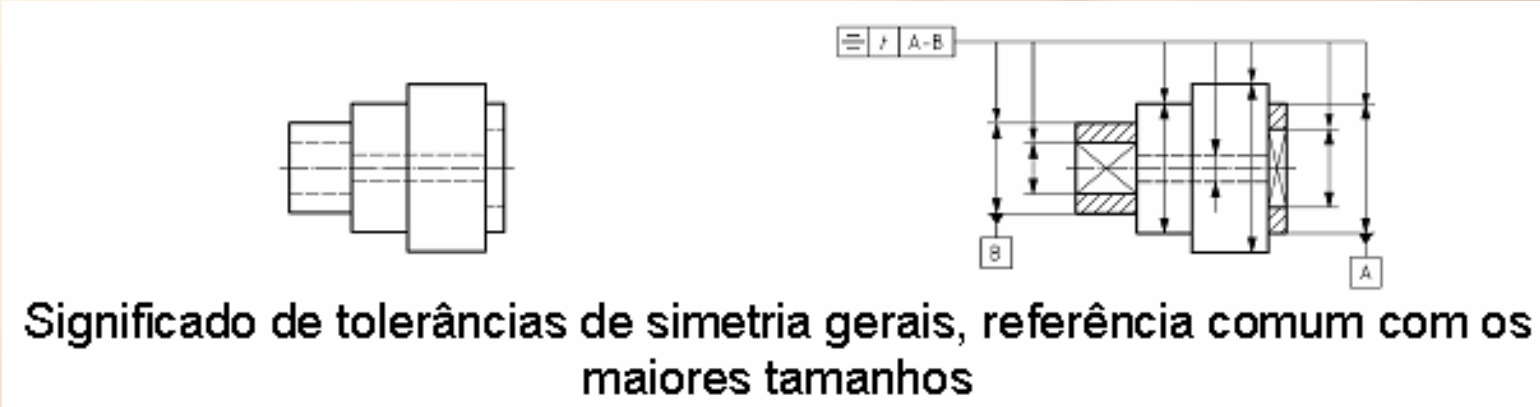
Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência simples

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- Referências especificadas (exemplos):



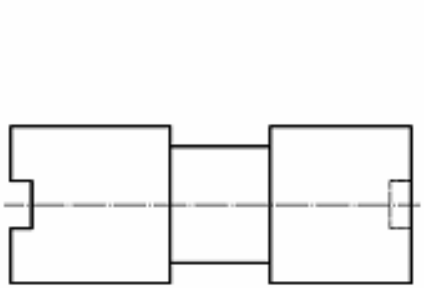
Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum

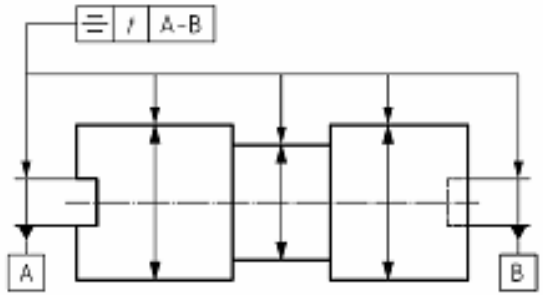


Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum com os maiores tamanhos

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Referências especificadas (exemplos):**

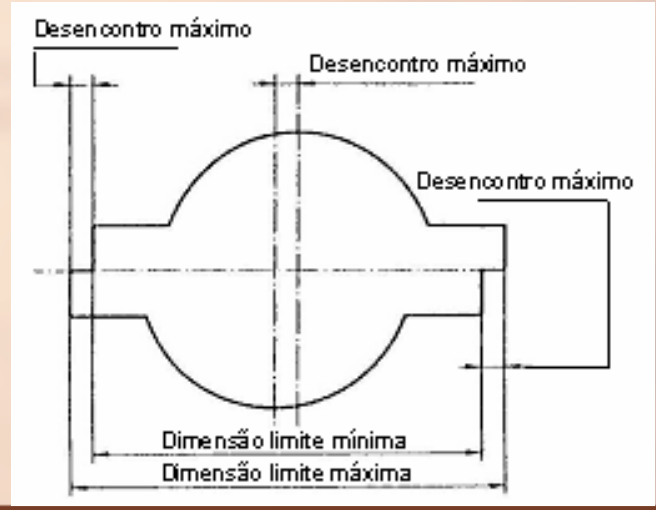




Significado de tolerâncias de simetria gerais, referência comum com uma referência cilíndrica

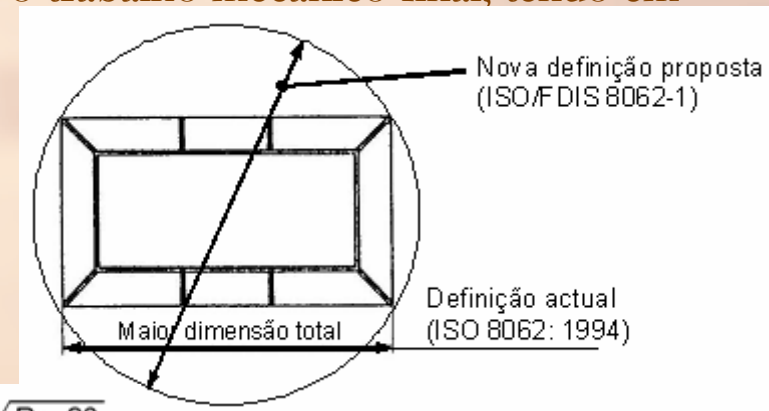
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

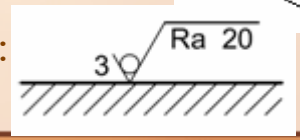
- **Desencontro da superfície de apartação ou de junta (SMI)** ("surface mismatch"):
  - **Degrau na superfície de uma peça moldada**, causado por diferenças dimensionais, deslocamento ou desalinhamento entre as partes constituintes de um molde.
  - Se for necessário restringir ainda mais o valor do desencontro da superfície de apartação, o valor máximo admissível deve ser indicado, individualmente.
- **Espessura de parede**:
  - Por omissão, **a tolerância para a espessura da parede**, nos graus DCTG1 a DCTG15, **deve ser um grau mais larga do que a tolerância geral especificada para as outras dimensões**.



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMA**:
  - Como condição geral, os graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico (RMAG – "required machining allowance grades") especificados **aplicam-se a toda a peça fundida em bruto** (para todas as superfícies a maquinar).
  - O **valor a especificar deve ser seleccionado a partir da máxima dimensão de atravancamento da peça fundida acabada**, após a operação de maquinar final.
  - **A máxima dimensão de atravancamento é o diâmetro da menor esfera que pode conter a peça fundida acabada**, após o trabalho mecânico final, tendo em conta, apenas, as cotas nominais.
  - Em peças fundidas em areia, as superfícies dos topos podem necessitar de maior sobreespessura para trabalho mecânico do que as restantes superfícies.
  - Os graus de RMA mais grosseiros seleccionados para tais superfícies devem ser indicados individualmente:





Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMA**:
  - A dimensão máxima de um elemento, enquanto fundido, não deve exceder a dimensão acabada, mais a sobreespessura requerida para trabalho mecânico, mais a tolerância total da peça fundida.
  - Quando aplicável, a saída ("draft") deve ser considerada adicionalmente.
  - **Estão definidos 10 graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico, designados de RMAG A a RMAG K**.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Sobreespessuras requeridas para trabalho mecânico, RMAG:**

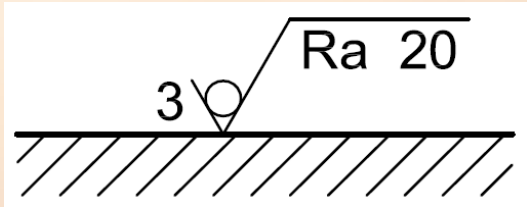
Máx. dimensão de atravancamento [1] mm		mm Sobreespessura requerida para trabalho mecânico									
>	Até e inclus.	Graus de sobreespessura requerida para trabalho mecânico (**RMAG**)									
		A [2]	B [2]	C	D	E	F	G	H	J	K
-	40	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1	2
40	63	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	3
63	100	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
100	160	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6
160	250	0,3	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8
250	400	0,4	0,7	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
400	630	0,5	0,8	1,1	1,5	2,2	3	4	6	9	12
630	1000	0,6	0,9	1,2	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
1000	1600	0,7	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16
1600	2500	0,8	1,1	1,6	2,2	3,2	4,5	6	9	13	18
2500	4000	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20
4000	6300	1	1,4	2	2,8	4	5,5	8	11	16	22
6300	10000	1,1	1,5	2,2	3	4,5	6	9	12	17	24

1) Máxima dimensão de atravancamente da peça fundida, após trabalho mecânico final.

2) Os graus A e B devem ser aplicados, apenas, em casos especiais, por exemplo, com produção em série, na qual o modelo, o processo de fundição e o processo de trabalho mecânico, no que respeita às superfícies de aperto e superfícies de referência especificada ou parciais, foram acordados entre o cliente e a fundição.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Indicação nos desenhos:**
  - **Indicação das tolerâncias dimensionais gerais de peças fundidas:**
    - Indicações no desenho, no interior ou junto da legenda:
      - **com informação geral relativa às tolerâncias;**
      - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12**
      - **com uma restrição adicional de desencontro (SMI);**
      - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – SMI ±1,5**
  - **Indicação das sobreespessuras para trabalho mecânico:**
    - **com informação geral;**
    - Ex.: **Toler. gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – RMA 6 (RMAG H)**
    - **com uma sobreespessura para trabalho mecânico particular:**
      - Exemplo:



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Indicação nos desenhos:**
  - Indicação de tolerâncias geométricas de peças fundidas:
    - **Para tolerâncias geométricas gerais aplicadas em conjunto com as tolerâncias dimensionais gerais**:
      - **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – DCTG 12 – RMA 6 (RMAG H) – GCTG 7**
    - **Para tolerâncias geométricas gerais de peças fundidas**;
    - Ex.: **Tolerâncias gerais ISO 8062-3 – GCTG 7**

- **Tolerâncias dimensionais e geométricas de peças fundidas:**
  - A exactidão de um processo de fundição está dependente de muitos factores, entre os quais:
    - complexidade da concepção;
    - tipo de equipamento (modelos ou moldes);
    - metal ou liga em causa;
    - estado do equipamento (modelos ou moldes);
    - métodos de trabalho da fundição.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em grandes séries:**

Método	Grau de tolerância para peças fundidas, DCTG								
	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	11 a 14	11 a 14	11 a 14	11 a 14	10 a 13	10 a 13	9 a 12	11 a 14	11 a 14
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	8 a 12	8 a 12	8 a 12	8 a 12	8 a 10	8 a 10	7 a 9	8 a 12	8 a 12
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	7 a 9	7 a 9	7 a 9	7 a 9	7 a 9	6 a 8	---	---
Fundição em molde, sob pressão	---	---	---	---	6 a 8	3 a 6	6 [1)]	---	---
Fundição em cera perdida [2)]	4 a 6	4 a 6	4 a 6	---	4 a 6	---	4 a 6	4 a 6	4 a 6

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em grandes séries (cont.):**

NOTA 1: Os graus de tolerância indicados são os que podem, normalmente, ser obtidos para peças fundidas produzidas em grandes séries, se os factores de produção que influenciam a exactidão dimensional da peça fundida tiverem sido completamente optimizados.

NOTA 2: Para peças fundidas complexas, recomenda-se um grau de tolerância mais largo.

1) A máxima dimensão de atravancamento influencia fortemente a escolha do grau de tolerância. Os graus de tolerância seguintes são recomendados para as **máximas dimensões de atravancamento**:
dimensões de atravancamento > 50 mm → DCTG 7; > 180 mm → DCTG 8; > 500 mm → DCTG 9.

2) Para peças fundidas em cera perdida e para as máximas dimensões de atravancamento, recomenda-se:
dimensões de atravancamento > 100 mm → DCTG 4 a 8; > 400 mm → DCTG 4 a 9.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância dimensional para peças fundidas (DCTG), em bruto, produzidas em pequenas séries ou peça-a-peça:**

Método	Material de moldação	Grau de tolerância para peças fundidas, DCTG							
		Material da peça fundida							
		Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	Areia verde	13 a 15	13 a 15	13 a 15	13 a 15	13 a 15	11 a 13	13 a 15	13 a 15
	autosecativa	12 a 14	11 a 14	11 a 14	11 a 14	10 a 13	10 a 13	12 a 14	12 a 14

NOTA: Os graus de tolerância indicados são os que podem, normalmente, ser obtidos para peças fundidas produzidas em pequenas séries ou peça-a-peça.

NOTA: Os valores deste quadro aplicam-se, geralmente, para dimensões nominais maiores do que 25 mm. Para dimensões menores, normalmente, podem ser asseguradas tolerâncias mais finas, de um ponto de vista económico e prático:

a) dimensões nominais até 10 mm: 3 graus mais finos;
b) dimensões nominais de 10 mm até 16 mm: 2 graus mais finos;
c) dimensões nominais de 16 mm até 25 mm: 1 grau mais fino.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Graus de tolerância geométrica para peças fundidas (GCTG):**

Método	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	6 a 8	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	5 a 7	6 a 8	6 a 8
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	5 a 7	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	4 a 6	5 a 7	5 a 7
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	---	---	---	3 a 5	---	3 a 5	---	---
Fundição em molde, sob pressão [1]	---	---	---	---	2 a 4	2 a 4	2 a 4	---	---
Fundição em cera perdida	4 a 6 [2]	3 a 5	3 a 5	3 a 5	3 a 5	2 a 4	3 a 5	4 a 6 [2]	4 a 6 [2]

1) Aplicam-se os seguintes graus: GCTG 2 deverá ser usado apenas por acordo especial; GCTG 3, para peças fundidas correntes, sem gavetas (movimentos) para a superfície de contomo; GCTG 4, para peças fundidas complexas, bem como com gavetas (movimentos) para a superfície de contorno.

2) Para peças fundidas em cera perdida: dimensões > 100 mm → grau 4 a 8; > 400 mm → grau 4 a 9.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

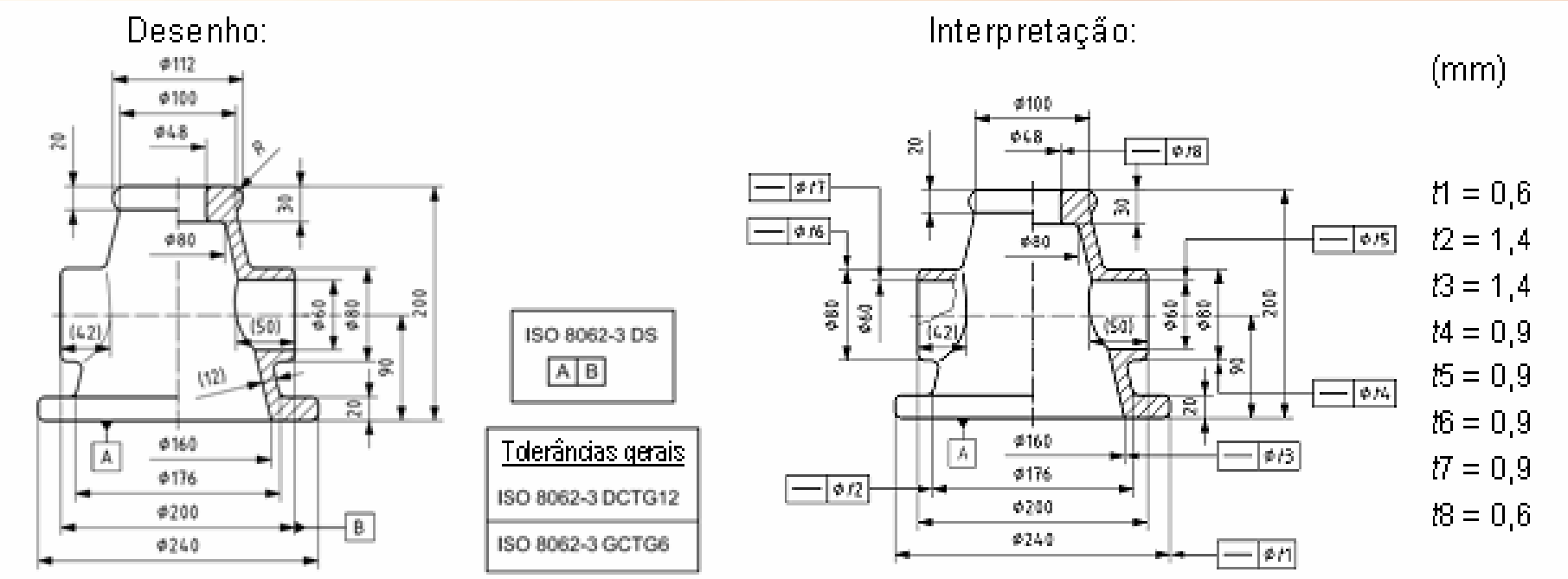
- **Graus típicos de sobreespessura requerida para trabalho mecânico em peças fundidas em bruto (RMAG):**

Método	Grau de sobreespessura requerida para trabalho mecânico, **RMAG**								
	Material da peça fundida								
	Aço	Ferro fundido cinzento	Ferro fundido nodular	Ferro fundido maleável	Ligas de cobre	Ligas de zinco	Ligas de metais ligeiros	Ligas à base de níquel	Ligas à base de cobalto
Fundição em areia, moldação manual	G a K	F a H [1)]	F a H [1)]	F a H	F a H	F a H	F a H [1)]	G a K	G a K
Fundição em areia, moldação à máquina, e moldação em carapaça	F a H	E a G	E a G	E a G	E a G	E a G	E a G	F a H	F a H
Molde metálico permanente (gravidade e baixa pressão)	---	D a F	D a F	D a F	D a F	D a F	D a F	---	---
Fundição em molde, sob pressão	---	---	---	---	B a D	A a D	B a D	---	---
Fundição em cera perdida	E	E	E	---	E	---	E	E	E

1) Para peças fundidas com a máxima dimensão de atravancamento maior do que 6300 mm, aplicam-se os graus F a K.

Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

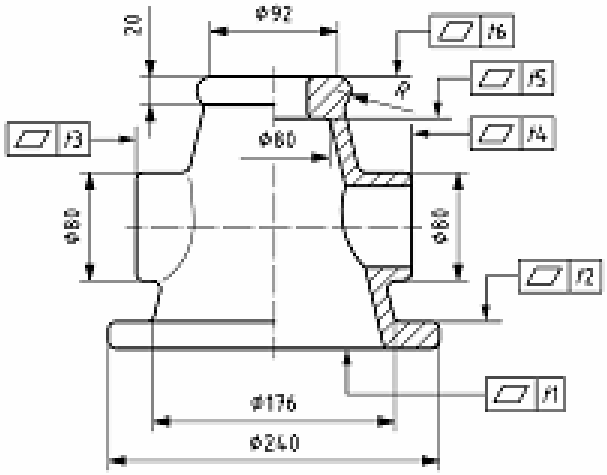
- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas:**



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**

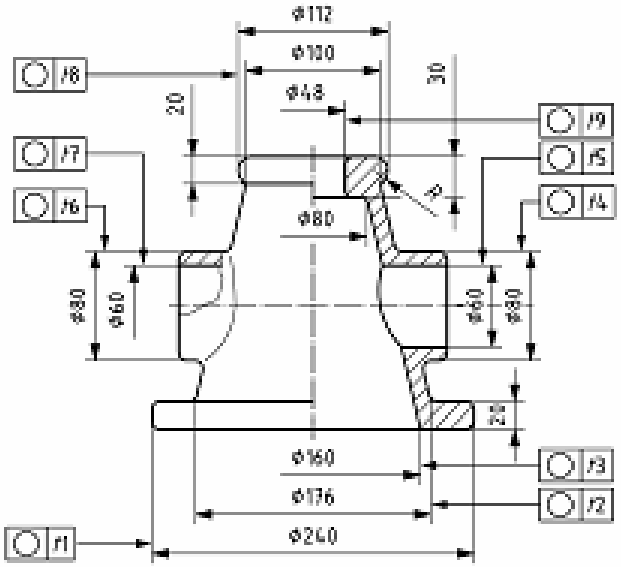
Interpretação:



(mm)

t1 = 2
t2 = 2
t3 = 1,4
t4 = 1,4
t5 = 1,4
t6 = 1,4

Interpretação:

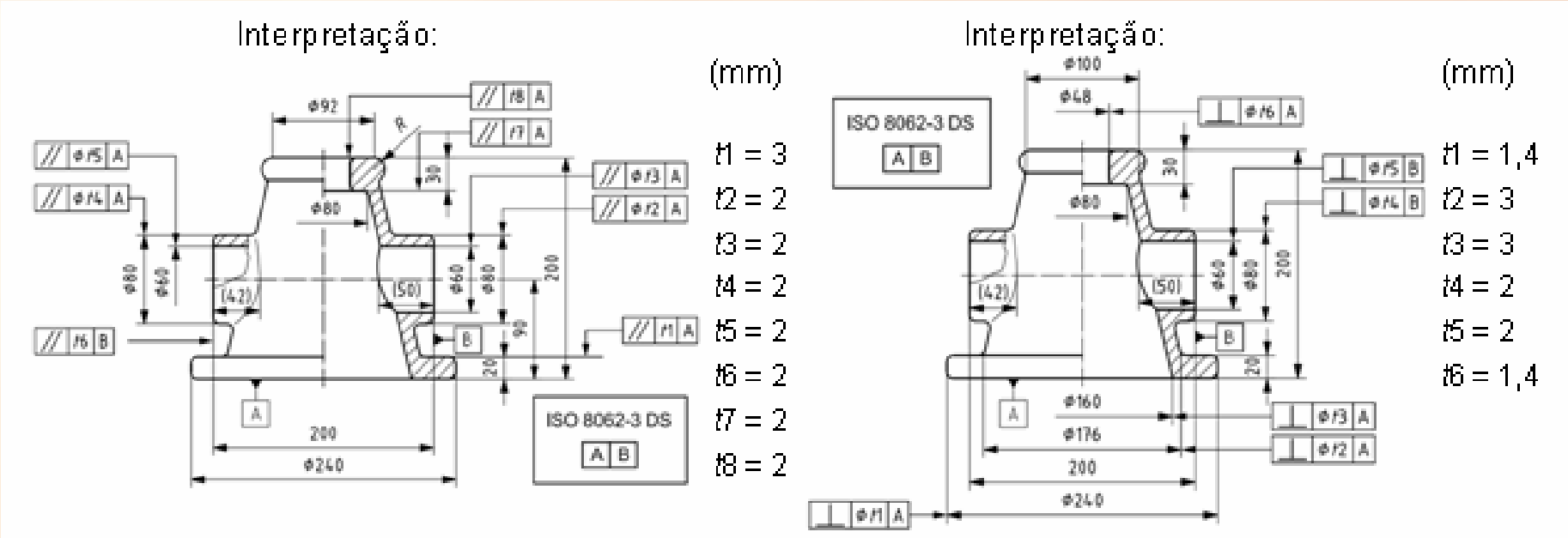


(mm)

t1 = 3
t2 = 3
t3 = 3
t4 = 2
t5 = 2
t6 = 2
t7 = 2
t8 = 3
t9 = 2

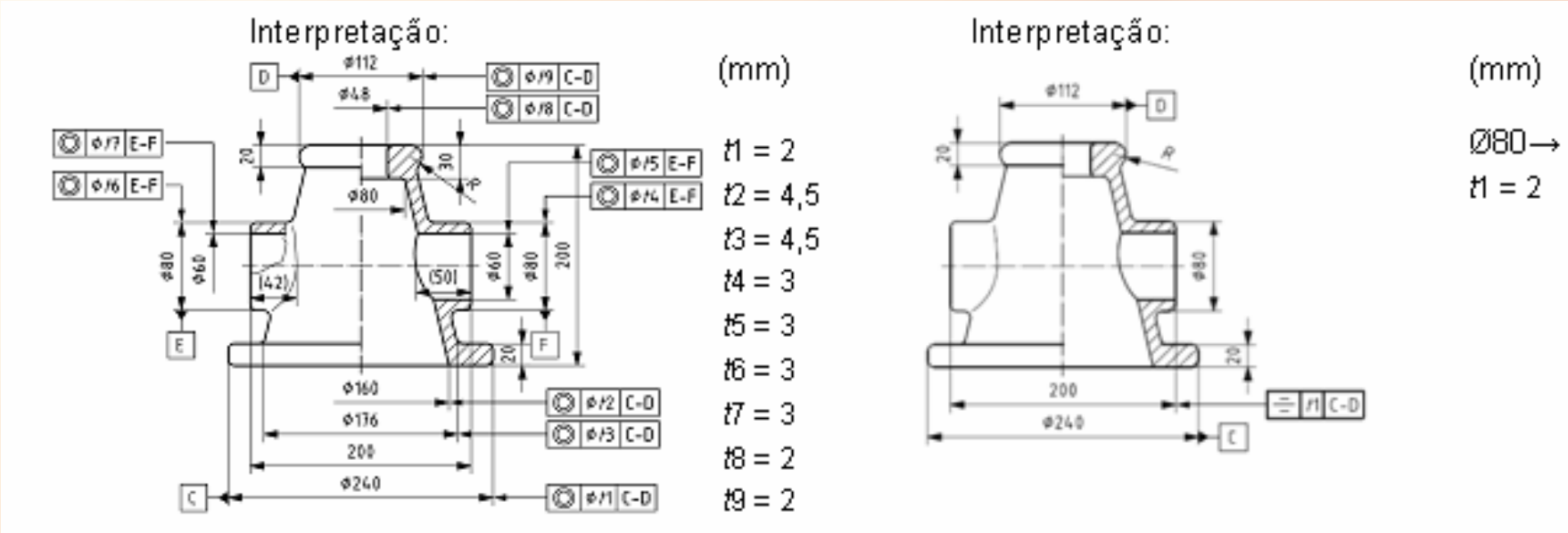
Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**



Tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e sobreespessuras para trabalho mecânico para peças moldadas (ISO 8062-3)

- **Exemplo de aplicação das tolerâncias geométricas gerais para peças fundidas (cont.):**



Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- A **norma ISO 13920: 1996 especifica tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares e para a forma e a posição de estruturas soldadas, em quatro classes**, baseadas na exactidão oficinal corrente e seleccionadas de acordo com os requisitos funcionais.
- **As tolerâncias aplicáveis são sempre as que estão especificadas no desenho**. Em vez de especificar tolerâncias individuais, podem ser utilizadas as classes de tolerância em conformidade com esta norma.
- As tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares e para a forma e a posição, especificadas nesta norma, **aplicam-se a soldaduras em geral, conjuntos de peças soldadas e estruturas soldadas**, etc. Para estruturas complexas, podem ser necessárias disposições especiais.
- **As especificações indicadas nesta norma são baseadas no princípio de independência, especificado na ISO 8015**, de acordo com o qual, as tolerâncias dimensionais e geométricas aplicam-se, independentemente umas das outras.

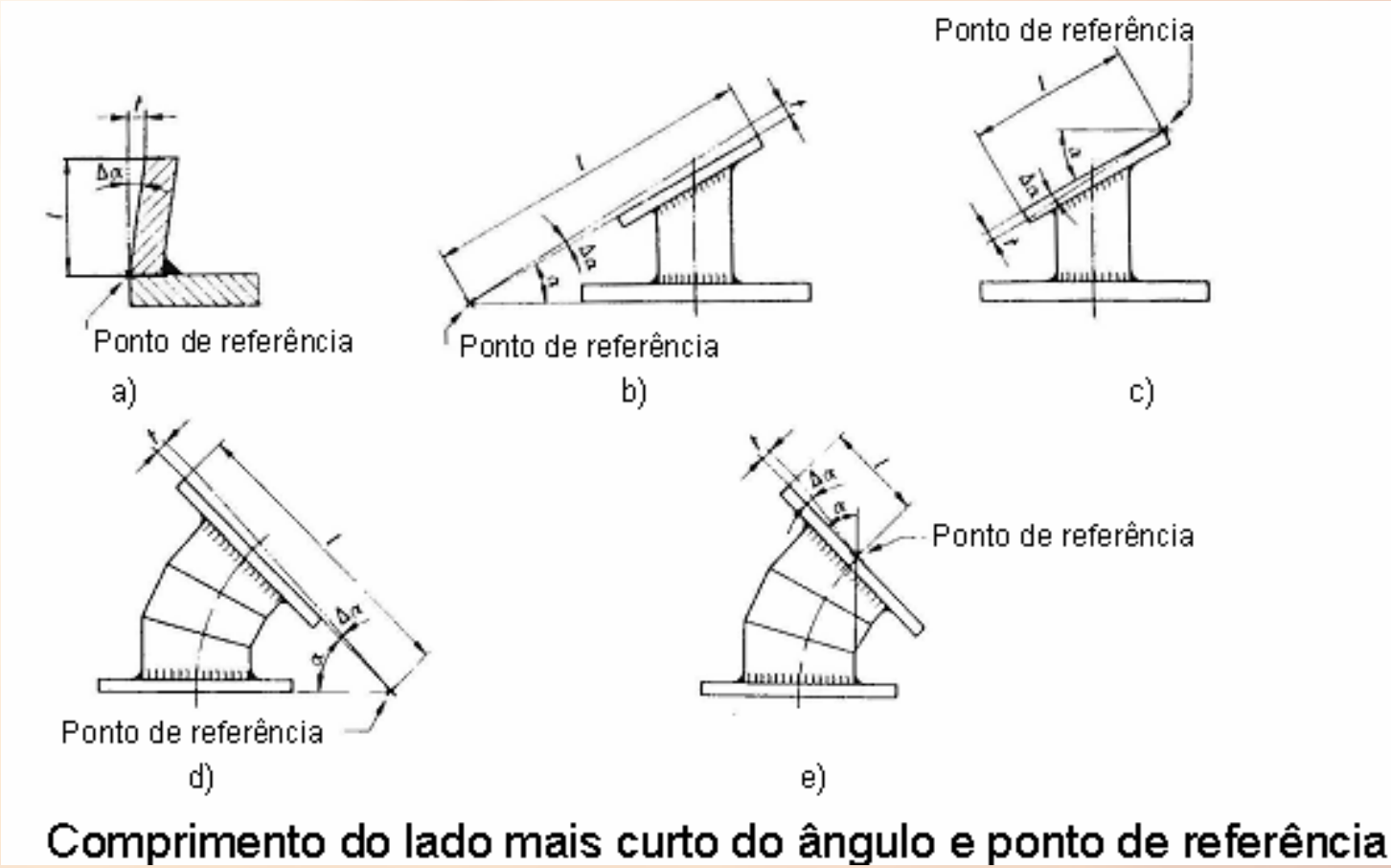
Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias para dimensões lineares:**

Gama de tamanhos nominais *l* em mm											
Classe de tolerância	2 a 30	> 30 até 120	> 120 até 400	> 400 até 1000	> 1000 até 2000	> 2000 até 4000	> 4000 até 8000	> 8000 até 12000	> 12000 até 16000	> 16000 até 20000	> 20000
	Tolerâncias *t* em mm										
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B		±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

- **Nas tolerâncias para dimensões angulares, o comprimento do lado mais curto do ângulo deve ser utilizado na determinação das tolerâncias a aplicar**. O comprimento do lado pode também ser assumido como sendo prolongado até um ponto de referência especificado. Neste caso, o respectivo ponto de referência deve ser indicado no desenho.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição



Comprimento do lado mais curto do ângulo e ponto de referência

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias para dimensões angulares:**

Classe de tolerância	Gama de tamanhos nominais *l* em mm (comprimento do lado mais curto)		
	Até 400	> 400 até 1000	> 1000
	Tolerâncias $\Delta\alpha$ (em graus e minutos)		
A	± 20'	± 15'	± 10'
B	± 45'	± 30'	± 20'
C	± 1°	± 45'	± 30'
D	± 1° 30'	± 1° 15'	± 1°
	Tolerâncias *t* calculadas e arredondadas, em mm/m [1]		
A	± 6	± 4,5	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18

[1] O valor indicado em mm/m corresponde ao valor da tangente da tolerância geral. É para ser multiplicado pelo comprimento, em m, do lado mais curto.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **As tolerâncias de rectitude, planeza e paralelismo aplicam-se às dimensões totais de uma soldadura em geral, de um conjunto de peças soldadas ou de uma estrutura soldada e também em secções, nas quais as dimensões estão indicadas.**

- **Outras tolerâncias de forma e posição, por exemplo, tolerâncias de coaxialidade e de simetria não foram especificadas**. Se tais tolerâncias forem requeridas, por razões de funcionamento, devem ser indicadas nos desenhos, tal como especificado na ISO 1101.

Soldadura – Tolerâncias gerais para construções soldadas – Dimensões para comprimentos e ângulos – Forma e posição

- **Tolerâncias de rectitude, planeza e paralelismo:**

Gama de tamanhos nominais *l* em mm (relativos ao lado maior da superfície)										
Classe de tolerância	> 30 até 120	> 120 até 400	> 400 até 1000	> 1000 até 2000	> 2000 até 4000	> 4000 até 8000	> 8000 até 12000	> 12000 até 16000	> 16000 até 20000	> 20000
	Tolerâncias *t* em mm									
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

- **Indicações nos desenhos:**
  - **A designação da classe de tolerância seleccionada (ex.: ISO 13920-B) ou a sua combinação com uma classe de tolerância (ex.: ISO 13920-BE), deve ser inscrita na área apropriada, no desenho.**

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **As tolerâncias gerais deverão ser indicadas no desenho, através de referência às normas**:
  - ISO 2768,
  - ISO 8062 e/ou
  - ISO 13920,
  - conforme os casos.
- **Os valores das tolerâncias gerais correspondem**:
  - às classes de exactidão oficinal corrente e/ou
  - aos graus de exactidão de fundição corrente
  - sendo a classe de tolerância e/ou o grau de tolerância apropriados escolhidos e indicados no desenho.
- **Se, por razões funcionais, um elemento exigir um valor de tolerância inferior às "tolerâncias gerais", então o elemento deverá ter uma tolerância menor, indicada individualmente, junto do elemento respectivo**.

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- Quando a função de um elemento admite uma tolerância igual ou superior aos valores da tolerância geral, aquela não deverá ser indicada individualmente, mas deverá ser especificada no desenho, em termos de toleranciamento geral.
  Podem existir "excepções à regra", quando a função do elemento admite uma tolerância superior às tolerâncias gerais e essa tolerância mais larga permite uma economia de fabricação.
  Nesses casos especiais, a tolerância mais larga deverá ser especificada individualmente, junto do elemento em questão.

- **A utilização de tolerâncias gerais apresenta as seguintes vantagens**:
  - os **desenhos são mais fáceis de ler** e, por isso, a comunicação torna-se mais efectiva para o utilizador;
  - **o desenhador poupa tempo**, evitando cálculos de tolerâncias detalhados, já que basta saber se a função admite uma tolerância superior ou igual à tolerância geral;

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **A utilização de tolerâncias gerais apresenta as seguintes vantagens (cont.)**:
  - o desenho permite referenciar, facilmente, quais os elementos que podem ser produzidos pela capacidade normal do processo; **facilitando a gestão do sistema de qualidade**, através da redução dos níveis de inspecção;
  - os elementos restantes que são afectados por tolerâncias individuais serão, normalmente, aqueles para os quais a função requer tolerâncias relativamente apertadas e que podem, portanto, necessitar de esforços particulares durante a produção – **a análise dos requisitos a controlar é facilitada**;
  - os responsáveis pelos serviços de compras e de subcontratação podem **negociar os contratos mais facilmente**, uma vez que a "exactidão oficinal corrente" e/ou a "exactidão de fundição corrente" é conhecida, antes que o contrato seja adjudicado.

Conceitos para o toleranciamento geral de características geométricas

- **Estas vantagens só são plenamente alcançadas quando existe uma confiança suficiente de que as tolerâncias dimensionais e geométricas gerais e a RMA (em peças fundidas) não serão ultrapassadas**, ou seja, quando a exactidão corrente, da oficina ou da fundição em questão, é igual ou superior à das tolerâncias gerais indicadas no desenho.

- **A oficina ou a fundição deverá**:
  - **determinar**, por meio de medições, **qual a sua exactidão corrente**;
  - **aceitar apenas desenhos cujas tolerâncias gerais sejam iguais ou maiores do que a sua exactidão corrente**;
  - **verificar, por amostragem, que a sua exactidão corrente não se deteriora** (não é intenção do conceito de toleranciamento geral, verificar cada elemento em cada peça).

- **As tolerâncias gerais definem a exactidão requerida.**

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

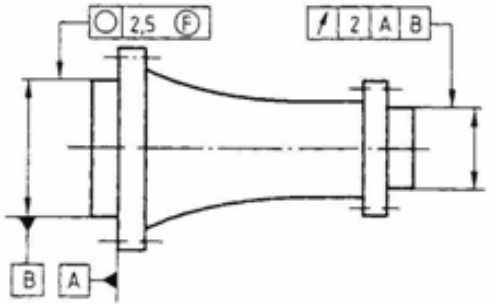
- **"Peças não rígidas" são peças que, quando retiradas do seu ambiente de fabricação, podem deformar-se significativamente em relação aos seus limites definidos,** devido ao seu peso, à sua flexibilidade ou à libertação de tensões internas resultantes dos processos de fabricação.
- **Uma Peça não rígida deforma-se até um ponto em que, no estado livre, ultrapassa as tolerâncias dimensionais e/ou geométricas indicadas no desenho** [ex.: peças de material rígido (peças de chapa metálica fina) ou de material flexível (tais como borracha, plásticos, etc.)].
- Em vez de, ou em complemento a, avaliar a peça convencionalmente (na sua condição de estado livre), **pode ser necessário avaliar a peça quando sujeita a uma restrição não superior à aceitável, na condição de montada.**
- **Estado livre: condição de uma peça sujeita, apenas, à acção da força da gravidade.**

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- Para peças não rígidas, identificadas no desenho pela indicação "ISO 10579-NR", aplica-se a condição de restrição, a menos que as cotas e as tolerâncias sejam qualificadas pelo símbolo Ⓕ.
- Indicações nos desenhos:
  - Conforme seja apropriado, os desenhos de peças não rígidas devem incluir as seguintes indicações:
    - A indicação "ISO 10579-NR", na legenda ou perto dela.
    - As condições sob as quais a peça deve ser restringida, de modo a satisfazer os requisitos do desenho, inscritas numa nota.
    - Variações geométricas admissíveis no estado livre, com o símbolo modificador Ⓕ incluído no quadro de tolerância.
    - As condições sob as quais as tolerâncias geométricas, no estado livre, são satisfeitas (sentido da acção da gravidade, orientação da peça, etc.).

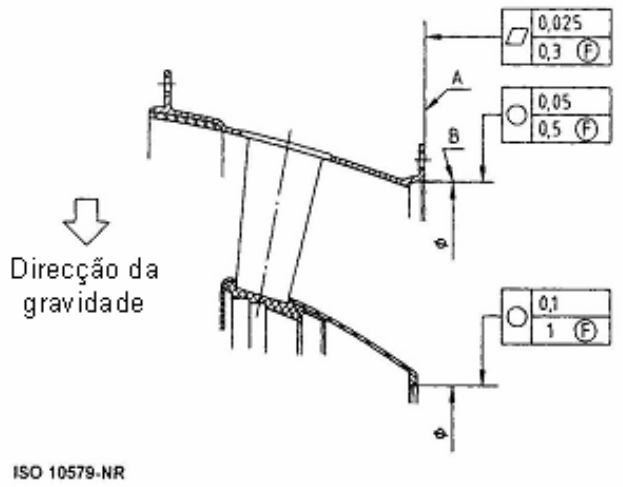
Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- **Exemplos de indicação e interpretação:**

Indicação no desenho	Interpretação
 ISO 10579-NR **Condição de restrição:** A superfície indicada como referência especificada A é montada (com 64 parafusos e porcas M6 apertados até um binário de 9 N·m a 15 N·m) e o elemento indicado como referência especificada B é restringido no correspondente limite de máximo de matéria.	A tolerância geométrica, seguida do **símbolo** Ⓕ deve ser assegurada no **estado livre**. Outras tolerâncias geométricas aplicam-se sob as condições indicadas na nota.

Cotagem e toleranciamento de peças não rígidas (ISO 10579)

- Exemplos de indicação e interpretação:

Indicação no desenho	Interpretação
 **Condição de restrição:** A superfície indicada como referência especificada A é montada (com 120 parafusos e porcas M20 apertados até um binário de 18 N·m a 20 N·m) e o elemento indicado como referência especificada B é restringido no correspondente limite de máximo de matéria.	As tolerâncias geométricas, seguidas do **símbolo** Ⓕ devem ser asseguradas no **estado livre**. Outras tolerâncias geométricas aplicam-se sob as condições indicadas na nota.

CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador

Requisitos de Toleranciamento

João Manuel R. S. Tavares

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Bibliografia

- Simões Morais, José Almacinha, "Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)", AEFEUP, 2007
- Simões Morais, "Desenho técnico básico 3", ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

Índice

- Zona de tolerância projectada (ISO 10578);
- Especificação e interpretação de tolerâncias geométricas;
- Princípio de toleranciamento de base;
- Princípio de independência;
- Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente;
- Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692);
- Verificação do requisito de máximo de matéria;
- Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692);

Índice

- Requisito de reciprocidade (RPR);
- Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas;
- Relações entre os processos de fabricação das peças e os desvios geométricos.

Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

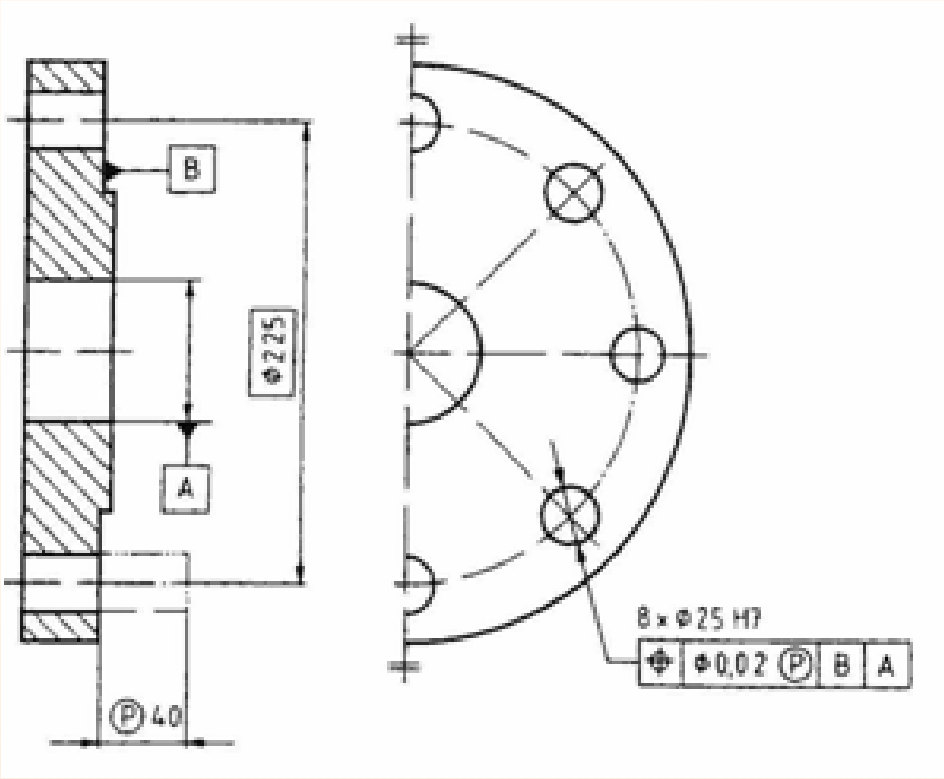
- **Uma tolerância aplica-se em toda a extensão do elemento toleranciado**, a menos que haja alguma indicação em contrário.
- **Esse toleranciamento pode não ser suficiente para caracterizar zonas que, apesar de serem exteriores ao elemento toleranciado, intervêm no funcionamento**.
- **Nestes casos** (ex.: em elementos roscados, furos para ajustamentos com aperto, etc.), **utiliza-se uma zona de tolerância projectada**, em conjugação com toleranciamento geométrico, para caracterizar uma variação extrema desse tipo de elementos.

Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- A **zona de tolerância projectada é aplicada a tolerâncias geométricas** (de orientação, de posição e de batimento).
- A **zona de tolerância projectada aplica-se na projecção externa mínima do elemento**, sendo:
  - indicada no desenho pelo símbolo Ⓟ seguido pela cota projectada;
  - representada por uma linha a traço-dois pontos fina, na vista do desenho correspondente;
  - indicada no quadro de tolerância geométrica pelo símbolo Ⓟ colocado após a tolerância do elemento toleranciado.

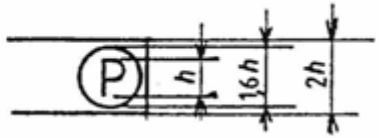
Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplo:



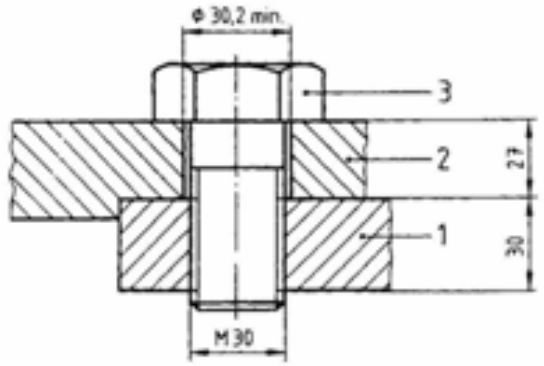
$h = 10\ d$

d – espessura do traço fino



Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplos de indicação nos desenhos e sua interpretação:
  - O parafuso (3) é passante na peça (2) e roscado na peça (1).
  - No cálculo da tolerância de localização do furo roscado, considera-se que **a soma das tolerâncias de localização dos furos das duas peças deve ser igual à soma das folgas mínimas entre todos os elementos**.



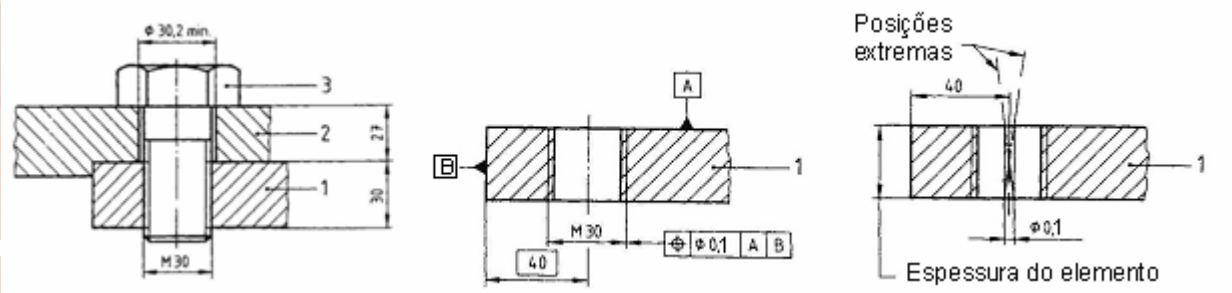
Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplos de indicação nos desenhos e sua interpretação (cont.):
  - Desprezando a folga entre o parafuso e o furo roscado, em comparação com a folga entre o parafuso e o furo passante:

$$T_{LOC2} + T_{LOC1} = (30{,}2 - 30) = 0{,}2$$

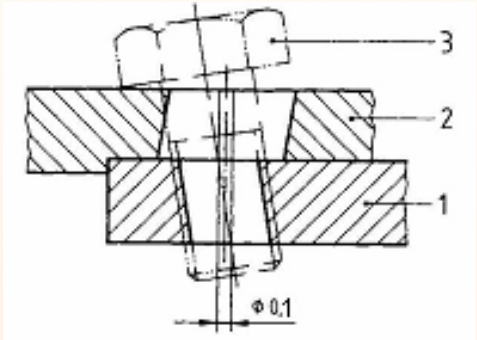
  - logo:

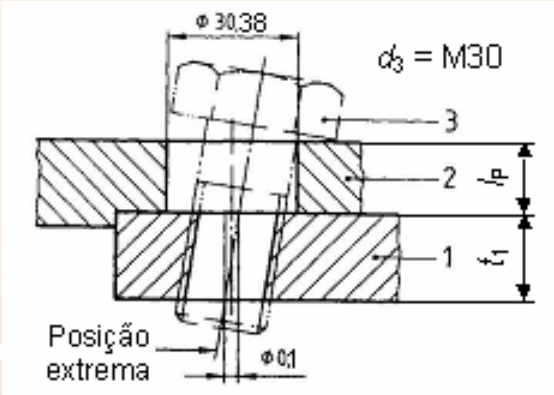
$$T_{LOC2} = T_{LOC1} = (30{,}2 - 30) / 2 = 0{,}1$$



Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplos de indicação nos desenhos e sua interpretação (cont.):
  - É impossível inserir o parafuso.
  - No entanto, existem várias soluções possíveis que podem ser adoptadas para eliminar esta interferência:
    - **O tamanho do furo da peça (2) poderia ser aumentado**. A necessidade de uma boa articulação ou centragem das peças pode impossibilitar esta solução.



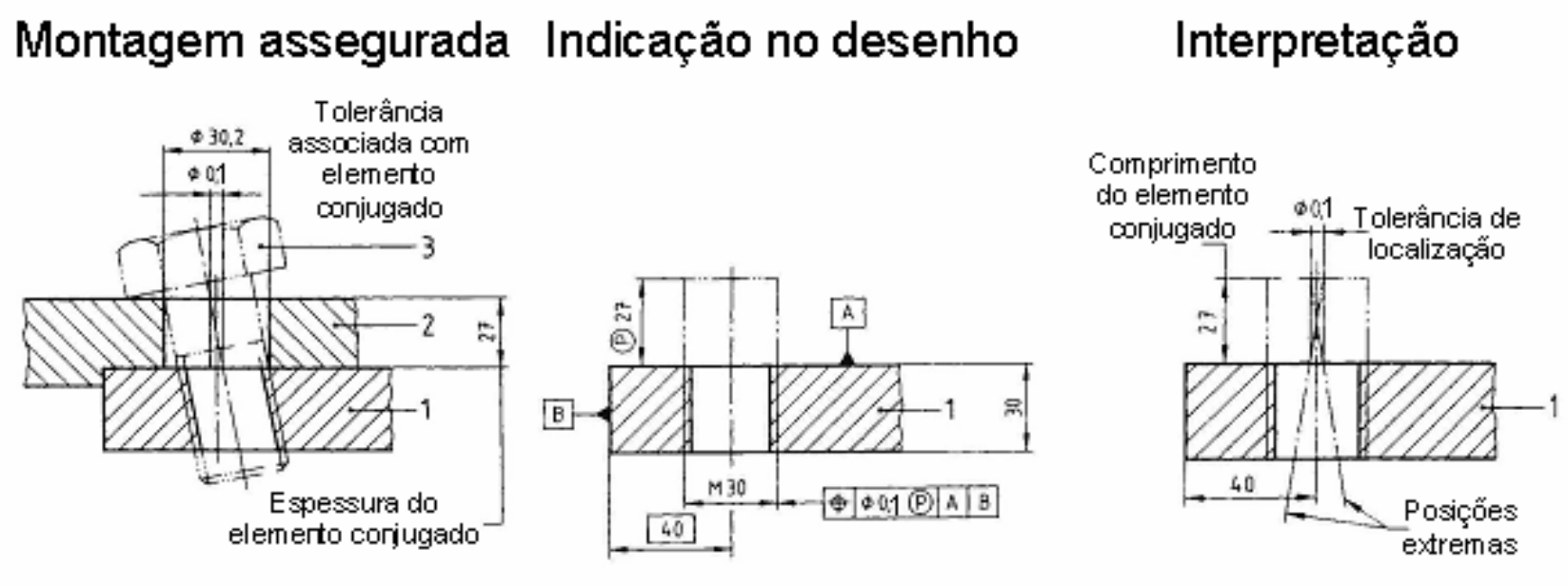


Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplos de indicação nos desenhos e sua interpretação (cont.):
  - **A tolerância do furo da peça (1) podia ser apertada**, mas tal **pode aumentar o custo** de produção da peça.
  - **Uma tolerância suplementar podia ser especificada**, por exemplo, uma tolerância de perpendicularidade de valor inferior à tolerância de localização, mas isso também **aumenta o custo** de produção da peça.
  - **Alternativamente, pode ser especificada uma zona de tolerância projectada**. **Esta solução admite uma tolerância máxima, ao mesmo tempo que assegura a montagem das peças**.

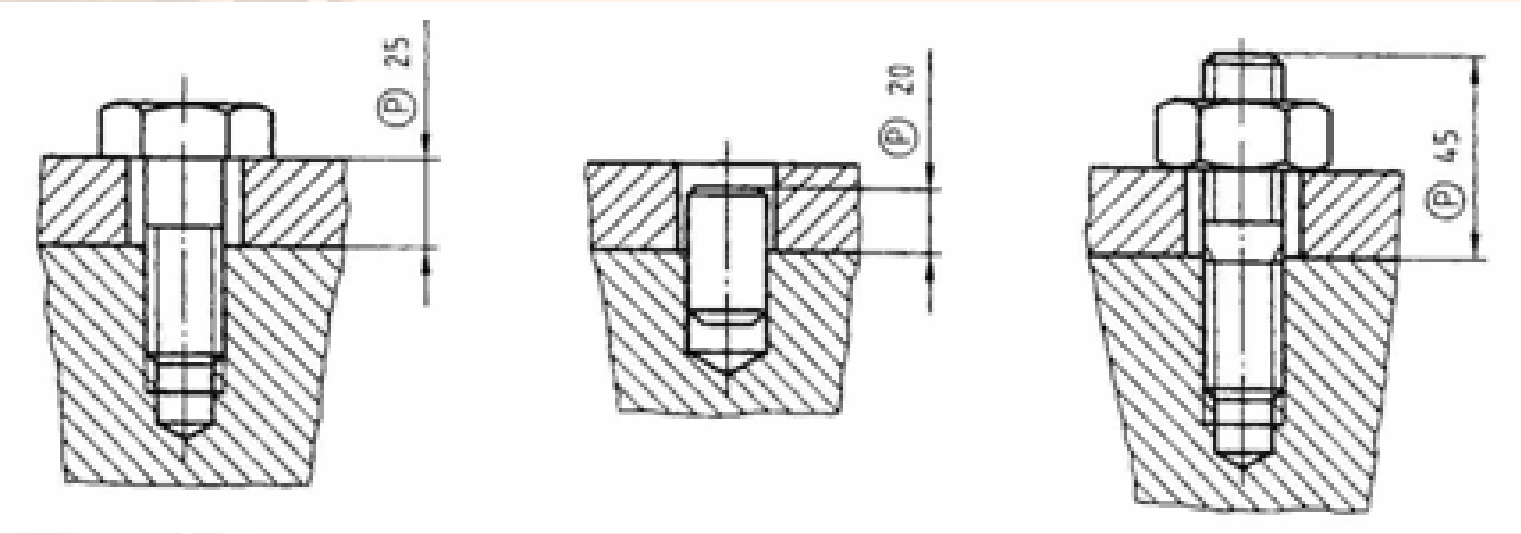
Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplos de indicação nos desenhos e sua interpretação (cont.):



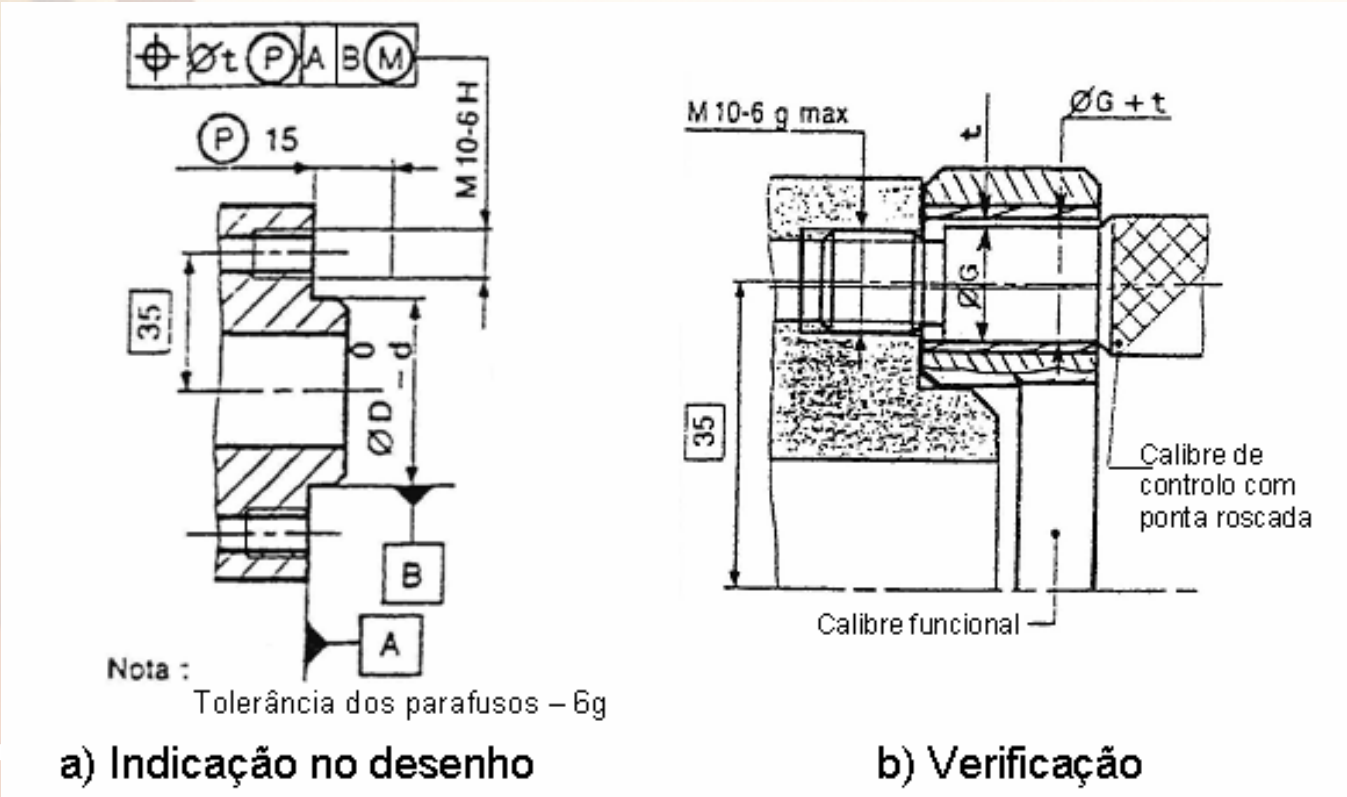
Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- **Comprimento funcional da zona de tolerância projectada**:
  - O comprimento funcional de uma zona de tolerância projectada é um **valor mínimo função do sistema de ligação** em causa.



Zona de tolerância projectada (ISO 10578)

- Exemplo de verificação da especificação de uma zona de tolerância projectada:



Especificação e interpretação de tolerâncias geométricas

- Tolerâncias geométricas:
  - Para **assegurar a qualidade** dos produtos técnicos e dos seus processos de produção e montagem, **os desvios geométricos têm de ser limitados** e, como tal, **toleranciados**.
  - As **causas dos desvios** poderão ser resultantes de efeitos dependentes da máquina e do processo, de efeitos dependentes da ferramenta, de efeitos dependentes da peça ou de combinações de todos eles.
  - Se o **desvio de forma é verificado de um modo independente em relação ao tamanho ou cota do elemento**, esta verificação isolada **não é**, normalmente, **suficiente para assegurar a função da peça**.

Especificação e interpretação de tolerâncias geométricas

- Na fabricação e no processo de controlo, algumas das **tolerâncias de forma podem ser decompostas**:

Características toleranciadas	Tolerâncias de forma e de orientação limitadas implicitamente
Rectitude	
Planeza	Rectitude
Circularidade	
Cilindricidade	Rectitude + circularidade + paralelismo
Perfil de uma linha qualquer	
Perfil de uma superfície qualquer	Perfil de uma linha qualquer

Especificação e interpretação de tolerâncias geométricas

- A **abordagem das tolerâncias complexas através da sua decomposição tem uma vantagem adicional** (ex.: se uma tolerância de cilindricidade for excedida, pode determinar-se qual a parte do desvio de cilindricidade que provocou essa violação, de forma a tomar as necessárias medidas correctivas).
- A **utilização de uma metrologia digital computorizada** (máquinas de medição de coordenadas) estendeu o âmbito da metrologia convencional (planos de medição, comparadores, etc.), pois agora **quase todas as mensurandas observadas passaram a poder ser calculadas**. Logo, tornou-se necessário **matematizar as mensurandas convencionais**, de modo a estas serem aplicáveis em ambos os sistemas.

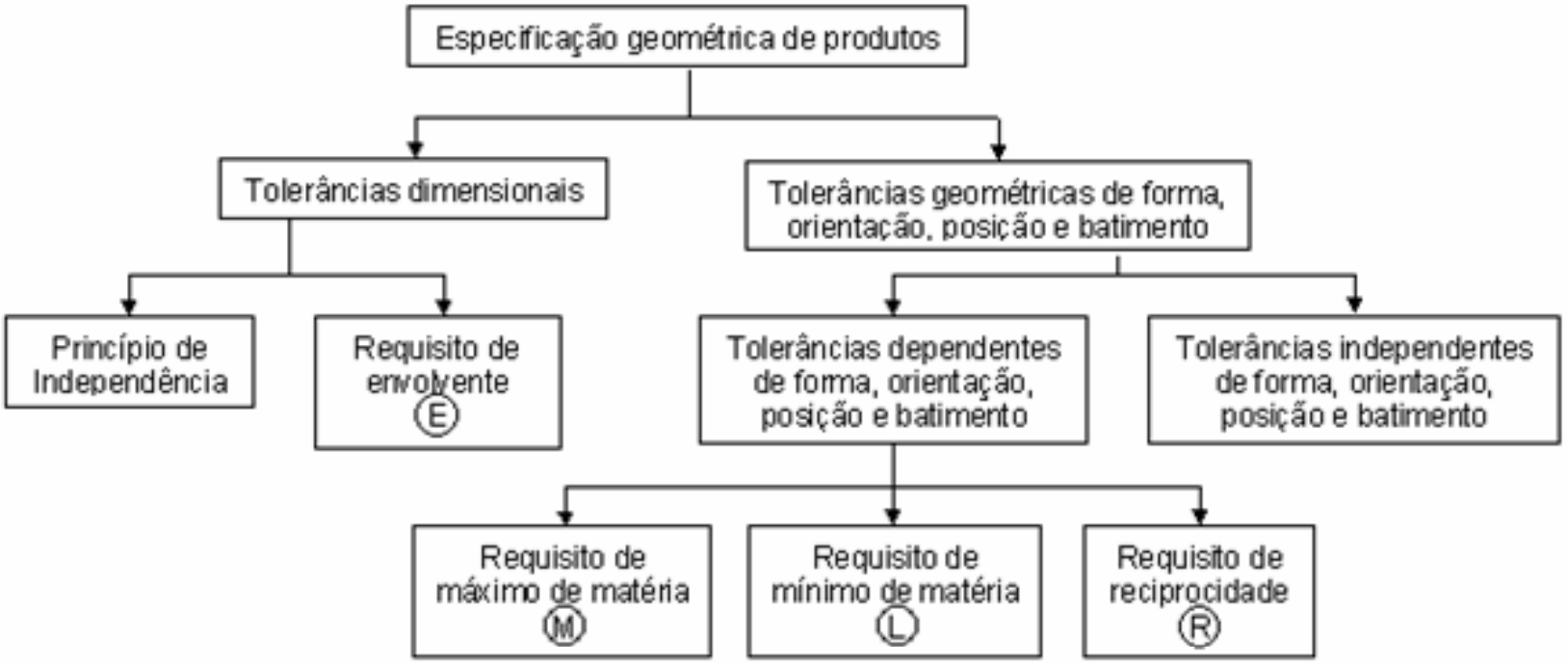
Princípio de toleranciamento de base

- O **princípio de base para o toleranciamento** de cada componente **estabelece relações definidas entre as tolerâncias dimensionais** (lineares e angulares) **e as tolerâncias geométricas de forma, de orientação e de posição e de batimento**.
- No processo de especificação das tolerâncias **deve ser sempre decidido se o princípio de independência** (o **princípio de base**) pode ser tomado em consideração para um tamanho toleranciado **ou se deve ser adoptado o requisito de envolvente** (que apenas diz respeito a tolerâncias em superfícies conjugadas, assinaladas pelo símbolo Ⓔ).

Princípio de toleranciamento de base

- **Deve também ser decidido** se uma **tolerância geométrica** deve ser **especificada de modo independente** ou se o **requisito de máximo de matéria** Ⓜ, de **mínimo de matéria** Ⓛ ou de **reciprocidade** Ⓡ pode ser tomado em consideração para certas tolerâncias geométricas.
- **Outras condições**, tais como a **zona de tolerância projectada** Ⓟ, em concordância com a ISO 10578, ou o **toleranciamento de peças não rígidas** Ⓕ, em concordância com a ISO 10579, são também utilizadas em desenhos técnicos.

Princípio de toleranciamento de base



Princípio de toleranciamento para tolerâncias geométricas

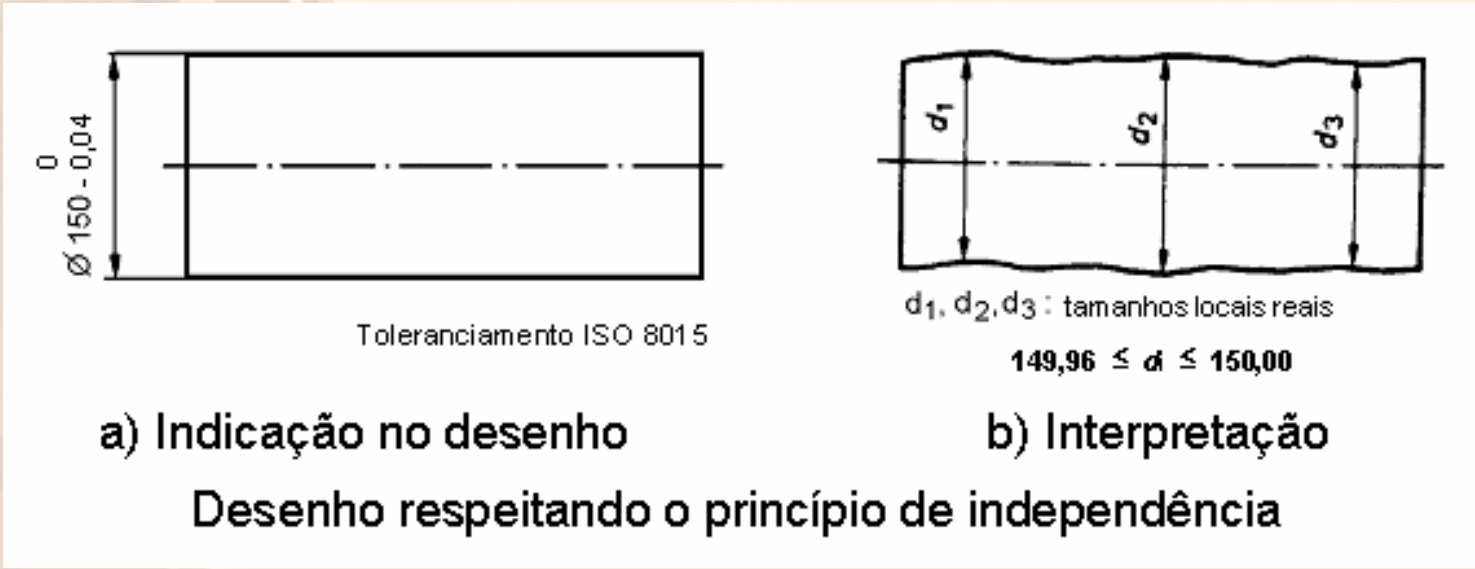
Princípio de independência

- De acordo com este princípio de base, **cada requisito dimensional ou geométrico especificado deve ser respeitado independentemente dos outros**, a menos que seja especificada uma relação particular entre eles.
- Os desenhos em que se aplique o princípio de independência, como princípio de aplicação geral a todo o desenho, devem ser **identificados através da seguinte inscrição colocada no interior ou junto da legenda do desenho**:

Toleranciamento ISO 8015

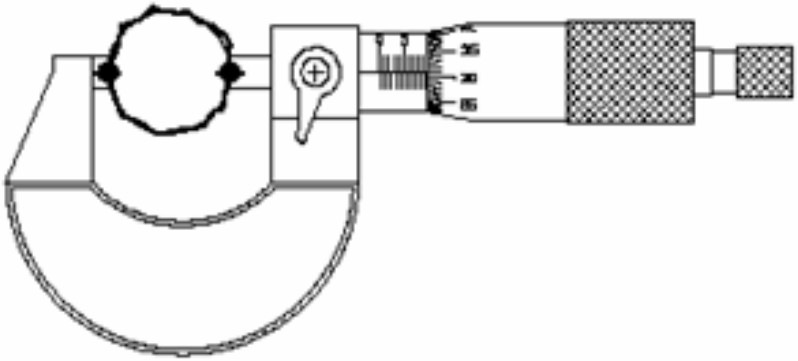
Princípio de independência

- Com este princípio de base, **uma tolerância linear controla apenas os tamanhos locais reais** (medições entre dois pontos) de um elemento, mas **não os seus desvios de forma**.



Desenho respeitando o princípio de independência

Princípio de independência



Micrómetro de exteriores



Calibre de limites para veios
(calibre-maxila)

Exemplos de processos de medição e controlo entre dois pontos

Princípio de independência

- Os **desvios de forma devem ser controlados através de tolerâncias geométricas de forma individuais; de tolerâncias geométricas gerais ou através do requisito de envolvente**.
- Neste âmbito, um elemento de tamanho pode ser uma superfície cilíndrica ou duas superfícies planas paralelas, sendo definido por uma cota linear do tipo tamanho.
- **Não existe controlo da relação geométrica entre elementos individuais por meio de tolerâncias lineares.**

Princípio de independência

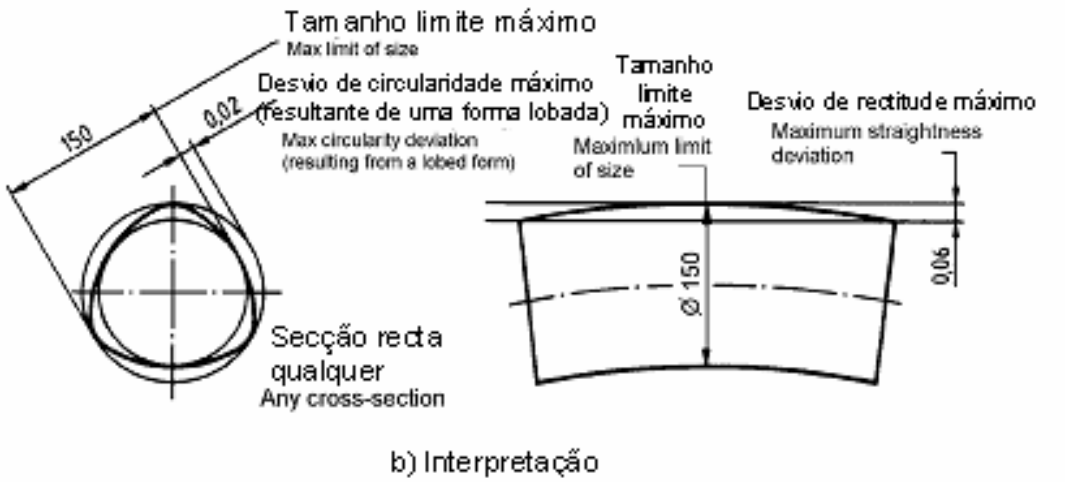
- **Uma tolerância angular especificada, em unidades angulares, controla apenas a orientação geral de linhas ou elementos de linha de superfícies, em qualquer secção recta do diedro, mas não os seus desvios de forma**.
- A orientação geral da linha derivada da superfície real é a orientação da linha em contacto, de forma geométrica ideal.

Princípio de independência

- A distância máxima entre a linha em contacto e a linha real deve ser a menor possível.
- Os **desvios de forma devem ser controlados através de tolerâncias de forma indicadas individualmente ou de tolerâncias geométricas gerais**.
- **As tolerâncias geométricas controlam o desvio do elemento em relação à sua forma, orientação ou posição teoricamente exacta, independentemente do tamanho do elemento**.

Princípio de independência





Desenho respeitando o princípio de independência

Princípio de independência

- **Este tipo de toleranciamento não seria adequado para uma peça "veio" que devesse ser ajustada a uma peça "furo", mas é suficiente para muitos casos em que este requisito não é necessário, com as consequentes vantagens económicas**.
- No entanto, **com a verificação exclusiva dos tamanhos entre dois pontos, o princípio de independência pode dar origem a situações diversas e, nalguns casos, extremas**.
- **O princípio de independência deverá ser, geralmente, utilizado para elementos geométricos que não se destinem a ser ajustados a outros elementos.**

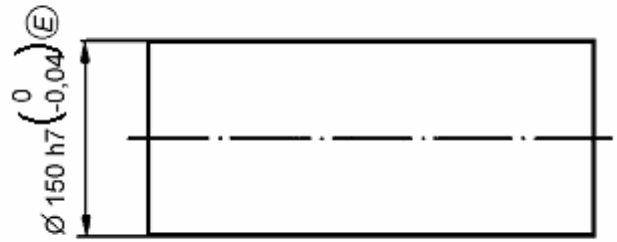
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- **O requisito de envolvente (princípio de Taylor) pode ser aplicado a elementos de tamanho** (do tipo cilindro e do tipo dois planos paralelos opostos).
- **O requisito significa que a envolvente de forma perfeita do elemento, de tamanho no máximo de matéria, não deve ser violada**.
- O requisito de envolvente pode ser **indicado ou através do símbolo Ⓔ colocado após a tolerância linear**, ou por referência a uma norma apropriada que invoque o requisito de envolvente.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- Elementos de tamanho com uma função de ajustamento entre peças conjugadas são **indicados** no desenho **com o símbolo** Ⓔ.
- Em casos onde o requisito de envolvente se aplica a todos os elementos de tamanho, a designação "E" deve ser incluída na designação das tolerâncias gerais, por exemplo:

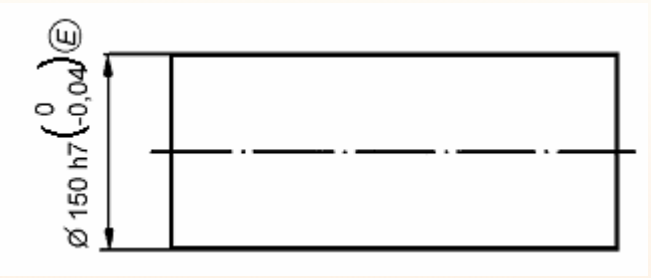
ISO 2768-mK-E.



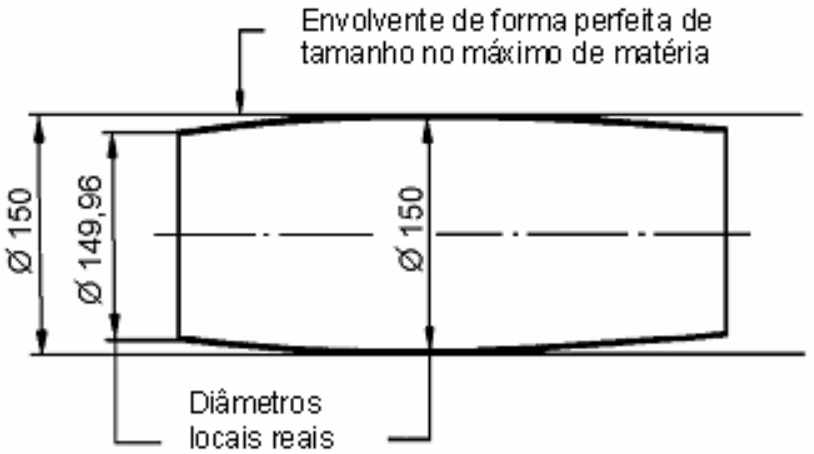
Desenho com indicação do requisito de envolvente

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- Isto significa que a peça real deve obedecer aos seguintes requisitos:

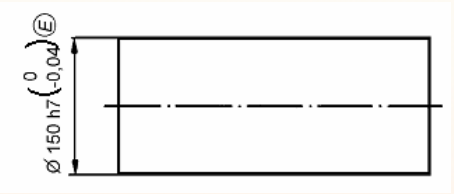


- Cada diâmetro local real do veio deve ficar no interior da tolerância dimensional de 0,04, podendo variar entre ∅150 e ∅149,96

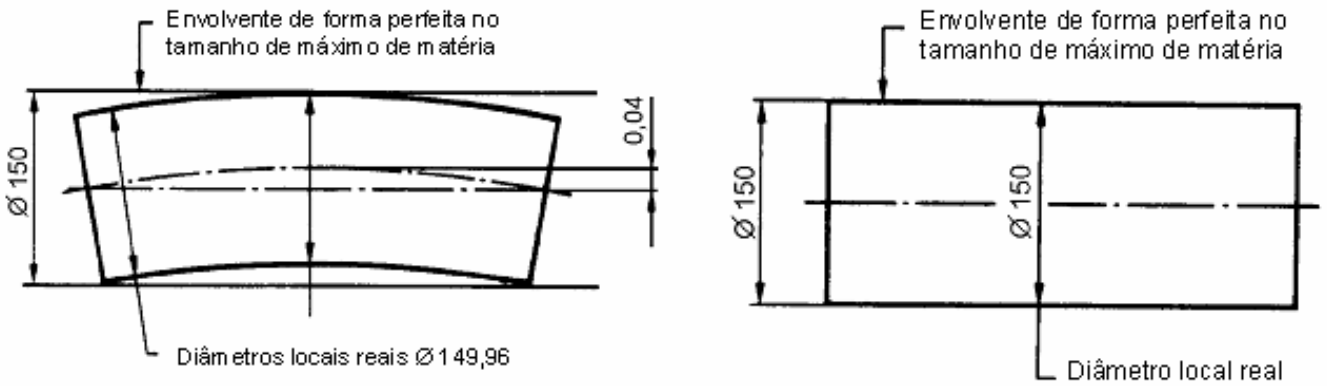


Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- Isto significa que a peça real deve obedecer aos seguintes requisitos (cont.):



- Todo o veio deve ficar no interior do limite da envolvente cilíndrica de forma perfeita e de tamanho ∅150.

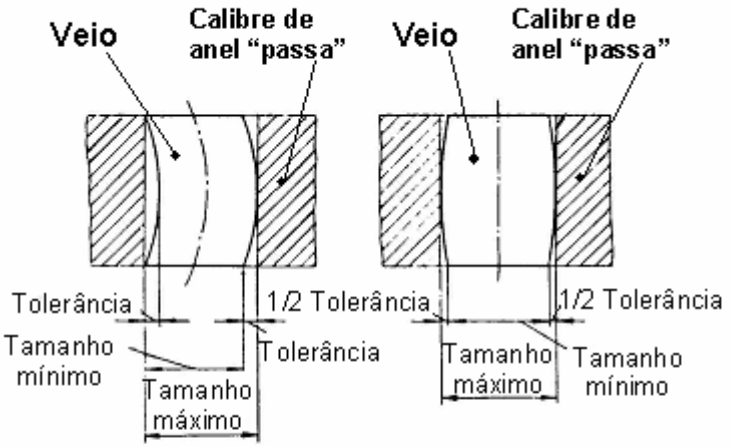


Se todos os diâmetros locais reais fossem iguais a ∅150, o veio deveria ser exactamente cilíndrico.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

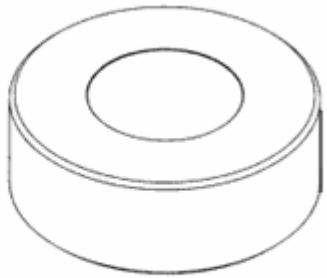
- Verificação dimensional respeitando o requisito de envolvente:

Exemplos de verificação dimensional de peças "veio":

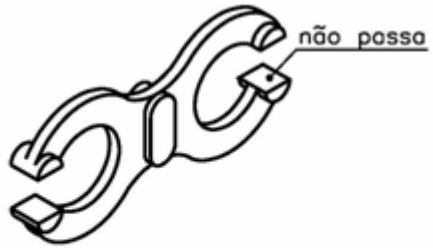


Campo de aplicação para veios c/ $\varnothing \leq 315$ **mm** (ISO/R 1938).

Nenhum tamanho local real deve ser desrespeitado: $d_i \geq d_{min.}$



Verificação da envolvente de forma perfeita de tamanho no máximo de matéria com um calibre de anel "passa".



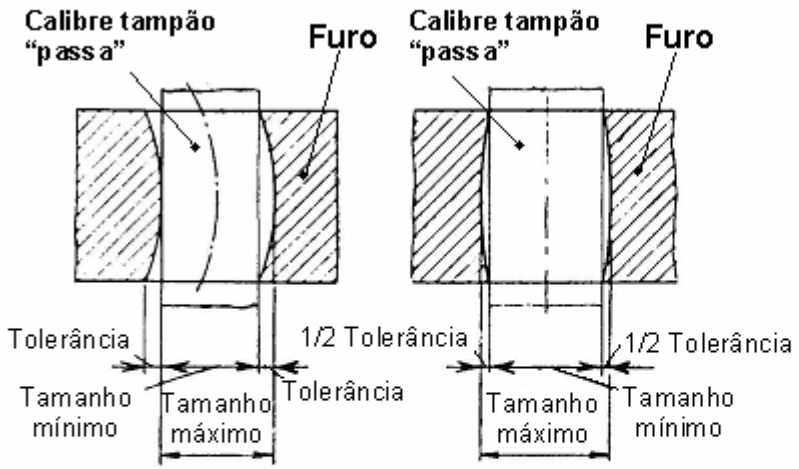
Verificação dos tamanhos locais reais com o lado "não passa" de um calibre-maxila.

Verificação dimensional de peças "veio", respeitando o requisito de envolvente

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- Verificação dimensional respeitando o requisito de envolvente (cont.):

Exemplos de verificação dimensional de peças "furo":





Verificação da envolvente de forma perfeita de tamanho no máximo de matéria com o lado "passa" de um calibre-tampão".

Campo de aplicação para furos c/ **Ø ≤ 120 mm** (ISO/R 1938).



Verificação dos tamanhos locais reais com um calibre de vareta.

Nenhum tamanho local real deve ser desrespeitado: $D_l \leq D_{máx.}$

Verificação dimensional de peças "furo", respeitando o requisito de envolvente

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- O **requisito de envolvente traduz uma condição de montagem local** (acoplamentos veio-cubo com ajustamento de contacto fixo ou móvel), definindo uma fronteira que não deve ser ultrapassada pela matéria dos dois elementos reais, com vista a **assegurar a intermutabilidade das peças**.
- Logo, **só se aplica a um dos limites da tolerância: o tamanho limite superior, no veio, e o tamanho limite inferior, no furo**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- O requisito de envolvente, **não se aplica no controlo de**:
  - **matérias-prima**s (ex.: barras, chapas, tubos, perfis estruturais, etc.). Salvo especificação em contrário, as normas dos produtos regem as superfícies que permanecem na condição de "como fornecido", na peça final;
  - **peças sujeitas a variação no estado livre**, na condição de não restringidas (ver ISO 10579).
- Em certos casos especiais, os **desvios máximos de forma admitidos pelo requisito de envolvente podem não permitir um funcionamento satisfatório das peças montadas, havendo necessidade de especificar tolerâncias geométricas de forma separadas**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de envolvente

- De acordo com a **norma ISO 286-1: 1988 – Sistema ISO de tolerâncias**:
  - **Com** a indicação "**Toleranciamento ISO 8015**" no desenho, **uma tolerância de tamanho linear controla apenas os tamanhos locais** reais.
  - **Sem** a indicação "**Toleranciamento ISO 8015**" no desenho, **uma tolerância de tamanho linear**, indicada através de uma classe de tolerância **deve respeitar o requisito de envolvente**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

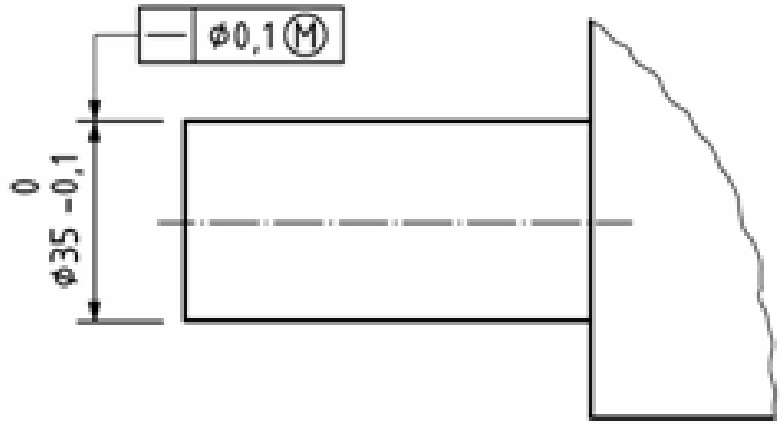
- **Requisito de máximo de matéria** usa-se para controlar funções específicas de peças, onde exista uma **interdependência entre o tamanho e a geometria**, tais como, por exemplo, assegurar a "**aptidão para a montagem de peças**".
- Este requisito (**MMR**) combina dois requisitos de tolerância independentes num **requisito colectivo**, que simula, de um modo mais exacto, a função pretendida para a peça.
- Em alguns casos, este requisito **pode ser complementado pelo requisito de reciprocidade**, **RPR**.

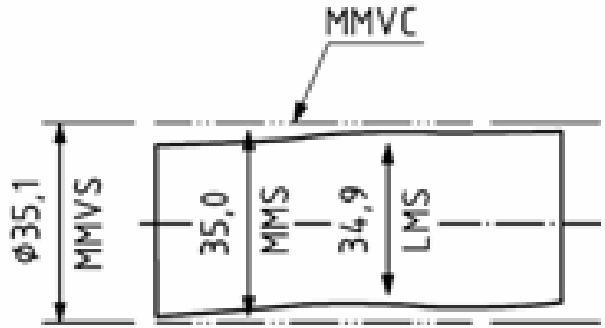
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- O **requisito de máximo de matéria (MMR)** pode ser aplicado, apenas, para **combinar requisitos** para o tamanho de **elementos de tamanho** (do tipo cilindro e do tipo duas superfícies planas paralelas opostas) e para a **tolerância geométrica** do(s) **elemento(s) derivado(s) do(s) elemento(s) de tamanho** (linhas medianas ou superfícies medianas).
- Este **requisito colectivo** diz respeito apenas ao **elemento integral**, que, na ISO 2692, está relacionado com a(s) superfície(s) do(s) elemento(s) de tamanho.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Quando o requisito de **máximo de matéria (MMR)** se aplica ao elemento toleranciado, tal é **indicado nos desenhos pelo símbolo** Ⓜ , colocado, no quadro de tolerância, após a tolerância geométrica do elemento derivado do elemento de tamanho (elemento toleranciado).

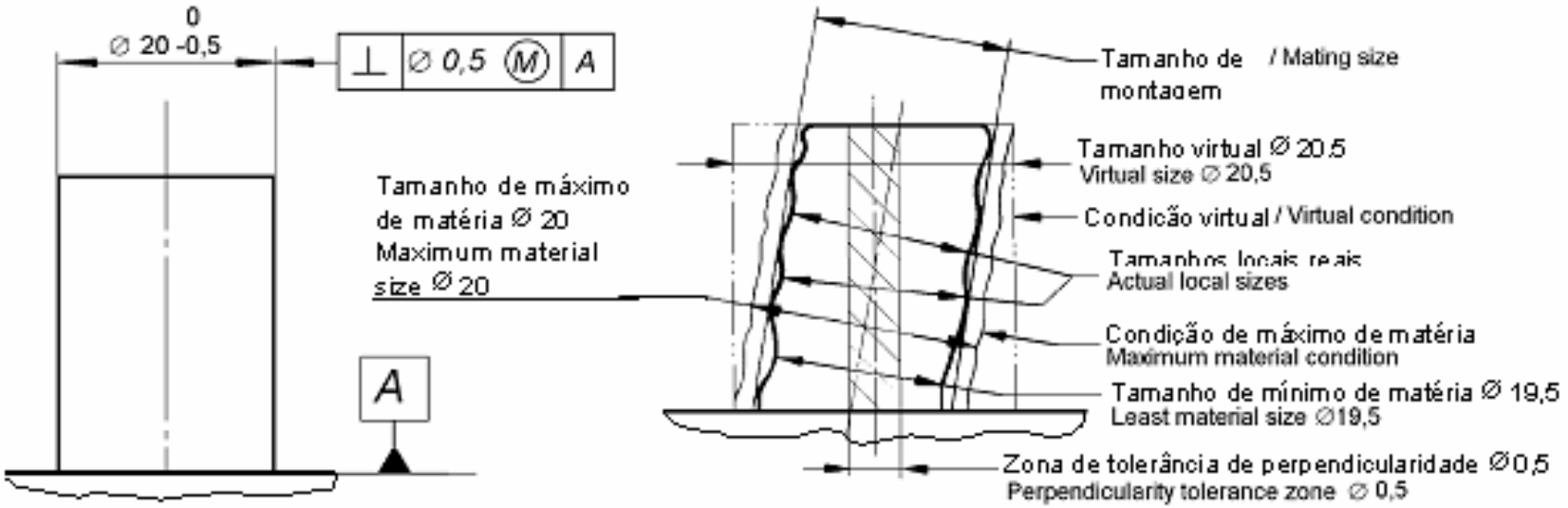




Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Requisito de máximo de matéria (MMR):** requisito para um elemento de tamanho, que define um **elemento geométrico do mesmo tipo e de forma perfeita**, com um valor dado para a característica intrínseca (cota) igual ao **MMVS**, que limita o elemento não-ideal pelo lado exterior da matéria.
- **O MMR é utilizado para controlar a aptidão para a montagem da peça**. Aplica-se também a elementos de referência correlacionados.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)



Cotagem de uma peça segundo o princípio de independência

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Tamanho virtual de máximo de matéria (MMVS):** tamanho gerado pelo **efeito colectivo do tamanho** de máximo de matéria (**MMS**) de um elemento de tamanho **e da tolerância geométrica** (de forma, orientação ou posição) especificada para o seu elemento derivado (linha mediana ou superfície mediana).

Para **elementos de tamanho exteriores:**

MMVS = MMS + tolerância geométrica.

Para **elementos de tamanho interiores:**

MMVS = MMS – tolerância geométrica.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

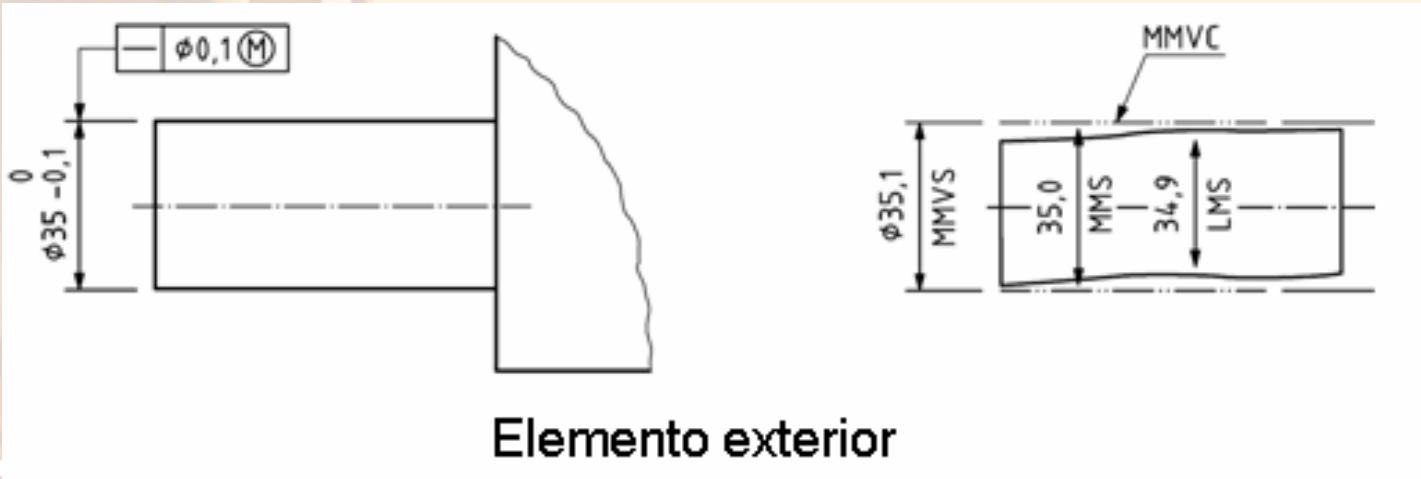
- **Condição virtual de máximo de matéria (MMVC):** estado do **elemento associado** de tamanho virtual de máximo de matéria (MMVS). **MMVC** é uma condição de forma perfeita e pode incluir uma **restrição de orientação** ou uma **restrição de posição** do elemento associado.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- O requisito de máximo de matéria para elementos toleranciados traduz-se em **4 requisitos independentes**:
  - um requisito para o limite superior do tamanho local (**Regra A**);
  - um requisito para o limite inferior do tamanho local (**Regra B**);
  - um requisito de não-violação da superfície da condição virtual de máximo de matéria (**Regra C**);
  - um requisito para quando estão envolvidos mais do que um elemento (**Regra D**).

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

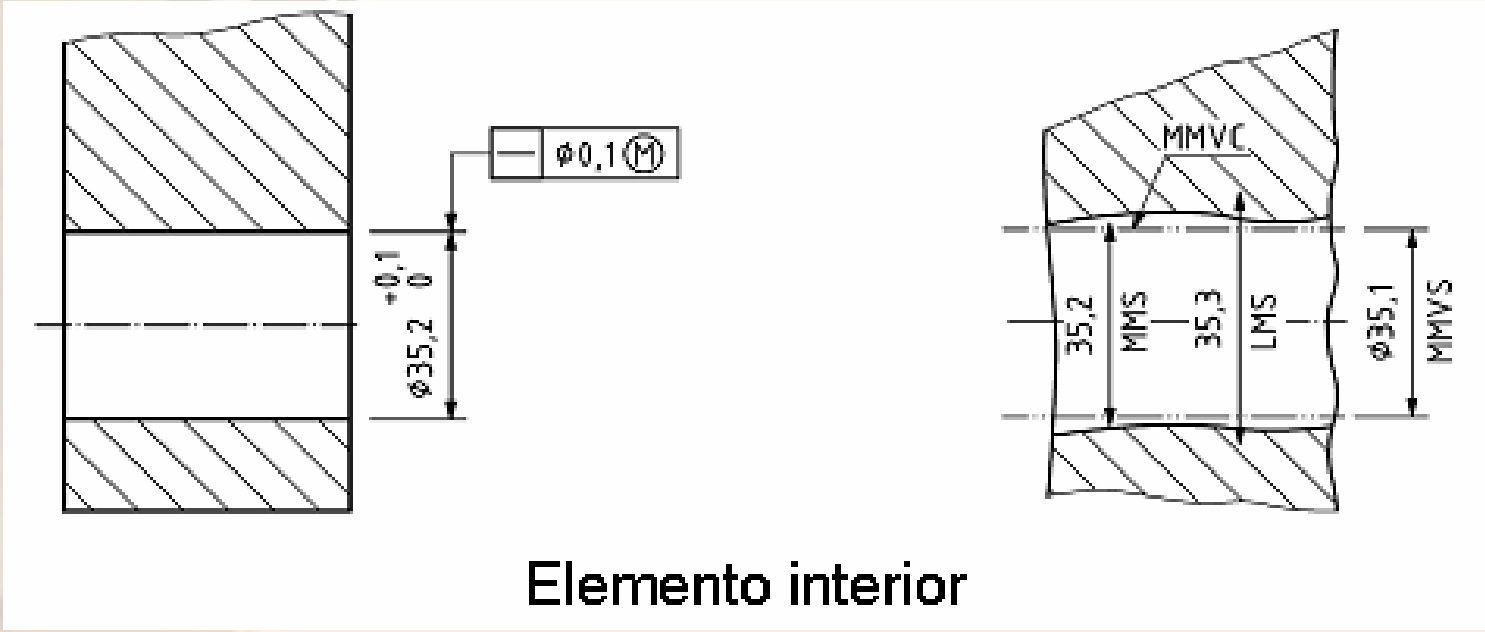
- **Regra A** – Os tamanhos locais extraídos do elemento toleranciado devem ser:
  - Menores ou iguais ao tamanho de máximo de matéria (**MMS**), para elementos exteriores.
  - Maiores ou iguais ao tamanho de máximo de matéria (**MMS**), para elementos interiores.



Elemento exterior

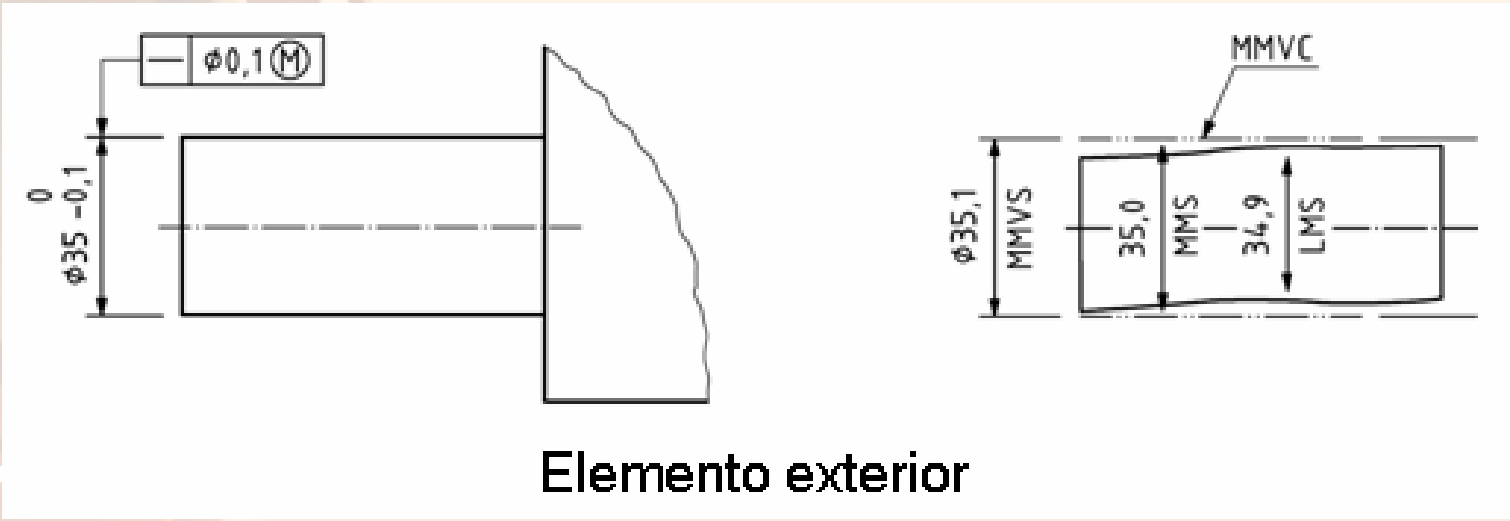
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra A** (cont.)



Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

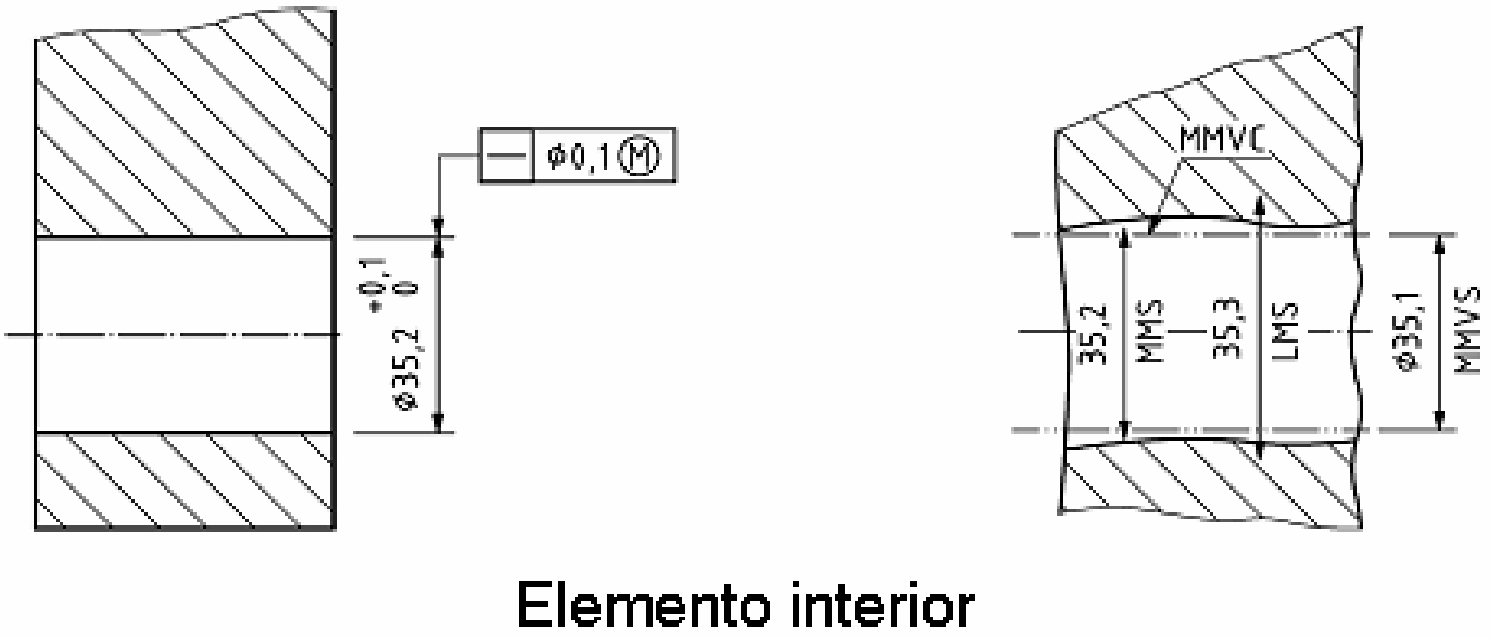
- **Regra B** – Os tamanhos locais extraídos do elemento toleranciado devem ser:
  - Maiores ou iguais ao tamanho de mínimo de matéria (**LMS**), para elementos exteriores.
  - Menores ou iguais ao tamanho de mínimo de matéria (**LMS**), para elementos interiores.



Elemento exterior

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra B** (cont.)



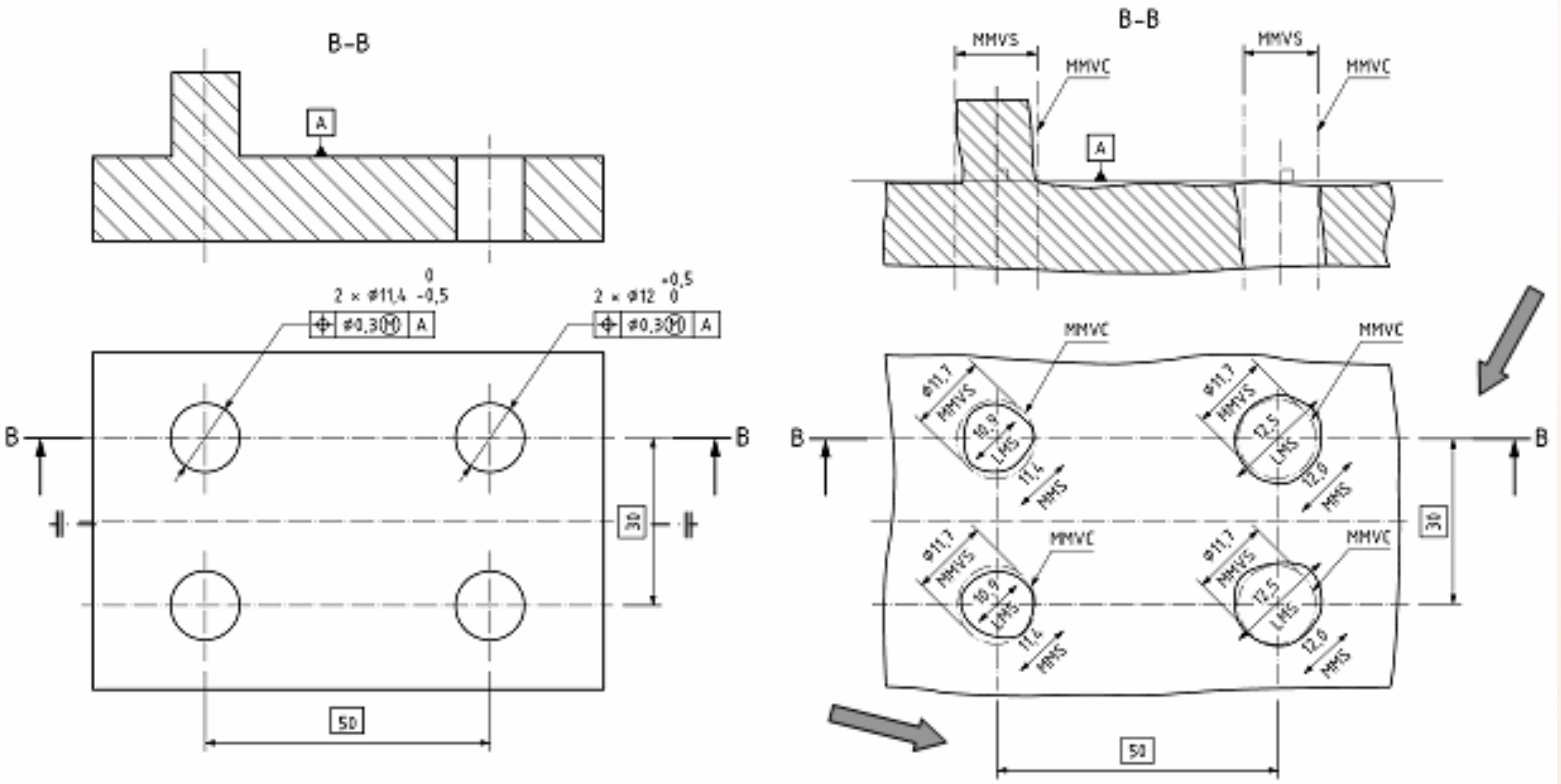
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra C** – A condição virtual de máximo de matéria (**MMVC**) do elemento de tamanho toleranciado não deve ser violada pelo elemento (integral) extraído.
- **A utilização de outras restrições no tamanho, na condição de máximo de matéria (MMC), (ex.: o requisito de envolvente), pode resultar em requisitos supérfluos, não necessários para a função do(s) elemento(s) (aptidão para a montagem)**, reduzindo as vantagens técnicas e económicas do requisito de máximo de matéria.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra D** – Quando os elementos toleranciados (**em casos de mais do que um elemento**) são controlados pela mesma indicação de tolerância, ou quando a especificação geométrica é de **orientação ou de posição, a(s) condição(ões) virtual(ais) de máximo de matéria (MMVC), do(s) elemento(s) toleranciado(s) estão em posição(ões) e orientação(ões) teoricamente exactas, umas em relação às outras e em relação à(s) referência(s) especificada(s)**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

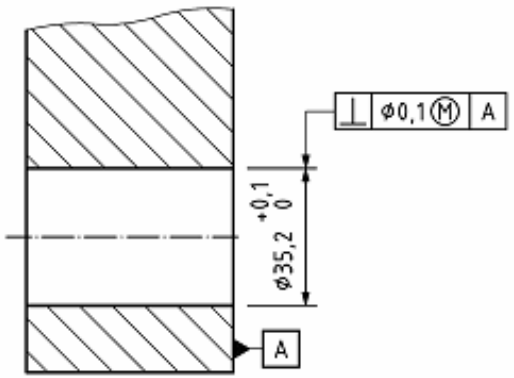


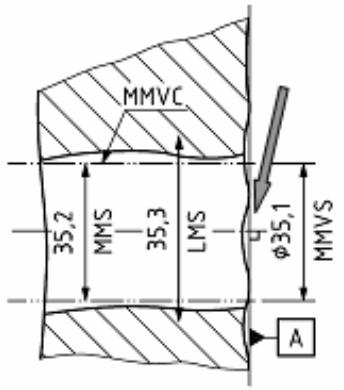
Indicação no desenho

Interpretação

Exemplo com mais do que um elemento controlado pela mesma indicação de tolerância

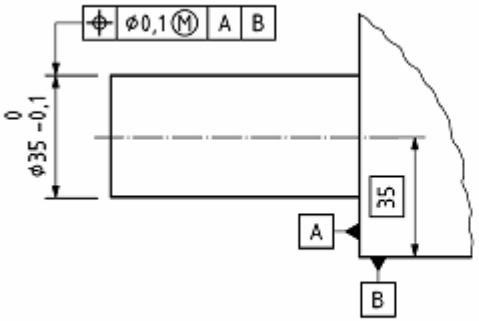
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

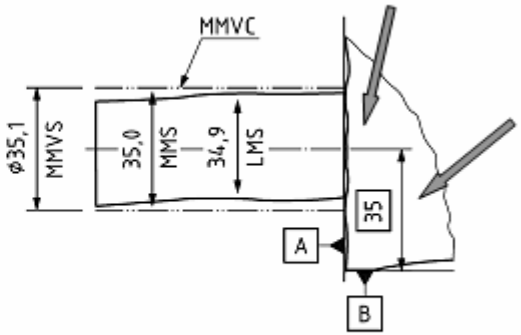




Indicação no desenho Interpretação

Exemplo com especificação geométrica de orientação





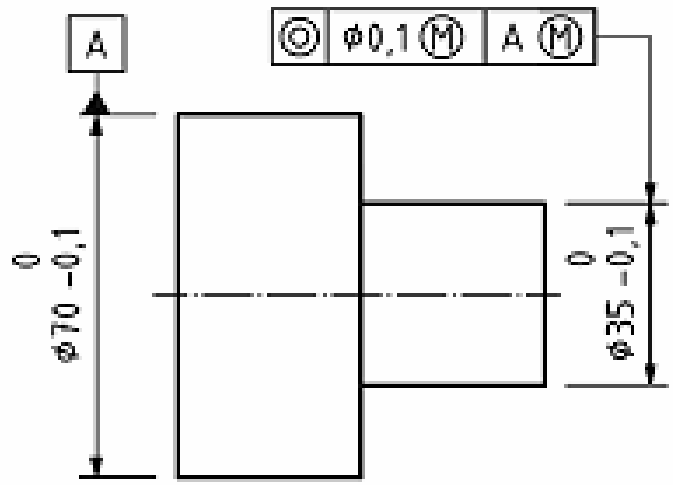
Exemplo com especificação geométrica de posição

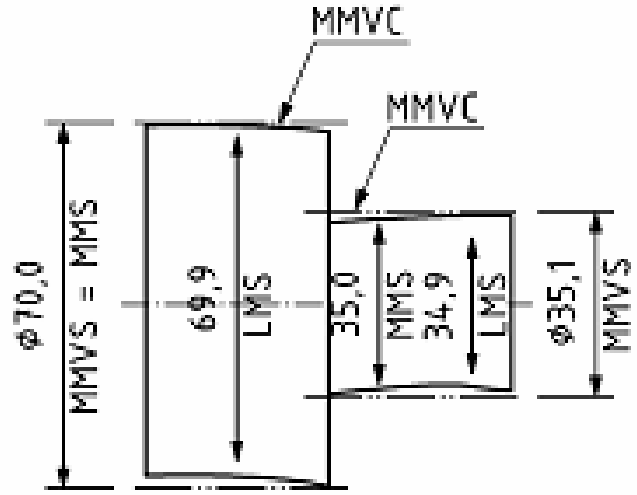
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- O **requisito de máximo de matéria** para **elementos de referência** traduz-se em três requisitos independentes:
  - um requisito de não-violação da superfície da condição virtual de máximo de matéria (**Regra E**);
  - bum requisito para o tamanho de máximo de matéria (MMS), quando não existe tolerância geométrica ou quando existe uma tolerância geométrica de forma não seguida pelo símbolo Ⓜ (**Regra F**);
  - um requisito para o tamanho de máximo de matéria (MMS), quando existe uma tolerância geométrica de forma seguida pelo símbolo Ⓜ (**Regra G**);

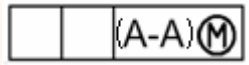
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- A utilização do símbolo Ⓜ após a letra que designa a referência especificada é apenas possível se a referência especificada for obtida a partir de um elemento de tamanho.





Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

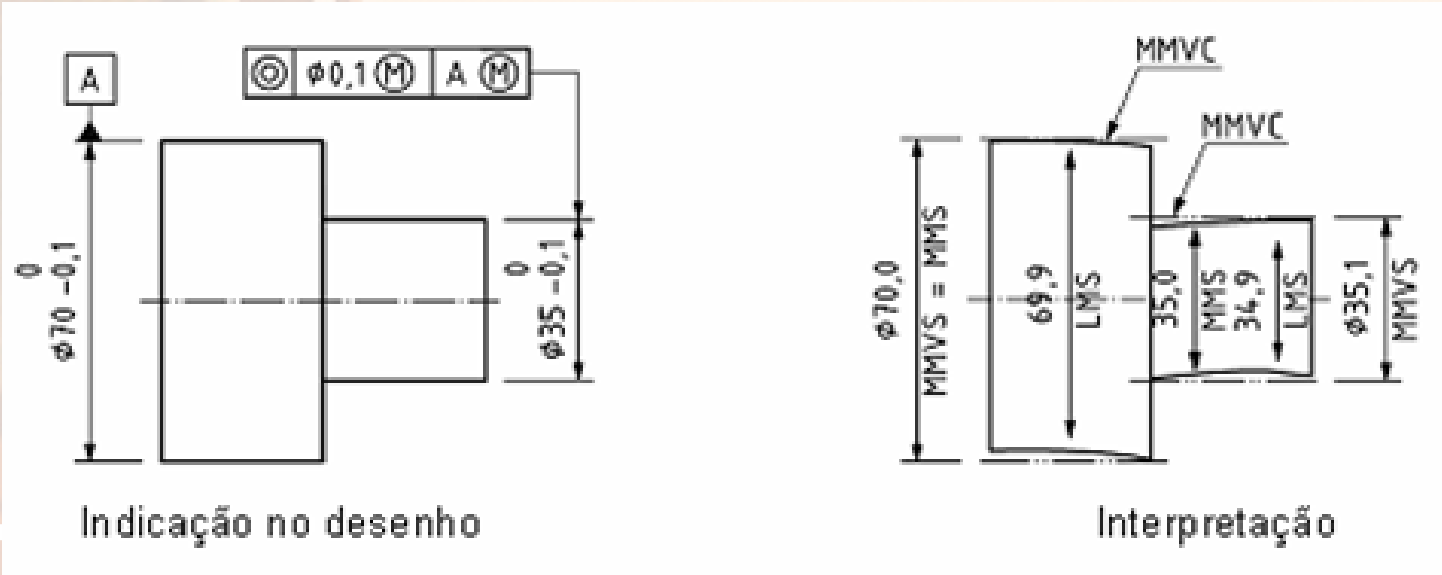
- Quando o requisito de máximo de matéria (**MMR**) se aplica a todos os elementos da colecção de superfícies de uma **referência especificada comum**, indica-se: 

- Quando o requisito de máximo de matéria (**MMR**) se aplica apenas a um elemento da colecção de superfícies de **uma referência especificada comum**, indica-se: 

- No caso do **requisito de máximo de matéria para elementos de referência**, o requisito especifica as **seguintes regras** para a(s) superfície(s) (do elemento de tamanho):

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra E – A condição virtual de máximo de matéria (MMVC) do elemento de referência correlacionado não deve ser violada pelo elemento de referência (integral) extraído**, a partir do qual a referência especificada é derivada.



Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra F – O tamanho da condição virtual de máximo de matéria (MMVC), do elemento de referência correlacionado, é o tamanho de máximo de matéria (MMS)**, quando o elemento de referência correlacionado não tem qualquer tolerância geométrica ou tem uma tolerância geométrica de forma não seguida do símbolo Ⓜ . Para elementos de tamanho exteriores e interiores:

$$MMVS = MMS \pm 0 = MMS$$

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Regra G – O tamanho da condição virtual de máximo de matéria (MMVC), do elemento de referência correlacionado é tamanho de máximo de matéria (MMS) + / – a tolerância geométrica**, quando o elemento de referência tem uma tolerância geométrica de forma e essa tolerância é seguida pelo símbolo Ⓜ.

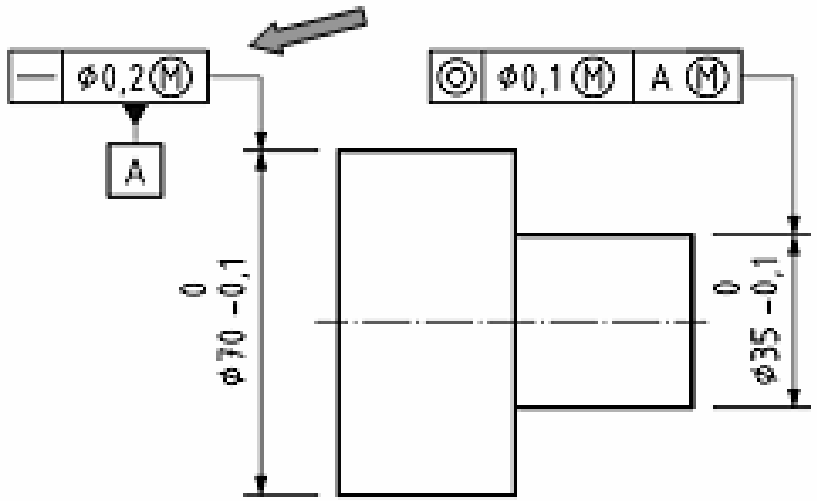
Para **elementos de tamanho exteriores:**

MMVS = MMS + tolerância geométrica

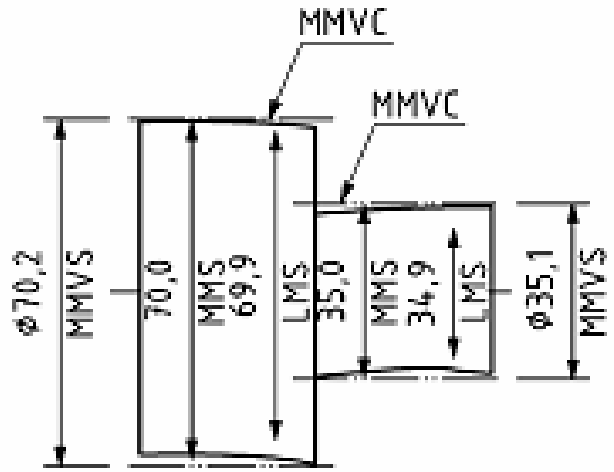
Para **elementos de tamanho interiores:**

MMVS = MMS – tolerância geométrica

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)



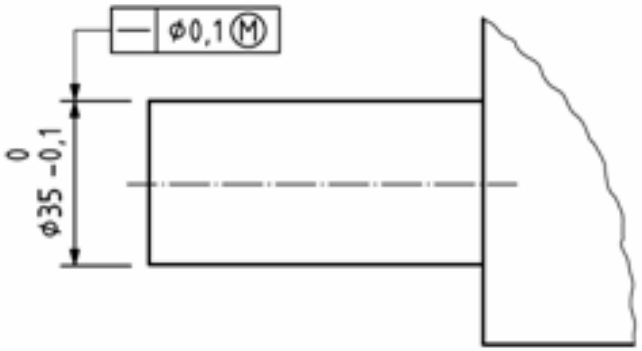
Indicação no desenho



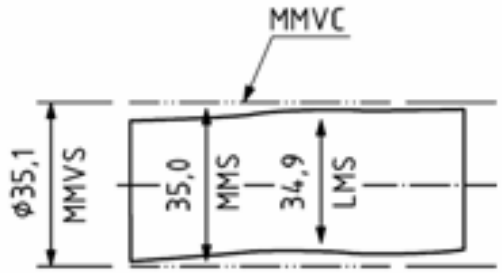
Interpretação

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo I: A função pretendida para as peças veio e furo tolerenciadas e com o mesmo comprimento poderá ser o seu ajustamento com folga.



Indicação no desenho



Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico exterior, baseado em requisitos de tamanho e de forma (rectitude)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo I: (cont.)



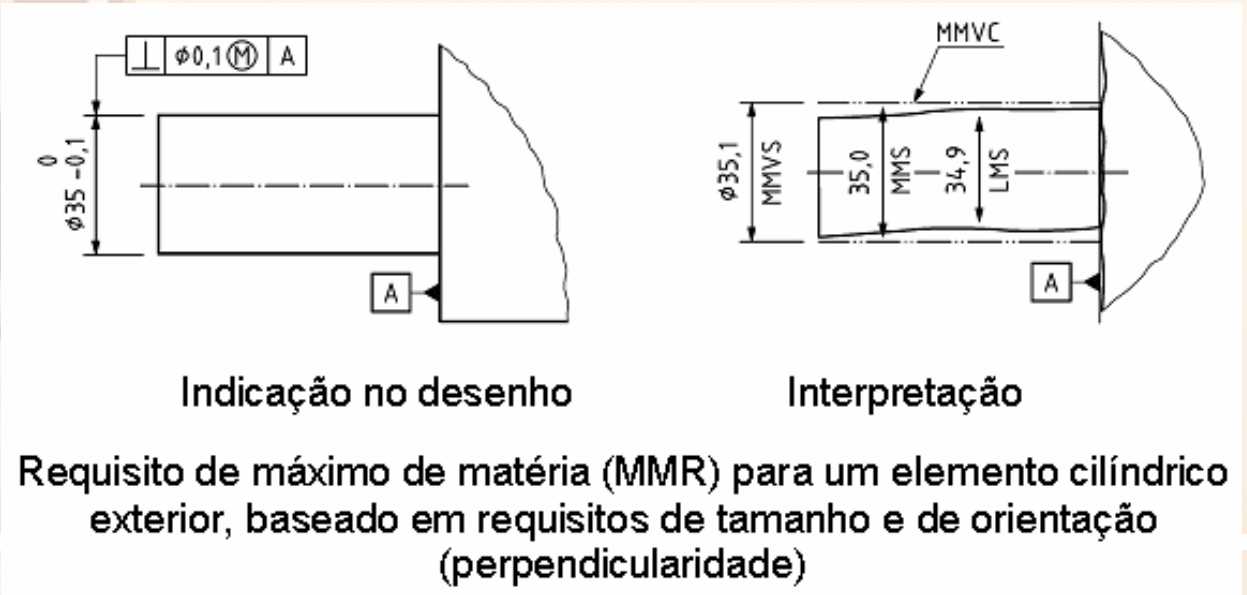
Indicação no desenho

Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico interior, baseado em requisitos de tamanho e de forma (rectitude)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

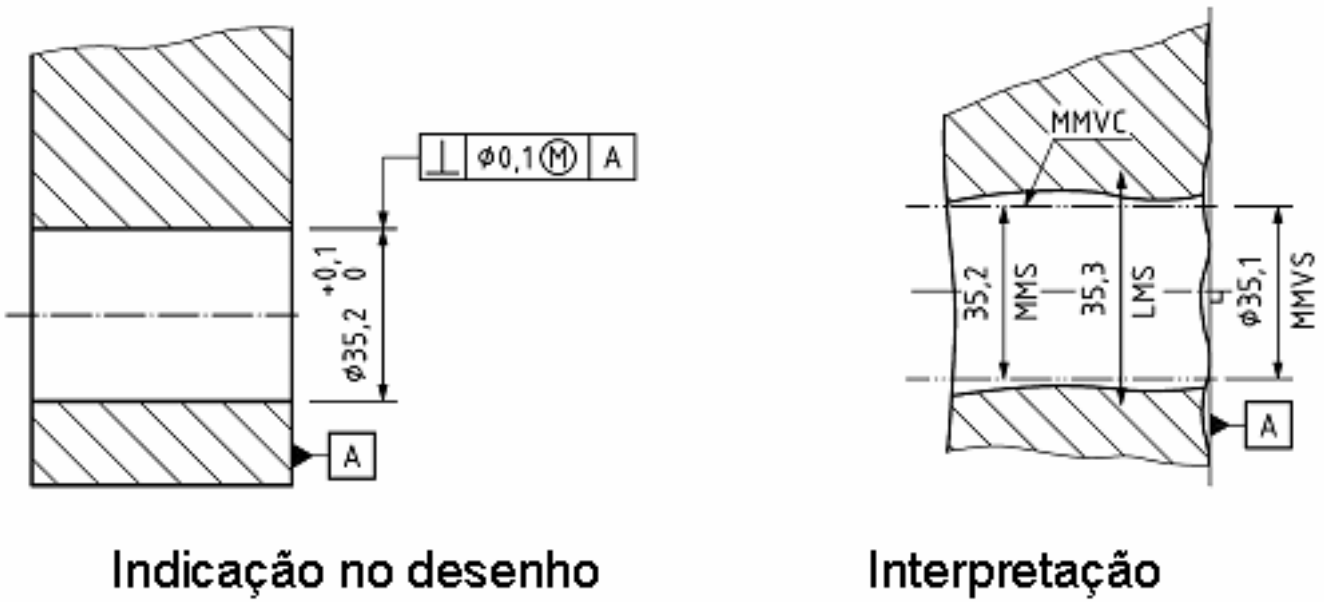
- Exemplo II: A função pretendida para as peças veio e furo tolerenciadas poderá ser uma ligação em que, segundo o requisito funcional, os dois elementos de referência (faces planas) devem ficar em contacto e, em simultâneo, a ponta de veio deve ajustar-se no furo.



Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico exterior, baseado em requisitos de tamanho e de orientação (perpendicularidade)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo II: (cont.)



Indicação no desenho Interpretação

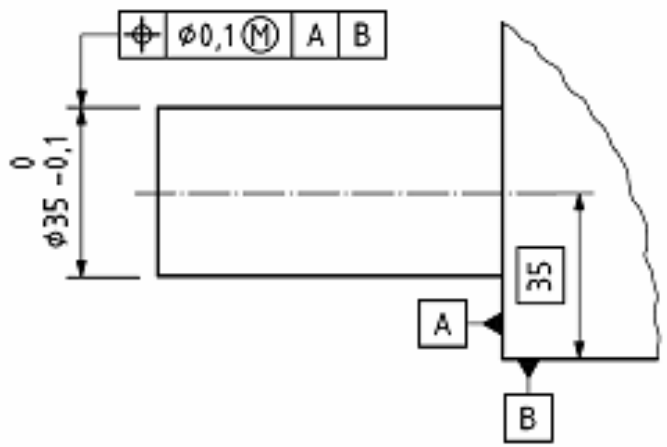
Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico interior, baseado em requisitos de tamanho e de orientação (perpendicularidade)

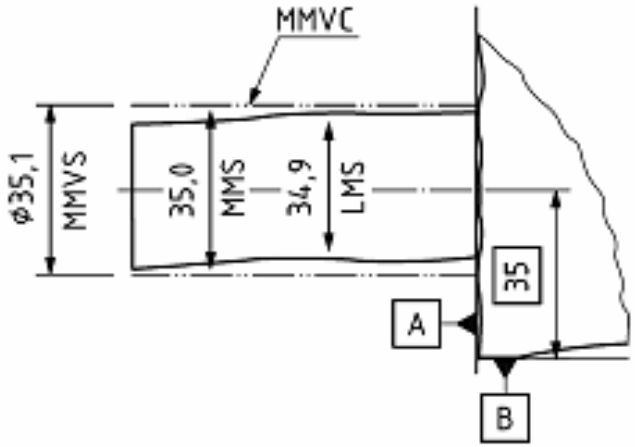
Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo III: A função pretendida para as peças veio e furo toleranciadas poderá ser **uma ligação** em que, segundo o requisito funcional, os dois elementos de **referência primária A** (faces planas) e os dois elementos de **referência secundária B** (faces planas) devem ficar em contacto e, em simultâneo, a **ponta de veio deve ajustar-se no furo**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo III (cont.):





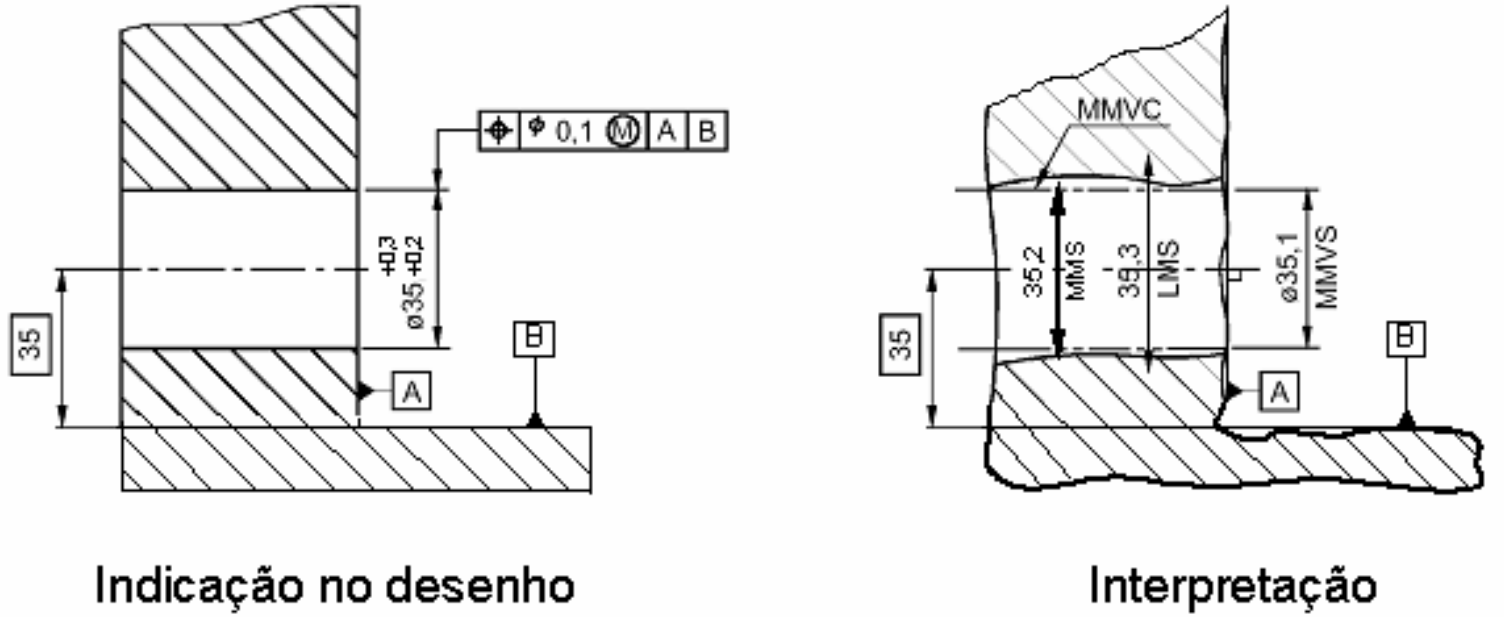
Indicação no desenho

Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico exterior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**localização**)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo III (cont.):



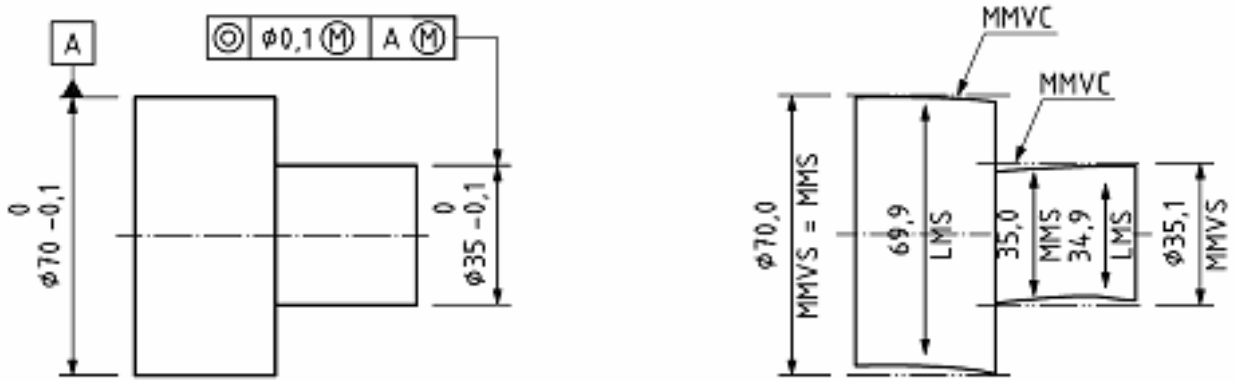
Indicação no desenho

Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico interior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**localização**)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo IV: A função pretendida para as peças tolerenciadas poderá ser **a sua ligação**.

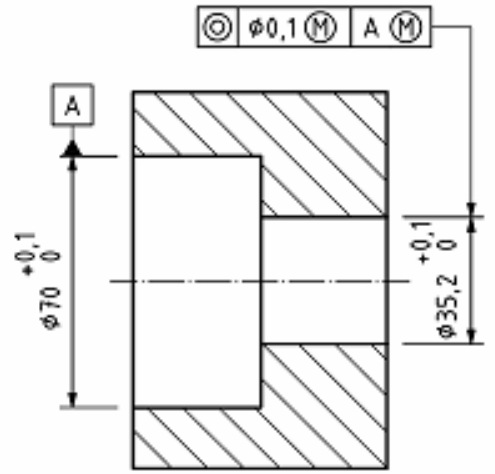


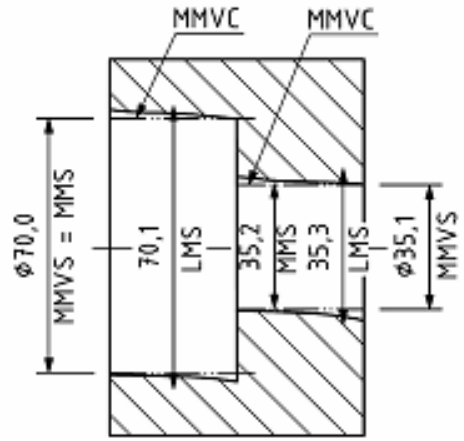
Indicação no desenho Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico exterior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**coaxialidade**), com o eixo de um elemento cilíndrico – com um requisito de tamanho – como referência especificada e também com requisito de máximo de matéria (MMR)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo IV (cont.):





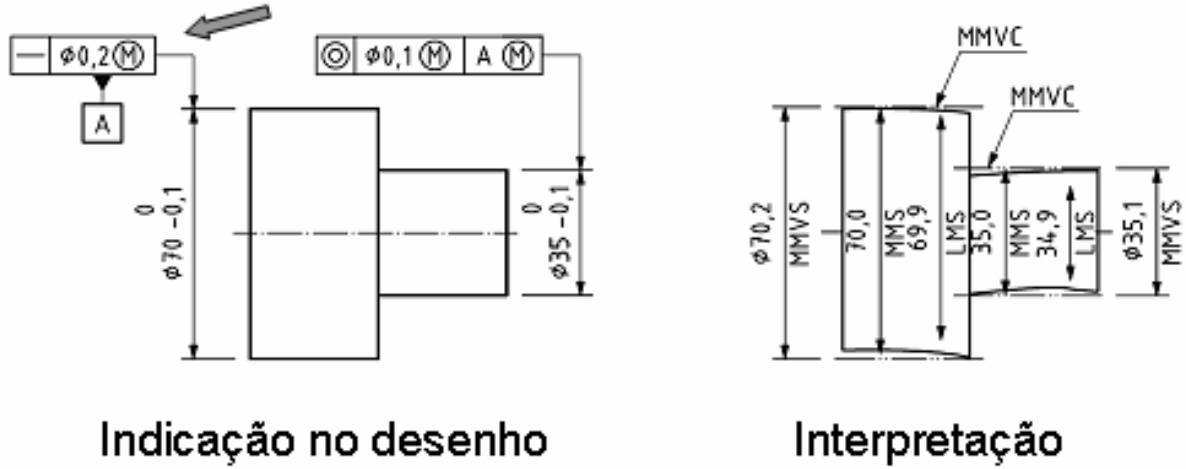
Indicação no desenho

Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico interior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**coaxialidade**), com o eixo de um elemento cilíndrico – com um requisito de tamanho – como referência especificada e também com requisito de máximo de matéria (MMR)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo V: A função pretendida para as peças toleranciadas poderá ser **a sua ligação**.

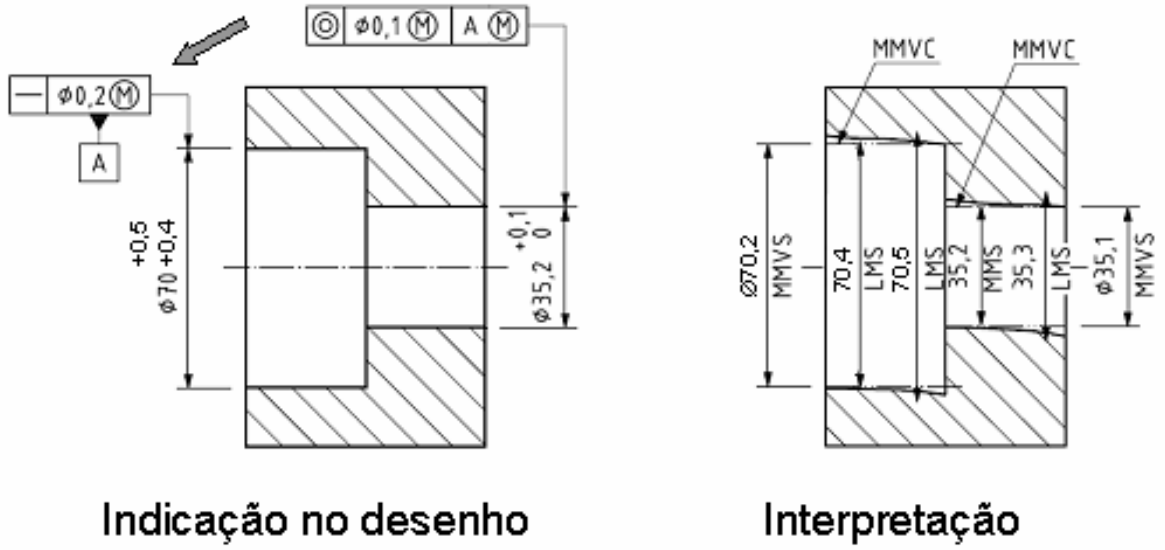


Indicação no desenho — Interpretação

Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico exterior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**coaxialidade**), com o eixo de um elemento cilíndrico – com um requisito de tamanho e uma tolerância geométrica – como referência especificada e também com requisito de máximo de matéria (MMR)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo V (cont.):



Indicação no desenho Interpretação

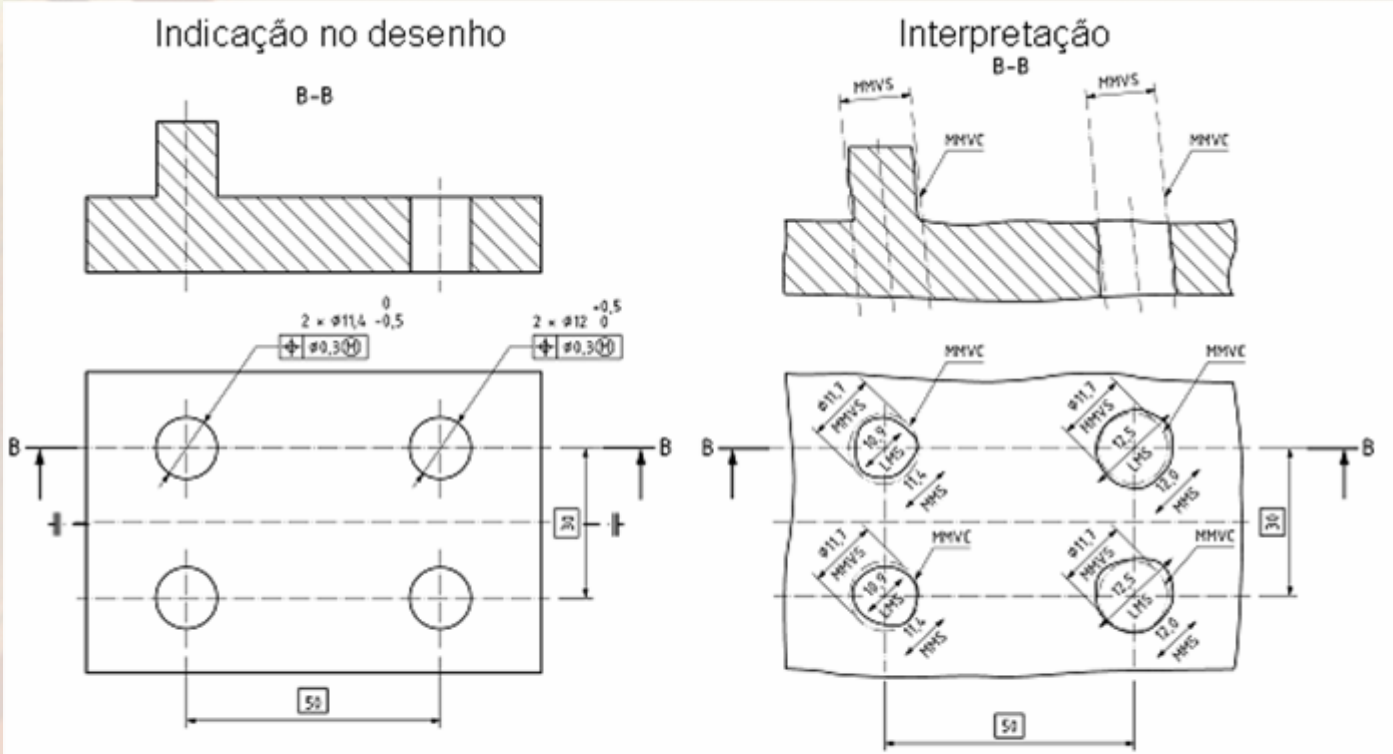
Requisito de máximo de matéria (MMR) para um elemento cilíndrico interior, baseado em requisitos de tamanho e de posição (**coaxialidade**), com o eixo de um elemento cilíndrico – com um requisito de tamanho e uma tolerância geométrica – como referência especificada e também com requisito de máximo de matéria (MMR)

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo VI: A função pretendida para peça toleranciada pode ser **o seu ajustamento, com folga**, com uma peça semelhante. **Não existindo o requisito funcional das superfícies planas das duas peças deverem estar em contacto**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo VI (cont.):



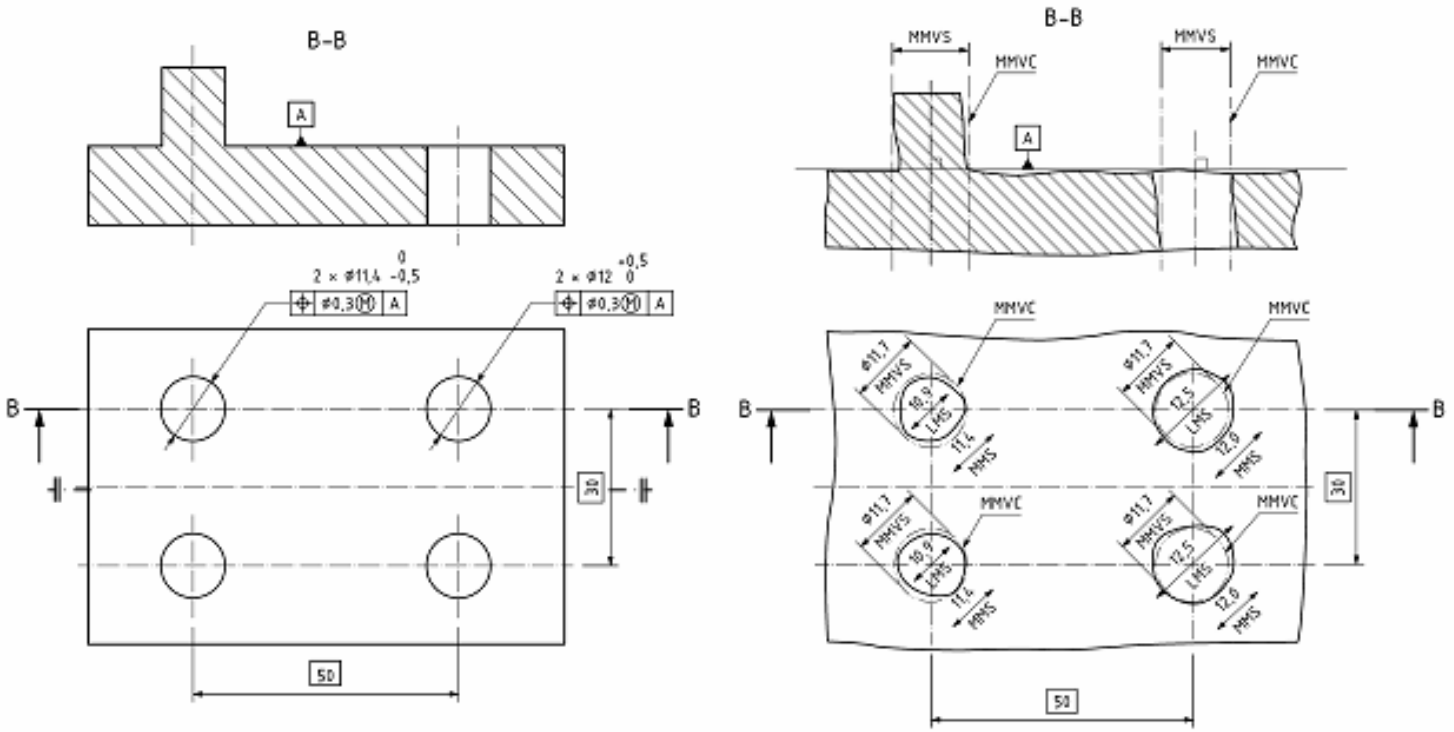
MMR utilizado para um conjunto de furos e pinos posicionados uns em relação aos outros através de cotas teoricamente exactas e tolerâncias de localização, **sem a utilização de uma referência especificada**

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo VII: A função pretendida para peça toleranciada pode ser **o seu ajustamento, com folga**, com uma peça semelhante. **Existindo um requisito funcional das superfícies planas das duas peças deverem estar em pleno contacto, quando montadas**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- Exemplo VII (cont.):



MMR utilizado para um conjunto de furos e pinos posicionados uns em relação aos outros através de cotas teoricamente exactas e tolerâncias de localização, **com uma referência especificada**

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Conclusões**:
  - A montagem de peças depende do **efeito combinado do tamanho** (de um ou mais elementos de tamanho extraídos) **e do desvio geométrico dos elementos (extraídos) e seus elementos derivados**.
  - A **folga mínima de montagem** ocorre quando cada um dos **elementos de tamanho da montagem está no seu tamanho de máximo de matéria e quando os desvios geométricos dos elementos de tamanho e seus elementos derivados** (linha mediana ou superfície mediana) **estão também no seu máximo**.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Conclusões** (cont.):
  - Se os tamanhos de uma das peças da montagem não atingirem o seu valor de máximo de matéria, a **tolerância geométrica** indicada para os elementos de tamanho e seus elementos derivados **pode ser excedida sem pôr em perigo a sua montagem com a outra peça**.
  - A **função de montagem** pode ser controlada pelo requisito de máximo de matéria (MMR).
  - Este **requisito colectivo** é indicado nos desenhos por meio do símbolo Ⓜ.

Interdependência entre o tamanho e a geometria: Requisito de máximo de matéria (ISO 2692)

- **Conclusões** (cont.):
  - O requisito de máximo de matéria apenas deve ser indicado em elementos de **ajustamentos com folga**.
  - **Não pode ser aplicado em ajustamentos com aperto (interferência) e em furos roscados** (em que o elemento "veio" será posicionado de acordo com o eixo da rosca sem qualquer relação com o tamanho real da rosca).

Verificação do requisito de máximo de matéria

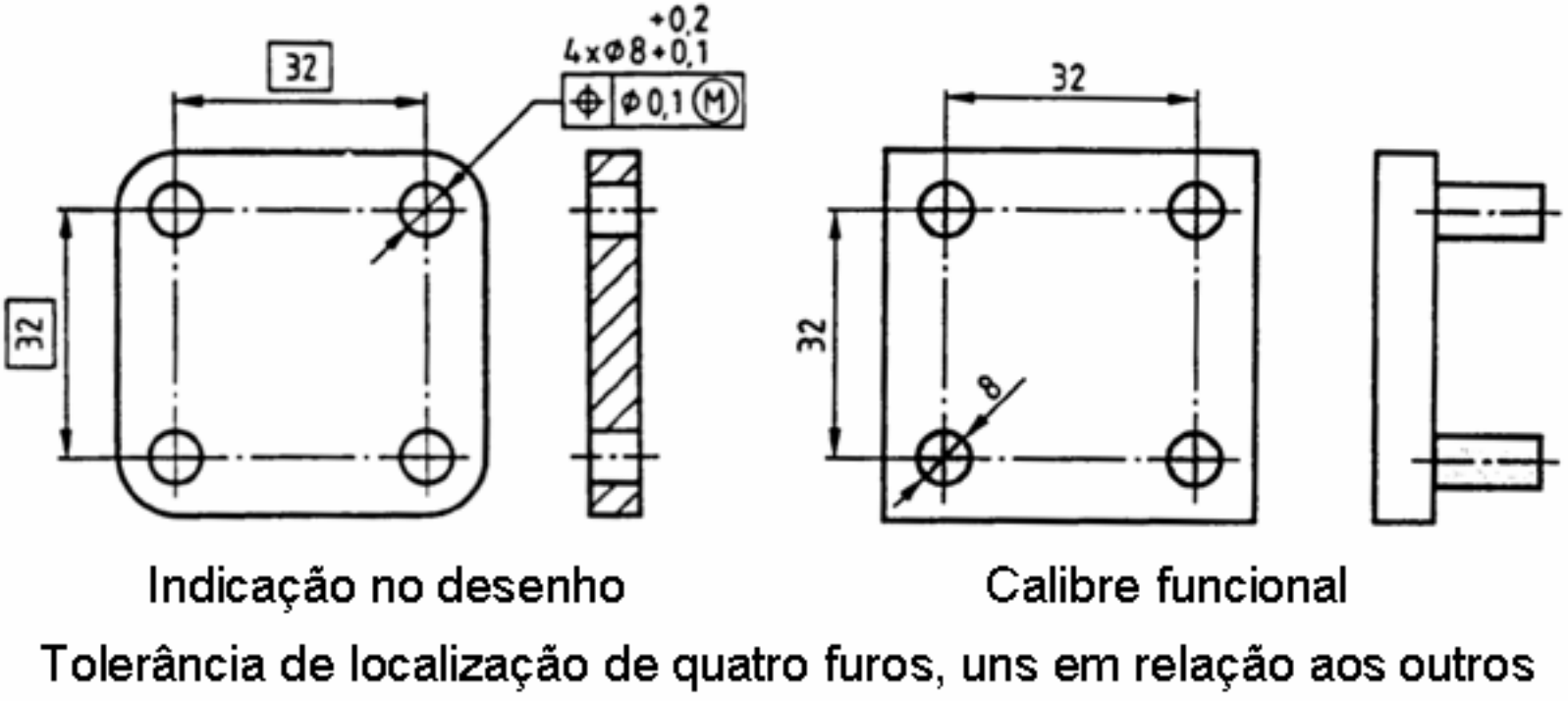
- O requisito de máximo de matéria pode ser verificado com o auxílio de um **calibre funcional**, que permite detectar se a tolerância geométrica foi excedida na condição de máximo de matéria (**MMC**).
- **Quando um requisito de máximo de matéria é verificado por outros meios** (ex.: c/ uma máquina de medição de coordenadas), a sua verificação deve ser feita de modo a que, a sua eventual aprovação pudesse também ser obtida através de uma verificação com um calibre funcional.

Verificação do requisito de máximo de matéria

- **O calibre funcional representa a condição virtual de máximo de matéria.**
- O tamanho virtual de máximo de matéria (**MMVS**) é **determinado para**:
  - elem. exteriores: **MMVS = MMS + toler. geométrica**;
  - elem. interiores: **MMVS = MMS - toler. geométrica**.

Verificação do requisito de máximo de matéria

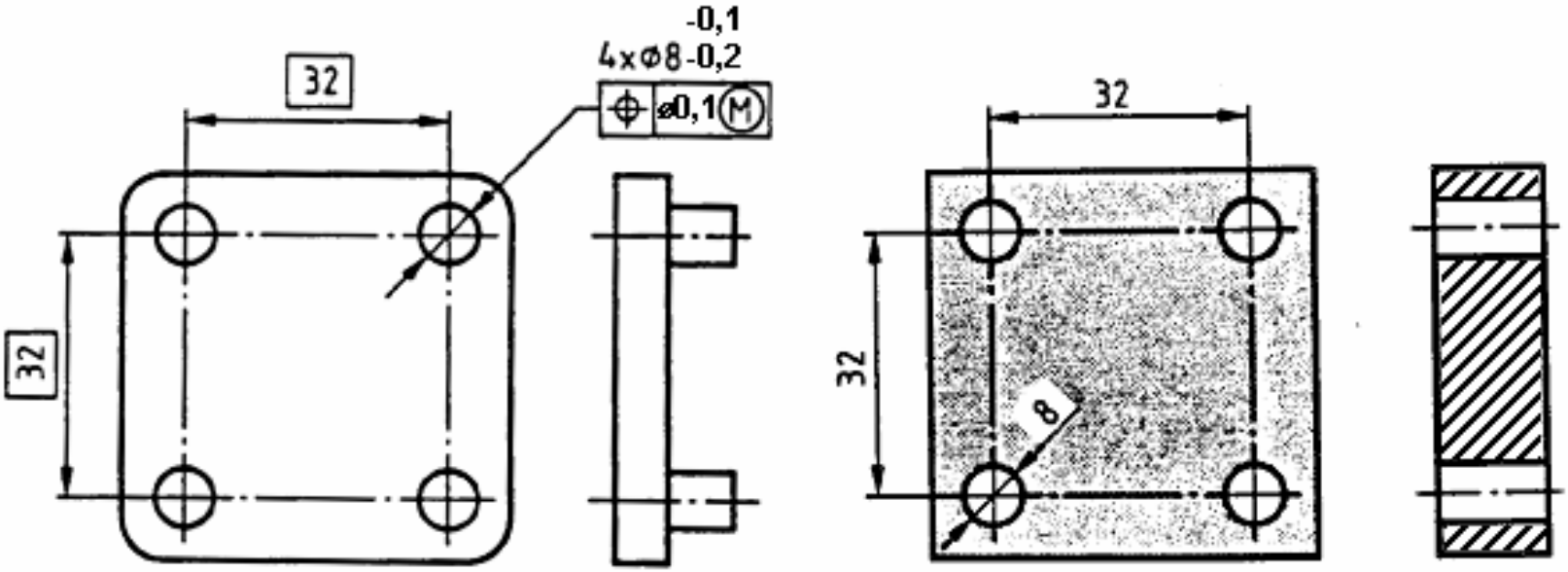
- Exemplo I:



Tolerância de localização de quatro furos, uns em relação aos outros

Verificação do requisito de máximo de matéria

- Exemplo II:



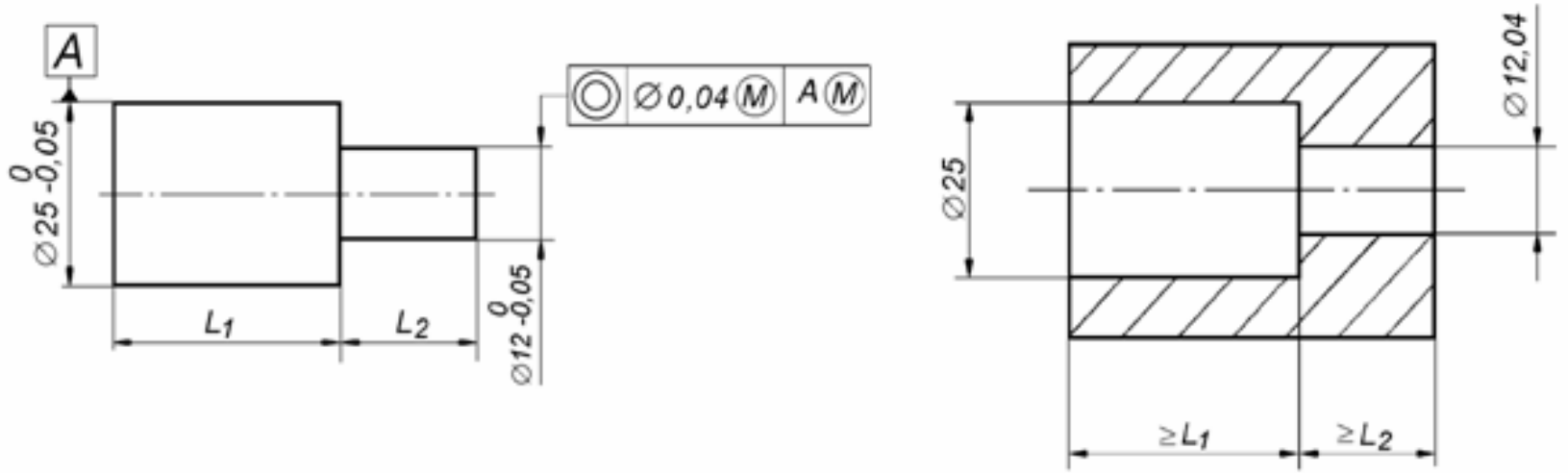
Indicação no desenho

Calibre funcional

Tolerância de localização de quatro "veios", uns em relação aos outros

Verificação do requisito de máximo de matéria

- Exemplo III:



Indicação no desenho

Calibre funcional

Tolerância de coaxialidade

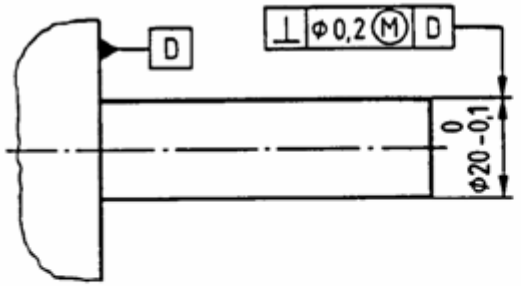
Verificação do requisito de máximo de matéria

- O significado da especificação de uma **tolerância geométrica zero**:
  - **Num ajustamento H/h**, quando cada um dos elementos de tamanho da montagem está no seu tamanho de máximo de matéria, **a folga mínima é nula e a montagem só é possível se os desvios geométricos forem nulos**.
  - Este facto **obriga à especificação de uma tolerância geométrica zero na condição de máximo de matéria** (0 Ⓜ).

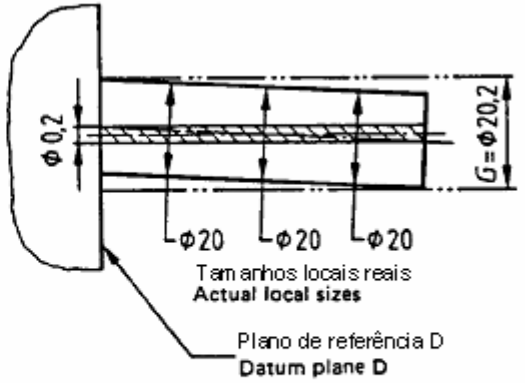
Verificação do requisito de máximo de matéria

- **Aumento da tolerância geométrica**:
  - **Assumindo que o elemento toleranciado fabricado não tem desvios de forma**, tendo, deste modo, o mesmo tamanho extraído (tamanho local real) em todas as secções rectas, o requisito de máximo de matéria permite um aumento da tolerância geométrica (T_G) de uma quantidade igual à diferença entre o tamanho de máximo de matéria e o tamanho extraído.
  - Nesta base, o **desvio geométrico admissível** (E_G) pode ser determinado:
    - elem. exteriores: $E_G = T_G + (d_{máx} - d_{real})$;
    - elem. interiores: $E_G = T_G + (D_{real} - D_{min})$.

Verificação do requisito de máximo de matéria



Indicação no desenho

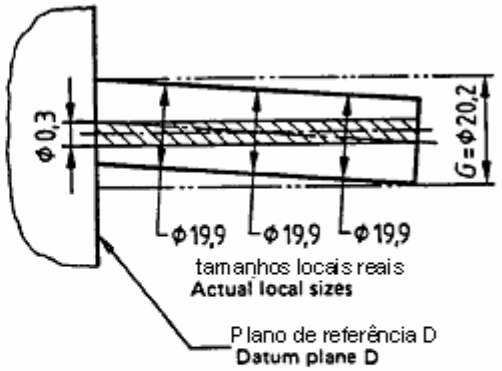


O elemento não deve ultrapassar a cond. virtual de máximo de matéria (MMVS = 20,0 + 0,2 = 20,2).

Admitindo que o elemento toleranciado foi fabricado sem desvios de forma, se os tamanhos locais reais fossem todos iguais

$d_i = \varnothing 20{,}0 \Rightarrow E_G \leq \varnothing 0{,}2$

$d_i = \varnothing 19{,}9 \Rightarrow E_G \leq \varnothing 0{,}3$

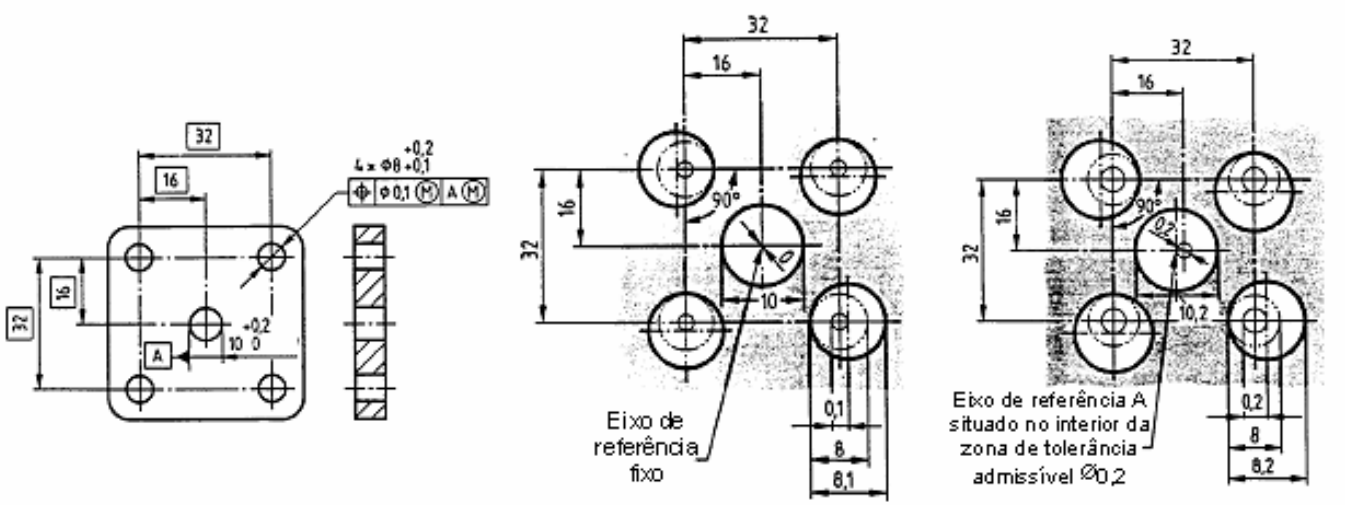


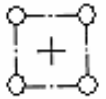
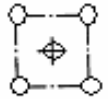
Tolerância de perpendicularidade de um veio em relação a um plano de referência

Verificação do requisito de máximo de matéria

- Quando o requisito de máximo de matéria é **aplicado a um elemento de referência primária**, o eixo de referência extraído ou a superfície mediana de referência real **pode flutuar** em relação ao elemento toleranciado, se existir uma diferença em relação à condição de máximo de matéria do elemento de referência.
- O **valor da flutuação** é igual à diferença entre o tamanho de montagem do elemento de referência e o seu tamanho de máximo de matéria.

Verificação do requisito de máximo de matéria



Zona de tolerância do elemento toleranciado Tolerance zone for toleranced feature	0,1	0,2	0,1	0,2
Zona de tolerância do elemento de referência Tolerance zone for datum feature	0	0	0,2	0,2
Diagrama de tolerância Tolerance diagram				

Tolerância de localização de quatro furos em relação a um furo de referência

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

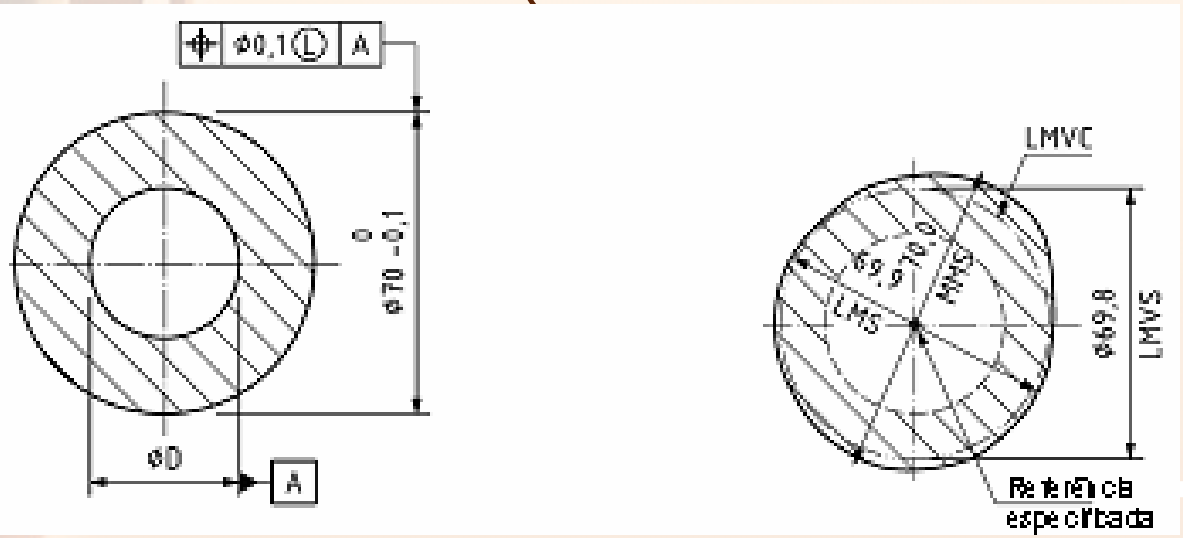
- O **requisito de mínimo de matéria** destina-se a controlar funções específicas de peças, **onde o tamanho e a geometria são interdependentes**, tais como, por exemplo, a existência de uma "**espessura de parede mínima**".
- Este requisito (**LMR**) combina dois requisitos de tolerância independentes num **requisito colectivo**, que simula, de um modo mais exacto, a função pretendida para a peça.
- Em alguns casos, este requisito pode ser complementado pelo **requisito de reciprocidade**, **RPR**.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- O **requisito de mínimo de matéria (LMR)** pode ser aplicado, apenas, para **combinar requisitos** para o **tamanho** de **elementos de tamanho** (do tipo cilindro e do tipo duas superfícies planas paralelas opostas) e a **tolerância geométrica do(s) elemento(s) derivado(s) do(s) elemento(s) de tamanho** (linhas medianas ou superfícies medianas).
- Este **requisito colectivo** diz respeito apenas ao **elemento integral**, que, na ISO 2692, está relacionado com a(s) superfície(s) do(s) elemento(s) de tamanho.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

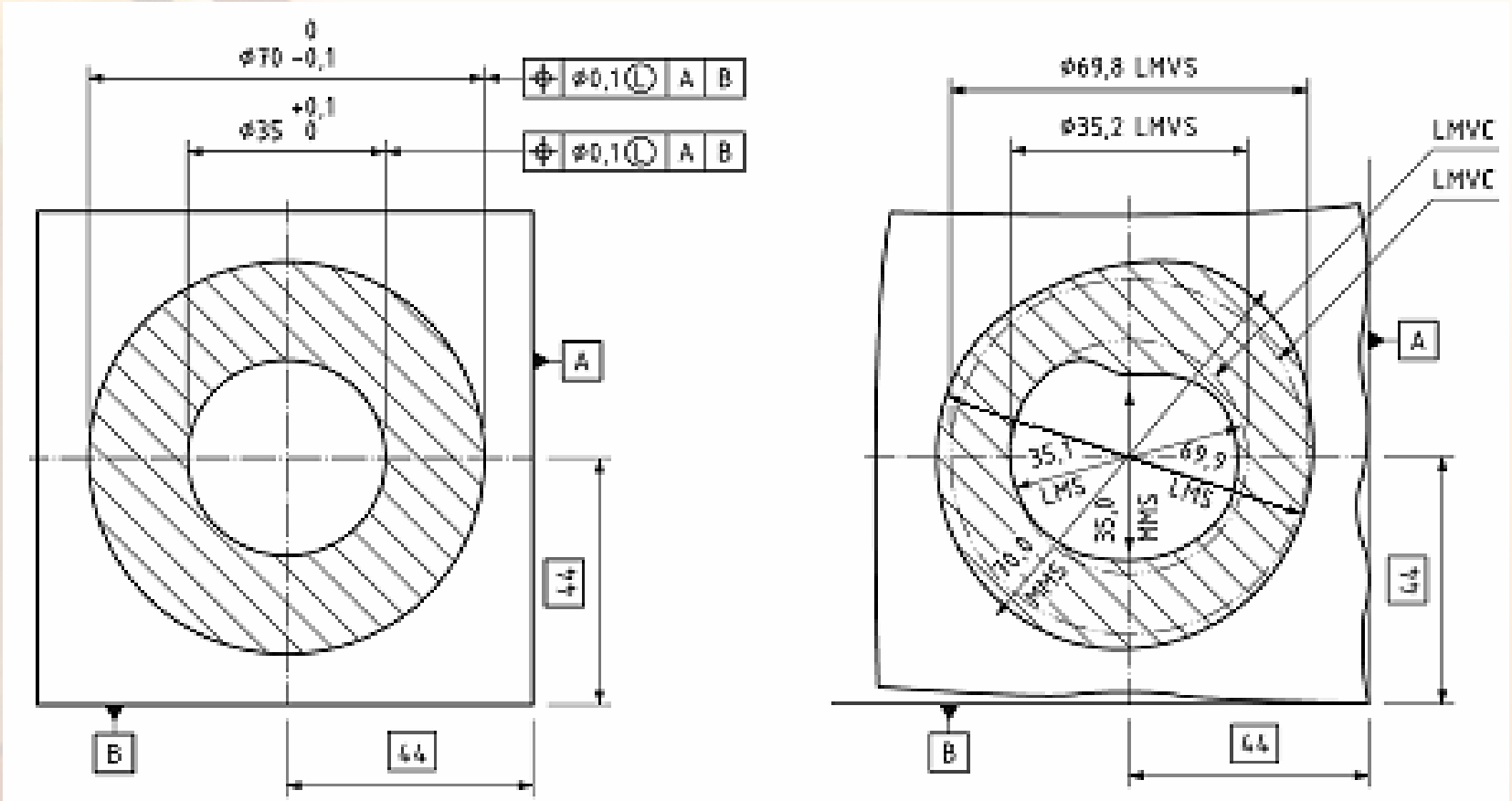
- **Quando o requisito de mínimo de matéria (LMR) se aplica ao elemento toleranciado**, tal é indicado nos desenhos pelo **símbolo** Ⓛ , colocado, no quadro de tolerância, após a tolerância geométrica do elemento derivado do elemento de tamanho (**elemento toleranciado**).



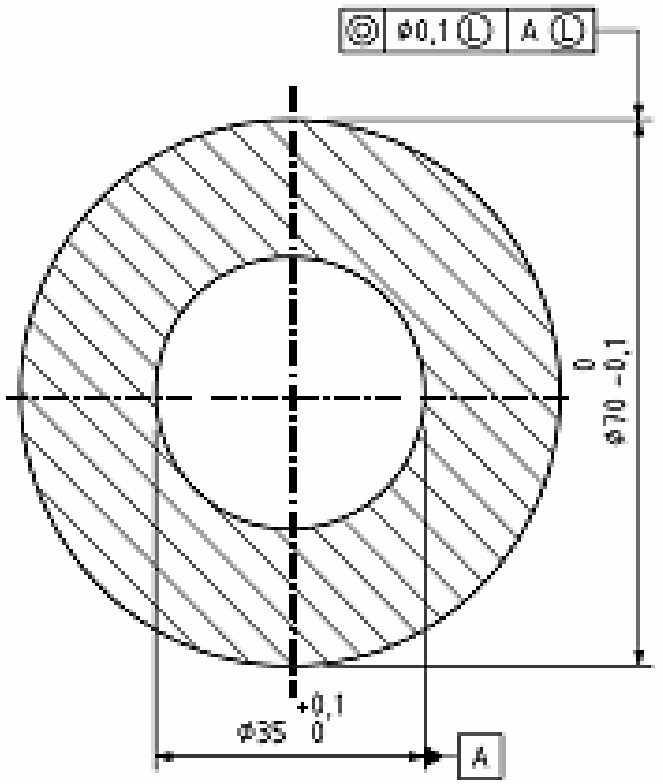
Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

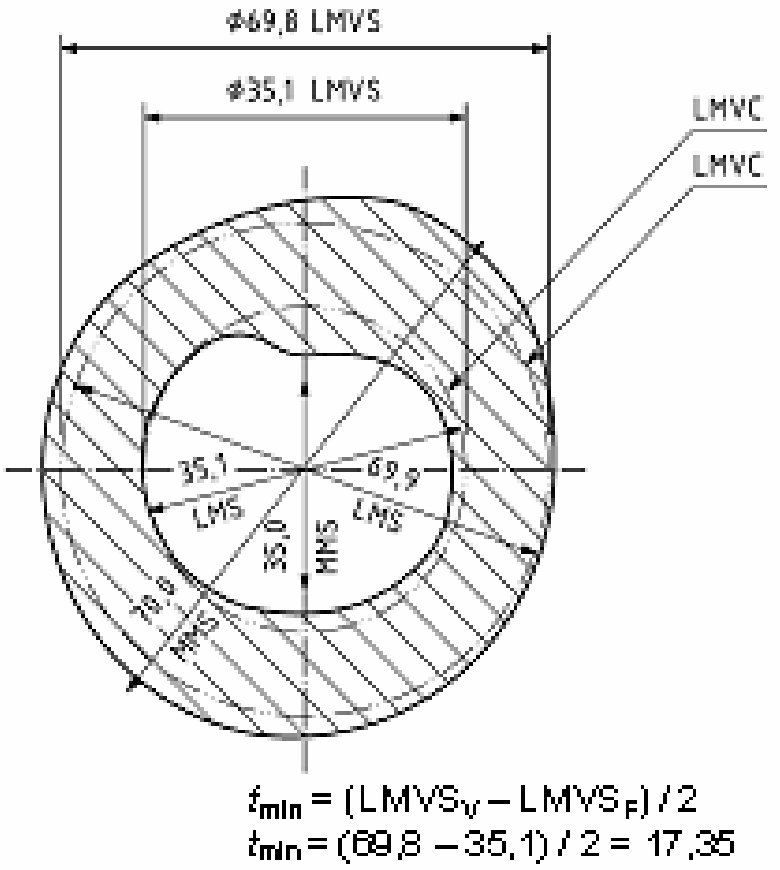
- **Requisito de mínimo de matéria (LMR)**: requisito para um elemento de tamanho, que define um elemento geométrico do mesmo tipo e de forma perfeita, com um valor dado para a característica intrínseca (cota) igual ao **LMVS**, que limita o elemento não-ideal pelo lado interior da matéria.
- **Estes requisitos são utilizados aos pares para, por exemplo, controlar a espessura de parede mínima** entre dois elementos de tamanho similares posicionados simétrica ou coaxialmente.
- **Aplicam-se também a elementos de referência correlacionados**.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)



Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)





$t_{min} = (LMVS_V - LMVS_F) / 2$

$t_{min} = (69,8 - 35,1) / 2 = 17,35$

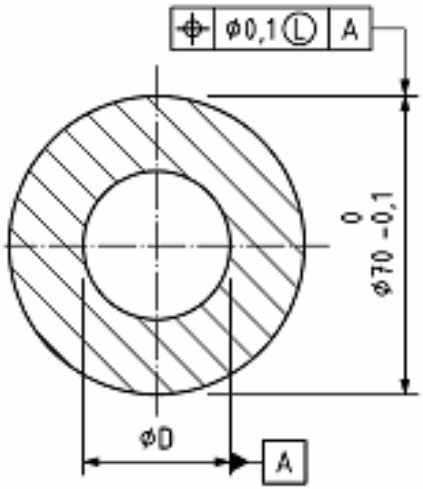
Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

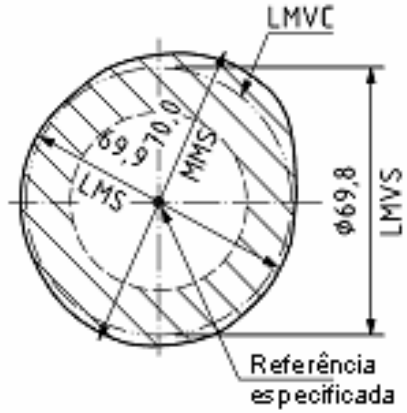
- **Tamanho virtual de mínimo de matéria (LMVS)**: tamanho gerado pelo **efeito colectivo** do **tamanho de mínimo de matéria** (LMS) de um elemento de tamanho **e da tolerância geométrica** (de forma, orientação ou posição) especificada para o seu elemento derivado (linha mediana ou superfície mediana).

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

Para **elementos de tamanho exteriores:**

LMVS = LMS – tolerância geométrica.

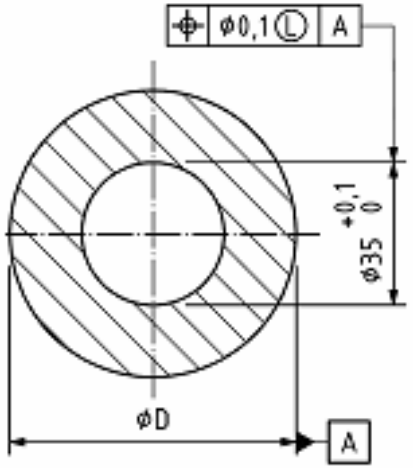


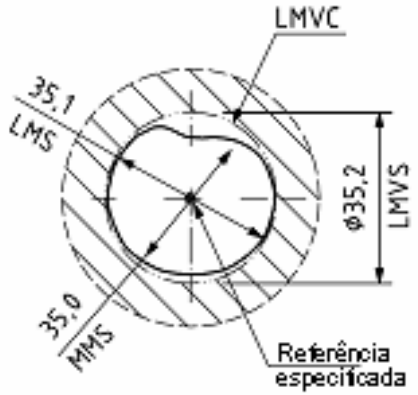


Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

Para **elementos de tamanho interiores:**

LMVS = LMS + tolerância geométrica.



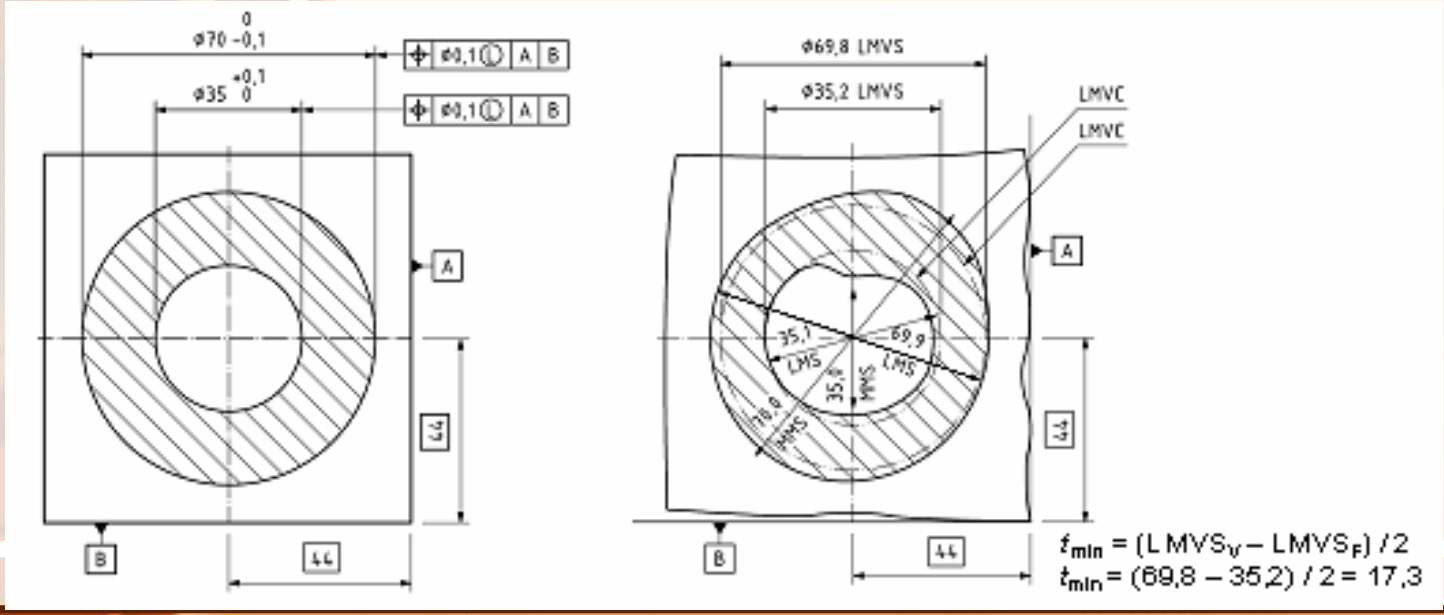


Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Condição virtual de mínimo de matéria (LMVC)**: estado do **elemento associado** de tamanho virtual de mínimo de matéria (LMVS).
- **LMVC** é uma condição de forma perfeita e pode incluir uma **restrição de posição** do elemento associado.
- **Para controlar, completamente**, a **espessura de parede mínima**, o **símbolo Ⓛ deve ser aplicado, ao tolerânciamento dos elementos, em ambos os lados da parede**.
- O **requisito de mínimo de matéria (LMR)** pode ser **implementado de dois modos diferentes**:

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

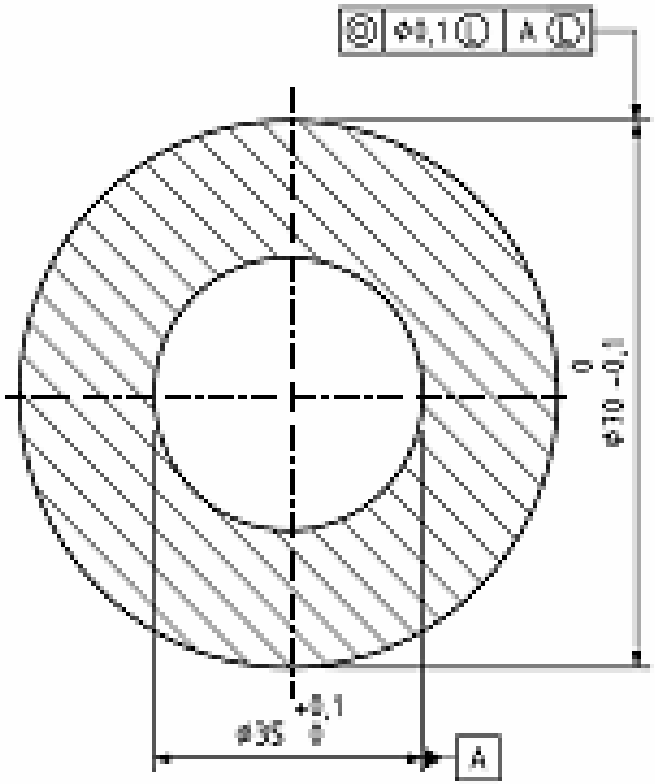
1. **As tolerâncias de posição para os dois lados diferentes da parede** podem ser referidas ao mesmo eixo de referência ou sistema de referências especificadas. Neste caso, Ⓛ aplica-se aos dois elementos toleranciados.

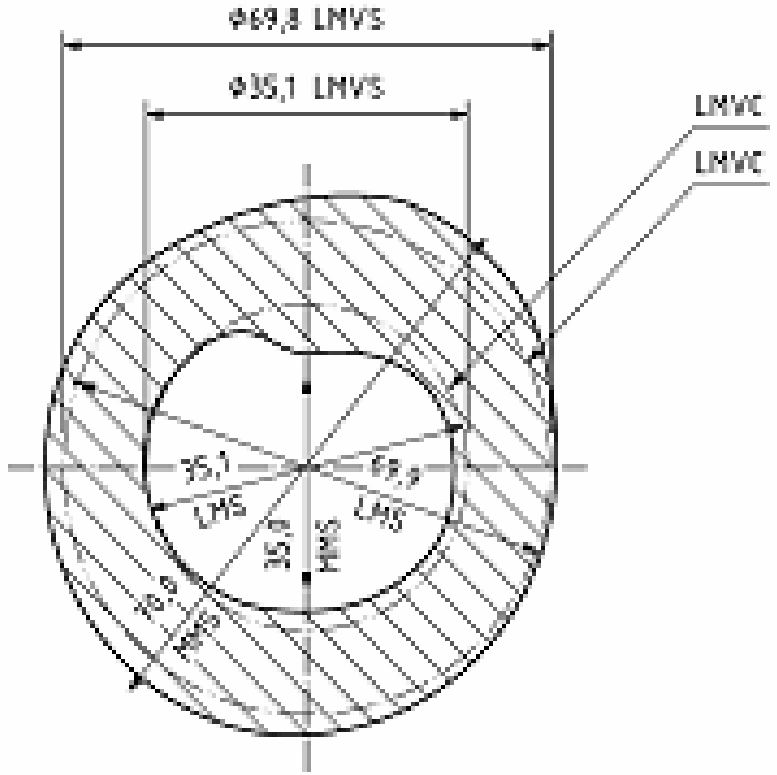


Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

2. **A tolerância de posição do elemento derivado para um dos lados da parede pode ser referida ao elemento derivado do outro lado, na sua qualidade de referência especificada.**
   A tolerância para o elemento toleranciado e a letra da referência especificada devem ser seguidas do símbolo Ⓛ.
   Esta possibilidade **aplica-se, apenas, se os elementos, nos dois lados da parede, forem elementos de tamanho**.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)





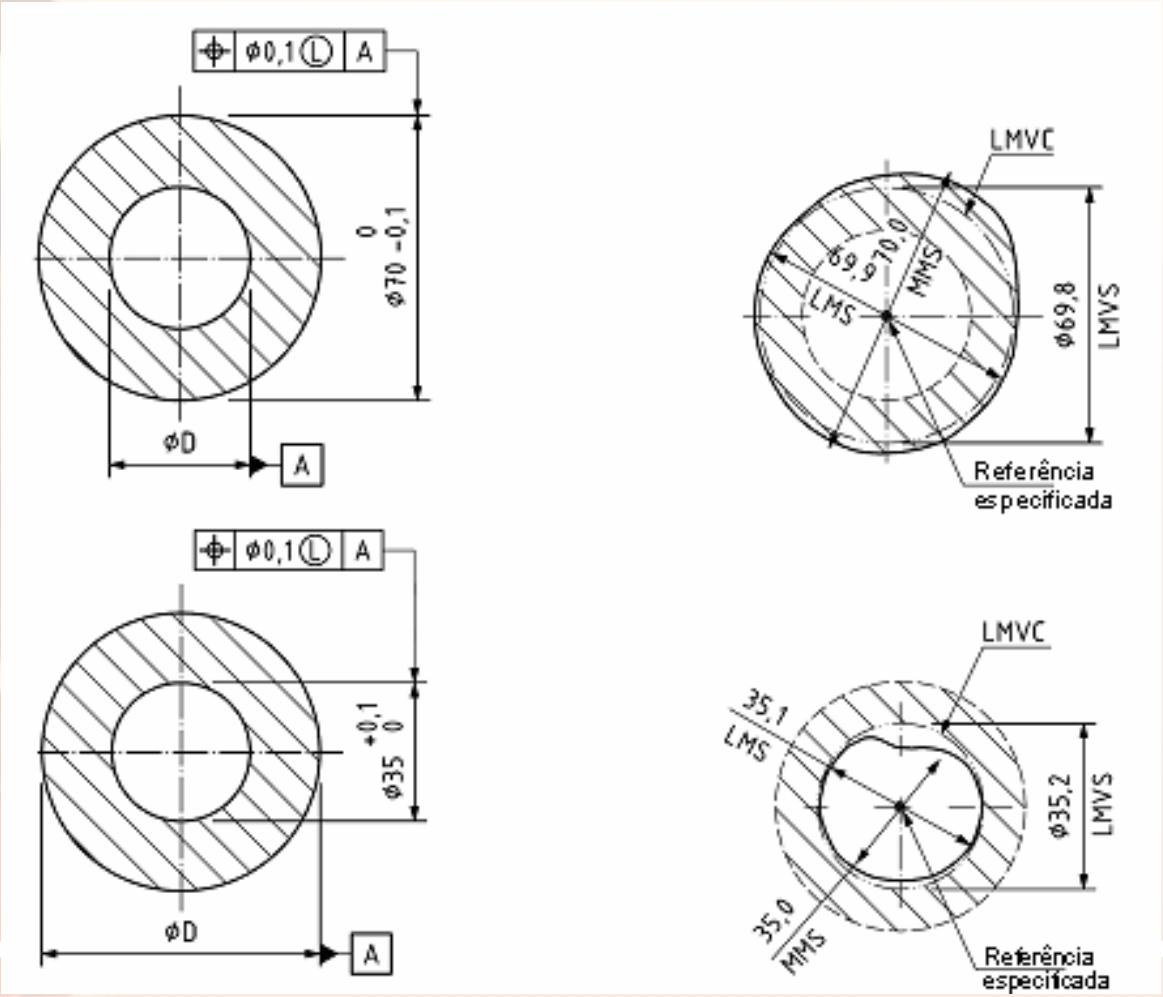
$t_{min} = (LMVS_E - LMVS_I)/2$

$t_{min} = (69,8 - 35,1)/2 = 17,35$

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Quando o requisito de mínimo de matéria (LMR) se aplica ao elemento toleranciado**, ele especifica as seguintes regras para a(s) superfície(s) (do elemento de tamanho):
  - **Regra H** – Os tamanhos locais extraídos do elemento toleranciado devem ser:
    - Maiores ou iguais ao tamanho de mínimo de matéria (**LMS**), para elementos exteriores;
    - Menores ou iguais ao tamanho de mínimo de matéria (**LMS**), para elementos interiores.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)



Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Regra I** – Os tamanhos locais extraídos do elemento devem ser:
  - Menores ou iguais ao tamanho de máximo de matéria (**MMS**), para elementos exteriores;
  - Maiores ou iguais ao tamanho de máximo de matéria (**MMS**), para elementos interiores.
- **Regra J** – A condição virtual de mínimo de matéria (**LMVC**) do elemento toleranciado não deve ser violada pelo elemento (integral) extraído.

- A utilização de outras restrições no tamanho, na condição de mínimo de matéria (LMC), como, por exemplo, o requisito de envolvente Ⓔ, pode resultar em requisitos supérfluos, não necessários para a função do(s) elemento(s) (espessura de parede mínima).

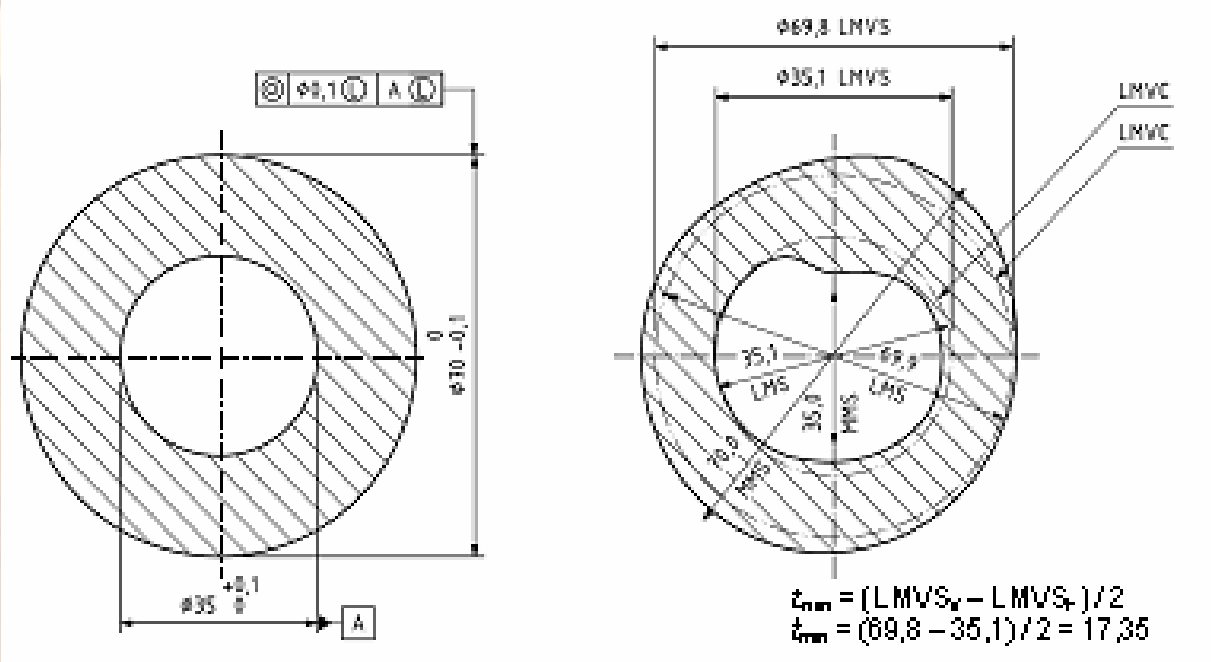
Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Regra K** – Quando os elementos toleranciados (em casos de mais do que um elemento) são controlados pela mesma indicação de tolerância, ou quando a especificação geométrica é de orientação ou de posição, **a(s) condição(ões) virtual(ais) de mínimo de matéria (LMVC), do(s) elemento(s) toleranciado(s) estão em posição(ões) e orientação(ões) teoricamente exactas, umas em relação às outras e em relação à(s) referência(s) especificada(s)**.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- Quando o requisito de mínimo de matéria (**LMR**) se **aplica ao elemento de referência**, tal é indicado nos desenhos pelo **símbolo** Ⓛ **colocado, no quadro de tolerância**, após a(s) letra(s) que designam a referência especificada.
- A utilização do símbolo Ⓛ após a letra que designa a referência especificada é **apenas possível** se a **referência especificada for obtida a partir de um elemento de tamanho**.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)



- Quando o requisito de mínimo de matéria (**LMR**) se aplica a todos os elementos da colecção de superfícies de uma **referência especificada comum**, indica-se: (A-A) Ⓛ

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- Quando o requisito de mínimo de matéria (**LMR**) se aplica **apenas a um elemento da colecção de superfícies de uma referência especificada comum**, indica-se:



- **O LMR em elementos de referência** especifica as **seguintes regras** para a(s) superfície(s) (do elemento de tamanho):
  - **Regra L – A condição virtual de mínimo de matéria (LMVC) do elemento de referência correlacionado não deve ser violada pelo elemento de referência (integral) extraído**, a partir do qual a referência especificada é derivada.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Regra M – O tamanho da condição virtual de mínimo de matéria (LMVC), do elemento de referência correlacionado, é o tamanho de mínimo de matéria (LMS)**, quando o elemento de referência correlacionado não tem qualquer tolerância geométrica ou tem uma tolerância geométrica de forma não seguida do símbolo Ⓛ.

Para elementos de tamanho exteriores e interiores,

$$LMVS = LMS \pm 0 = LMS.$$

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- **Regra N – O tamanho da condição virtual de mínimo de matéria (LMVC), do elemento de referência correlacionado é tamanho de mínimo de matéria (LMS) – / + a tolerância geométrica**, quando o elemento de referência tem uma tolerância geométrica de forma e essa tolerância é seguida pelo símbolo Ⓛ.

Para **elementos de tamanho exteriores:**

LMVS = LMS – tolerância geométrica.

Para **elementos de tamanho interiores:**

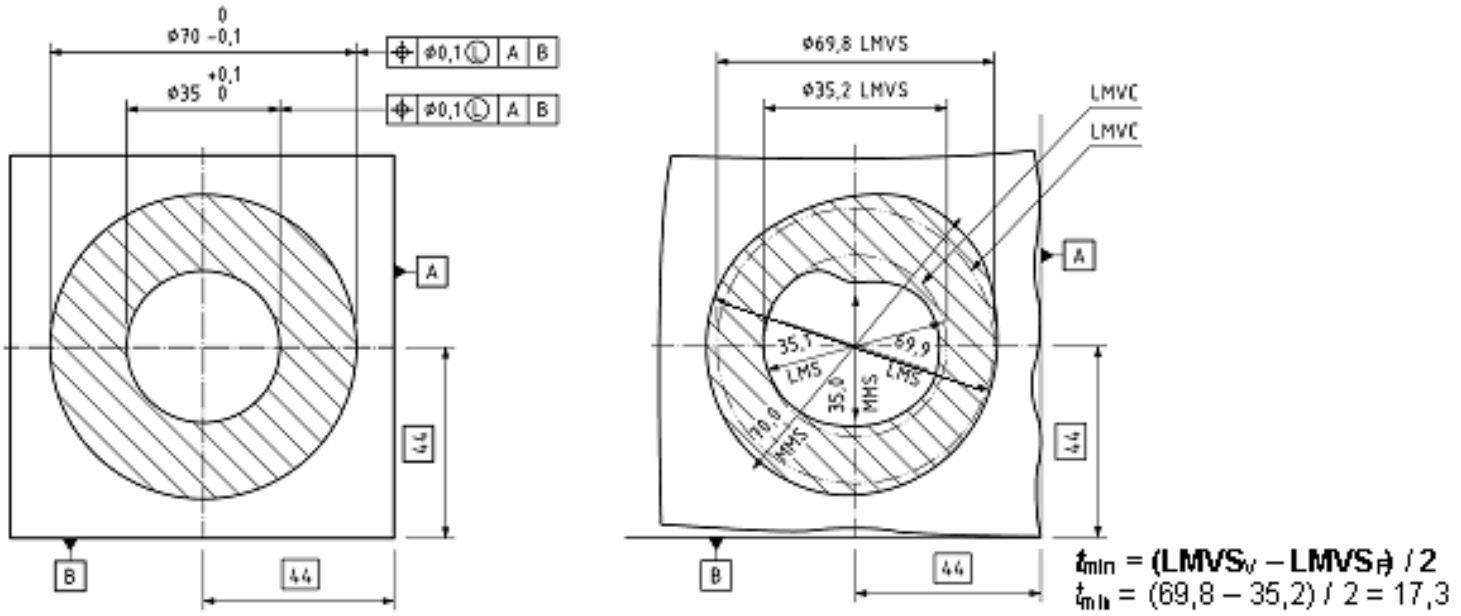
LMVS = LMS + tolerância geométrica.

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- Neste caso, o **triângulo de referência deve estar ligado ao quadro de tolerância geométrica**, a partir do qual a condição virtual de mínimo de matéria (**LMVC**) do elemento de referência é controlada.

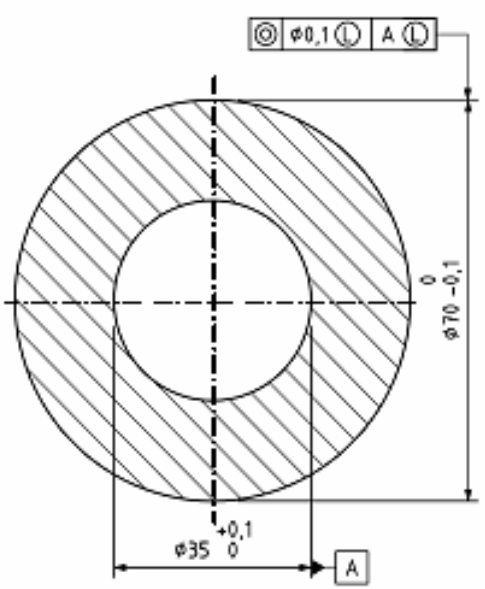
- O **requisito de mínimo de matéria (LMR)** é concebido para, por exemplo, **controlar a espessura de parede mínima** e, deste modo, **evitar a rotura** (devida à pressão no interior de um tubo, por exemplo), **controlar a largura máxima de uma série de ranhuras**, etc.
- Este requisito é também caracterizado por um **requisito colectivo** para o **tamanho** de um elemento de tamanho e os **desvios geométricos** do elemento de tamanho (**desvios de forma**) e do seu elemento derivado (**desvio de posição**).

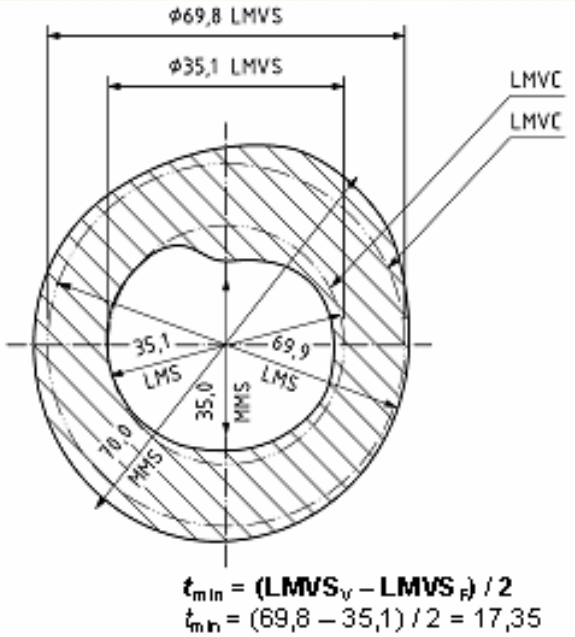
Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)



Requisito de mínimo de matéria (LMR) para dois elementos cilíndricos concêntricos (exterior e interior), ambos controlados por tamanho e posição (**localização**) em relação ao mesmo sistema de referências especificadas A e B. (A função pretendida da peça é a sua **capacidade de resistir a pressão interna**, evitando a rotura.)

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)





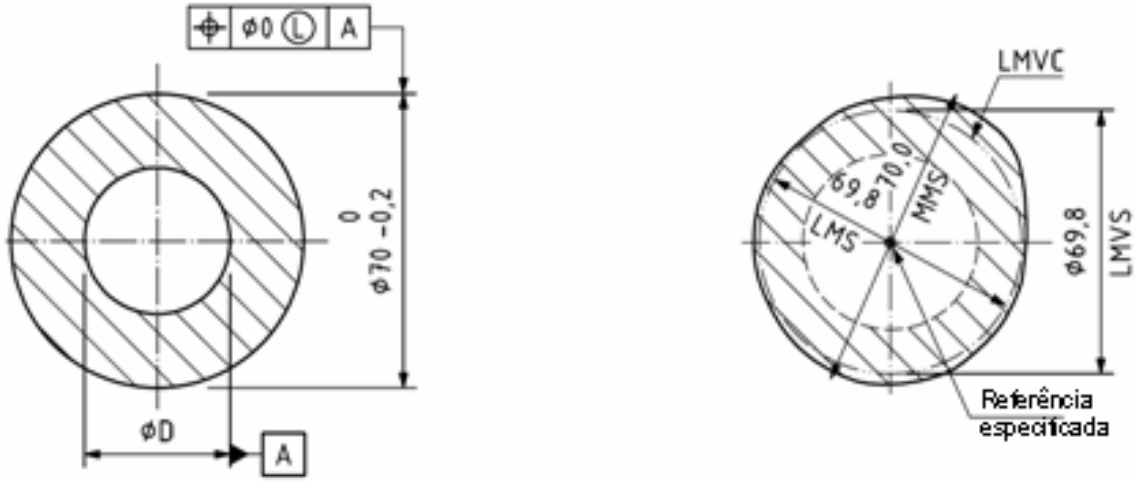
$t_{min} = (LMVS_V - LMVS_F) / 2$

$t_{min} = (69,8 - 35,1) / 2 = 17,35$

Requisito de mínimo de matéria (LMR) para um elemento cilíndrico exterior controlado por tamanho e posição (**coaxialidade**), em relação ao elemento cilíndrico interior utilizado como uma referência especificada, controlado por tamanho e requisito de mínimo de matéria (LMR). (A função pretendida da peça é a **capacidade de resistir a pressão interna**, evitando a rotura.)

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

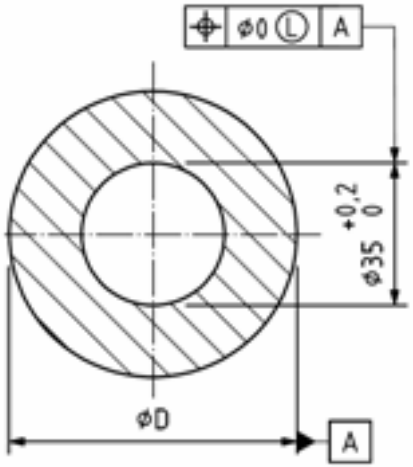
- Significado da especificação de uma **tolerância geométrica zero**:

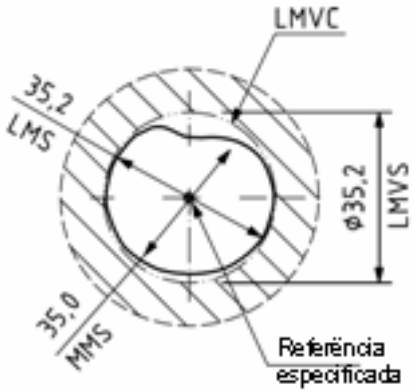


Requisito de mínimo de matéria (LMR) (com 0 Ⓛ) para um elemento de tamanho exterior, com outro elemento de tamanho interior concêntrico/coaxial como referência especificada

Requisito de mínimo de matéria (ISO 2692)

- Significado da especificação de uma **tolerância geométrica zero**:





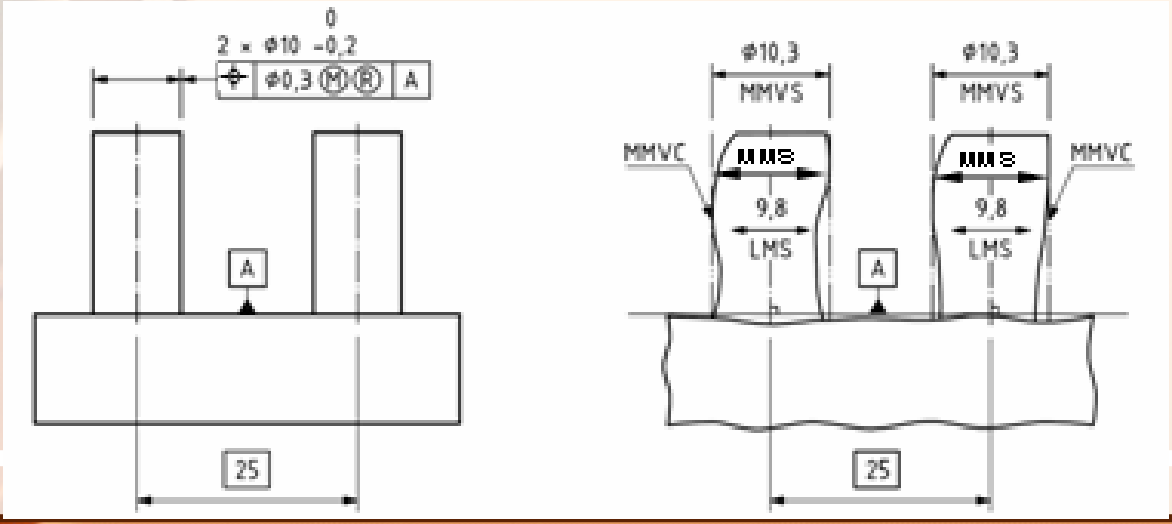
Requisito de mínimo de matéria (LMR) (com 0 Ⓛ) para um elemento de tamanho interior, com outro elemento de tamanho exterior concêntrico/coaxial como referência especificada

Requisito de reciprocidade (RPR)

- **Requisito de reciprocidade (RPR)**: requisito suplementar para um elemento de tamanho, usado em complemento ao requisito de máximo de matéria (**MMR**) ou ao requisito de mínimo de matéria (**LMR**), para indicar que a **tolerância dimensional é aumentada da diferença entre a tolerância geométrica e o desvio geométrico real**.
- O **requisito de reciprocidade (RPR)** é indicado nos desenhos como um requisito adicional ao requisito de máximo de matéria (**MMR**) ou ao requisito de mínimo de matéria (**LMR**), com o símbolo Ⓡ colocado, no quadro de tolerância, após o símbolo Ⓜ ou após o símbolo Ⓛ.

Requisito de reciprocidade (RPR)

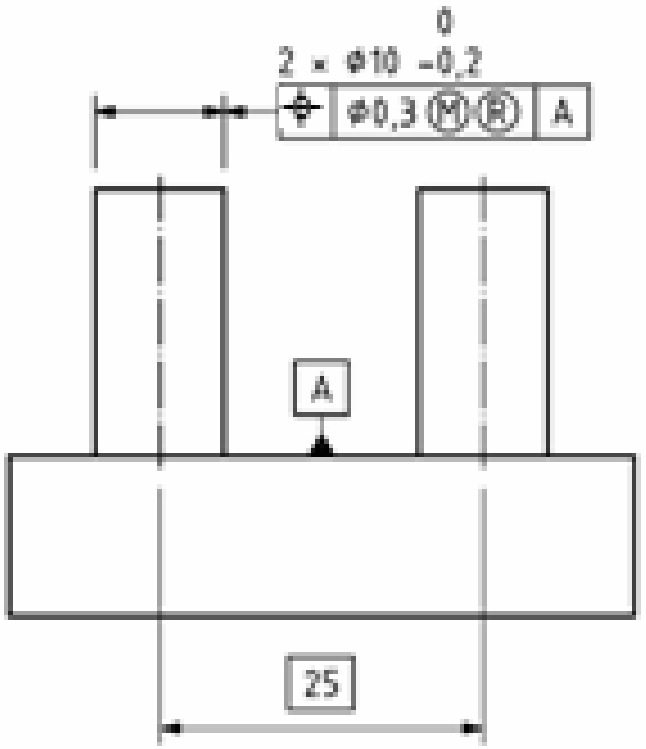
- O **requisito de reciprocidade** é apenas aplicável ao(s) elemento(s) toleranciado(s), em casos em que tal é permitido – tendo em conta a função destes.
- O **requisito adicional RPR permite um aumento da tolerância dimensional** do elemento de tamanho, nos requisitos colectivos MMR e LMR.

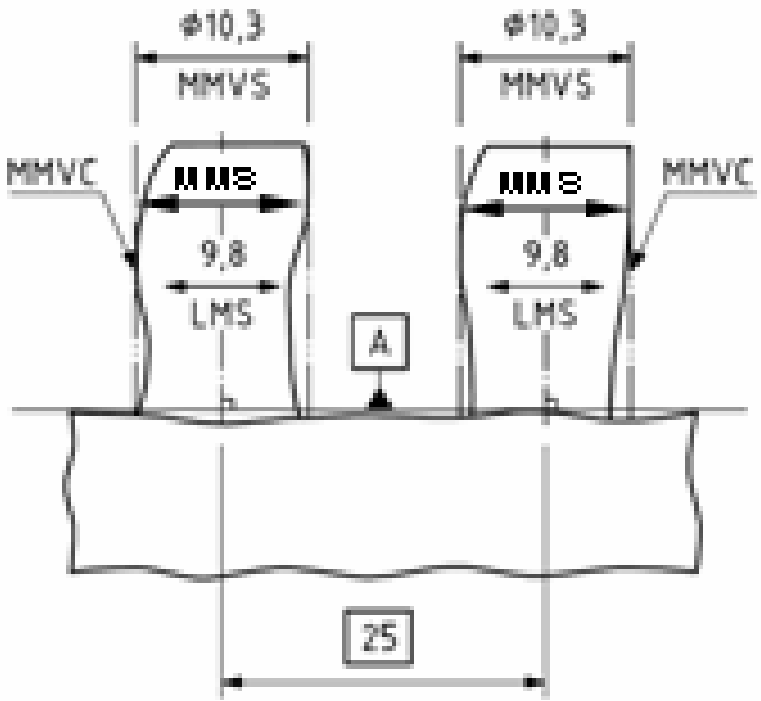


Requisito de reciprocidade (RPR)

- O **requisito de reciprocidade** permite que o tamanho tire todo o partido das condições virtuais de máximo de matéria (MMVC) ou de mínimo de matéria (LMVC), **possibilitando que seja feita uma escolha da distribuição da variação admissível entre as tolerâncias dimensionais e geométricas, em função das capacidades de fabricação disponíveis**.

Requisito de reciprocidade (RPR)



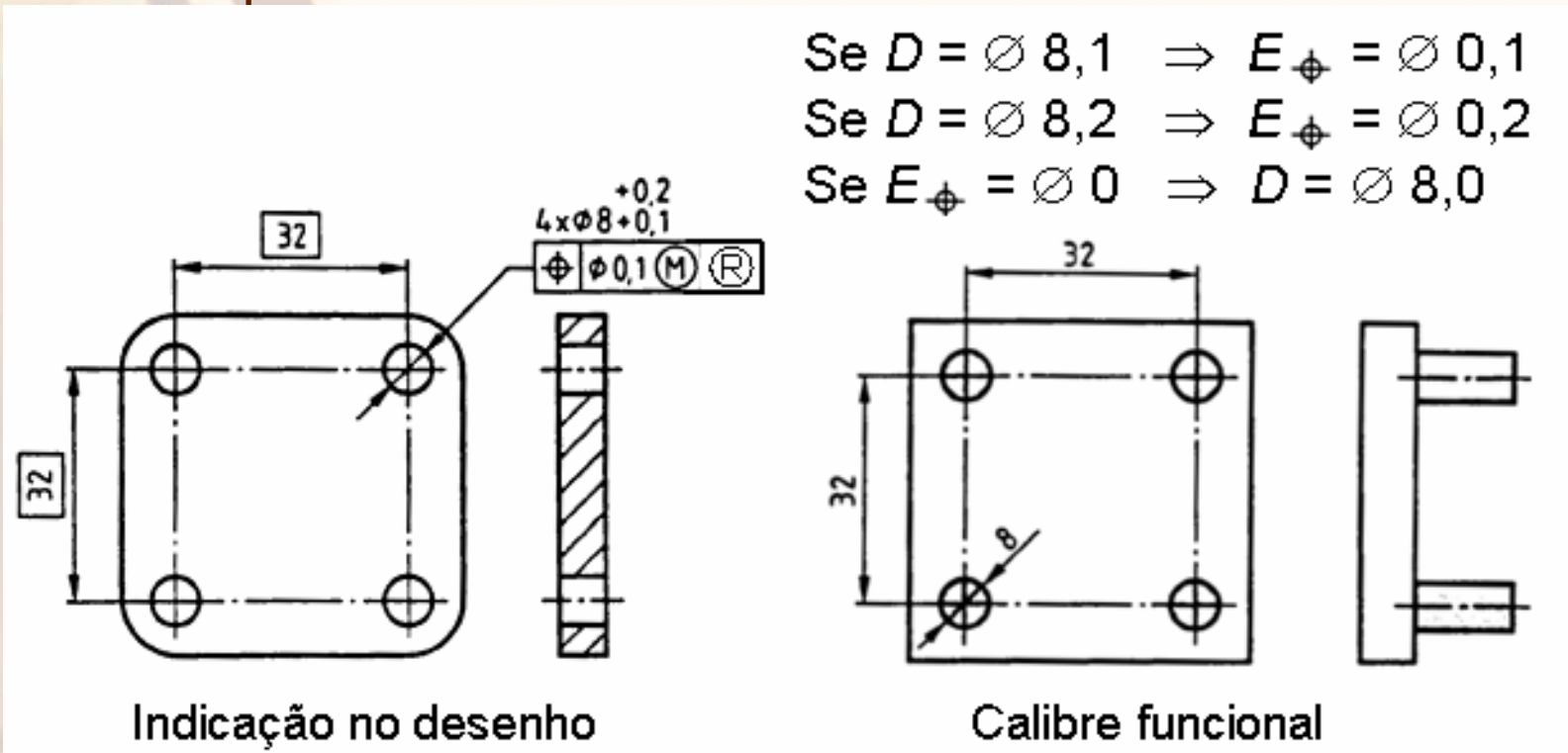


Requisito de reciprocidade (RPR)

- O **requisito de reciprocidade (RPR) permite um aumento da tolerância dimensional**, de modo a que o tamanho local possa tomar valores até ao limite do tamanho virtual **MMVS** ou **LMVS**, se os desvios geométricos de forma, de orientação e de posição não tirarem todo o partido da condição virtual de máximo de matéria (**MMVC**) ou da condição virtual de mínimo de matéria (**LMVC**)

Requisito de reciprocidade (RPR)

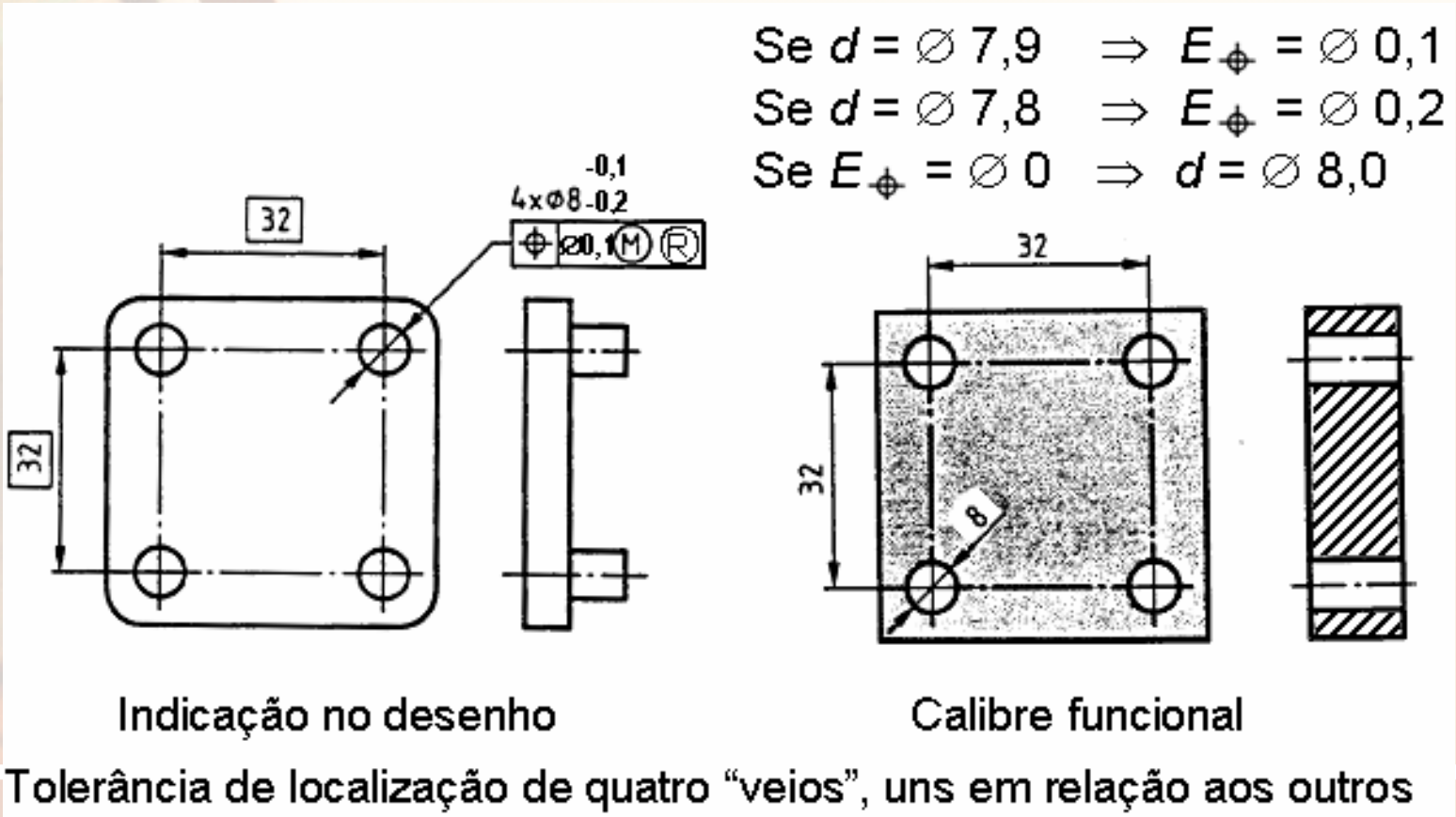
- Exemplos:



Tolerância de localização de quatro furos, uns em relação aos outros

Requisito de reciprocidade (RPR)

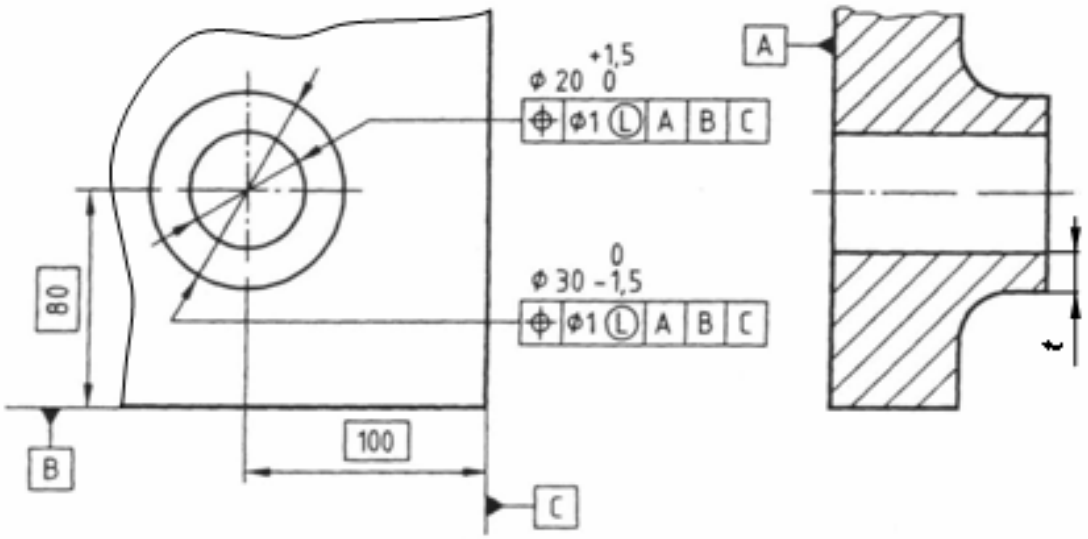
- Exemplos:



Tolerância de localização de quatro "veios", uns em relação aos outros

Requisito de reciprocidade (RPR)

- Exemplos:



$\mathbf{LMVS_F = LMS_F + T}$ ⌖

$LMVS_F = 22,5$

Se Ø 21,5 ⇒ E ⌖ = Ø 1

Se Ø 20,0 ⇒ E ⌖ = Ø 2,5

$\mathbf{LMVS_V = LMS_V - T}$ ⌖

$LMVS_V = 27,5$

Se Ø 28,5 ⇒ E ⌖ = Ø 1

Se Ø 30,0 ⇒ E ⌖ = Ø 2,5

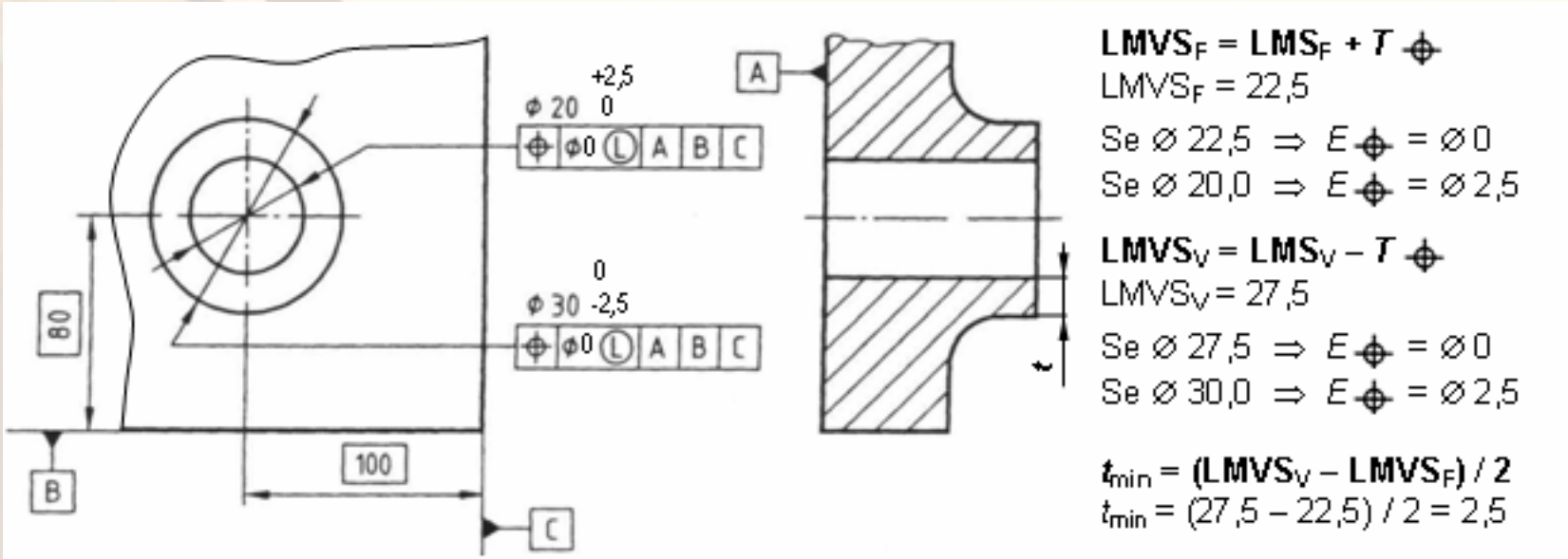
$\mathbf{t_{min} = (LMVS_V - LMVS_F) / 2}$

$t_{min} = (27,5 - 22,5) / 2 = 2,5$

a) Tolerância de localização, na condição de mínimo de matéria, para controlo da coaxialidade

Requisito de reciprocidade (RPR)

- Exemplos:



$\mathbf{LMVS_F = LMS_F + T}$ ⌖
$LMVS_F = 22,5$
Se ⌀ 22,5 ⇒ E ⌖ = ⌀0
Se ⌀ 20,0 ⇒ E ⌖ = ⌀2,5

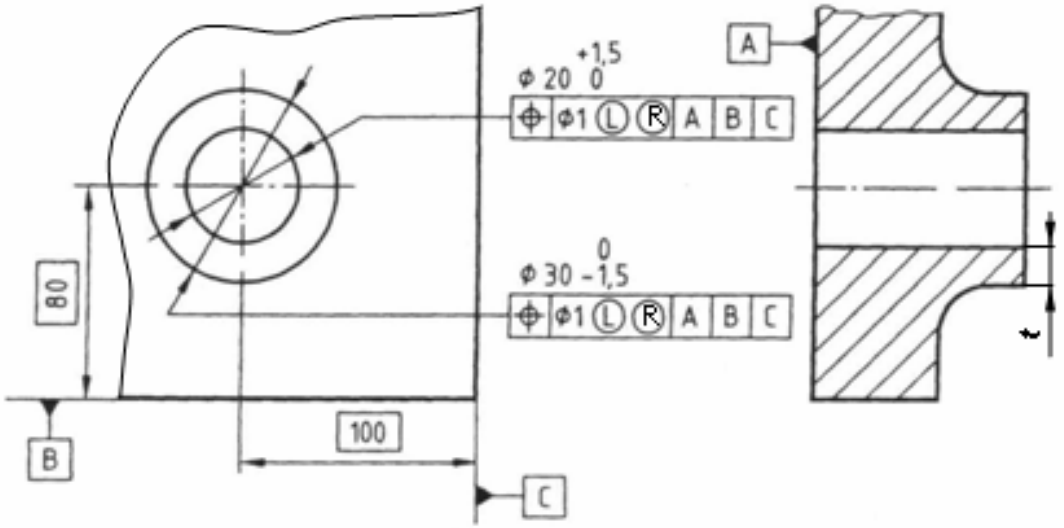
$\mathbf{LMVS_V = LMS_V - T}$ ⌖
$LMVS_V = 27,5$
Se ⌀ 27,5 ⇒ E ⌖ = ⌀0
Se ⌀ 30,0 ⇒ E ⌖ = ⌀2,5

$\mathbf{t_{min} = (LMVS_V - LMVS_F) / 2}$
$t_{min} = (27,5 - 22,5) / 2 = 2,5$

b) Tolerância de localização zero, na condição de mínimo de matéria, para controlo da coaxialidade

Requisito de reciprocidade (RPR)

- Exemplos:



$\mathbf{LMVS_F = LMS_F + T}$ ⌖
$LMVS_F = 22,5$
Se Ø 21,5 ⇒ E ⌖ = Ø 1
Se Ø 20,0 ⇒ E ⌖ = Ø 2,5
Se E ⌖ = Ø 0 ⇒ Ø 22,5

$\mathbf{LMVS_V = LMS_V - T}$ ⌖
$LMVS_V = 27,5$
Se Ø 28,5 ⇒ E ⌖ = Ø 1
Se Ø 30,0 ⇒ E ⌖ = Ø 2,5
Se E ⌖ = Ø 0 ⇒ Ø 27,5

$\mathbf{t_{min} = (LMVS_V - LMVS_F) / 2}$
$t_{min} = (27,5 - 22,5) / 2 = 2,5$

c) Tolerância de localização, na condição de mínimo de matéria, para controlo da coaxialidade, com a especificação do requisito de reciprocidade

Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas

- A **norma CNOMO GE40-040N** apresenta um **quadro-guia** para a **especificação das tolerâncias geométricas e a escolha do seu método de verificação**. Este quadro deverá ser posteriormente completado, em função de estudos em curso.
- O **requisito de envolvente** estabelece uma **relação entre os tamanhos e a forma**, enquanto o **requisito de máximo de matéria** permite **estabelecer uma relação entre os tamanhos, a forma, a orientação e a posição**.

Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas

- Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas (CNOMO GE40-040N):

Funções		Forma	Orientação	Posição	Batimento	E, I, M
Escorregamento Atrito Almofada de ar	macho - fêmea	X	(X)	X	(X)	E
	plano sobre plano	X				I
Rolamento	de esferas	X		X		E
	caminho de esferas	X				I
Vedação com junta que admite as variações de diâmetro	montagem deslizante	X		X		I
	montagem rotativa	X			X	I
Vedação sem junta ou (1)	montagem deslizante	X		X		E
	montagem rotativa	X			X	E
Montagem ou ajustamento fixo	com tensão (aperto)	X	X	(X)		E
	ajustado	X	X			E
	com folga			X		M

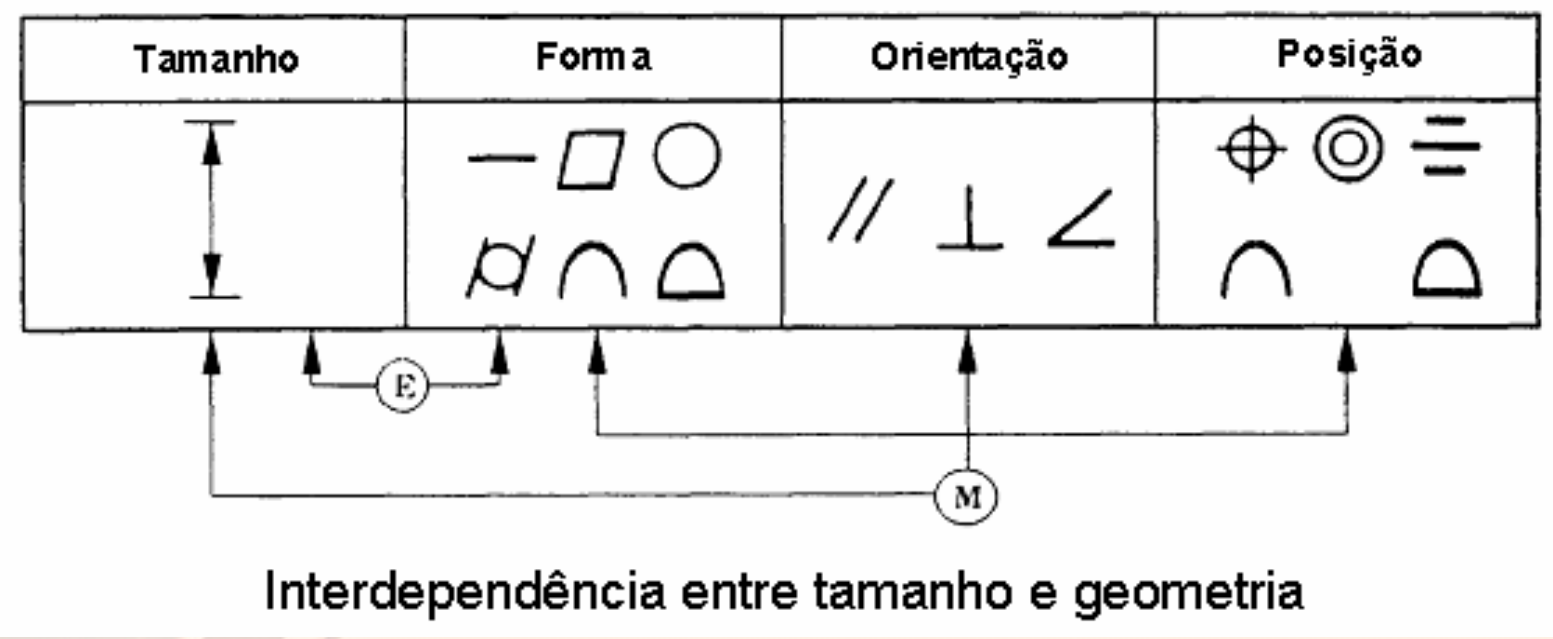
Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas

- Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas (CNOMO GE40-040N) (cont.):

Guiamento	em translação	X	X			E
	em rotação	X			X	E
Posicionamento estático				X		E
Aderência ou/e vedação com colagem		X				I
Resistência ao encalque		X				I
Escoamento de fluídos		X				I
Ferramentas de corte		X			X	I
Aspecto		X				I
Estigmatismo (óptica)		X				I
Equilíbrio (equilibração)					X	I

(1) = com junta que não admite as variações de diâmetro.
x = Tolerâncias importantes para a função.
(x) = A especificar, se necessário.
E = Envolvente; **I** = Independência; **M** = Máximo de matéria.

Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas



Interdependência entre tamanho e geometria

- A título de orientação geral, pode considerar-se a seguinte **relação entre tolerâncias geométricas e dimensionais individuais $T_G \leq 0{,}5\ T_D$.**

Relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas

- Valores (indicativos) de tol. geométricas [mm] adequados para diferentes funções das superfícies:

Funções	Superfícies em bruto s/ contacto	Superfícies com contacto fixo	Centragem. Guiamento. Contacto c/ atrito, de pequena ou média velocidade	Contacto c/ atrito de grande velocidade. Vedação. Alta exactidão

Exactidão do conjunto	Grosseira	Corrente	Cuidada
Rectitude	0,05 /100	0,02 /100	0,01 /100
Planeza	0,06 a 0,03 /100	0,03 a 0,02 /100	0,01 / 100
Circularidade	0,05	0,02	0,01
Cilindricidade	0,1 /100	0,05 /100	0,02 / 100
Paralelismo	0,1	0,05	0,02
Perpendicularidade	0,1	0,05	0,02
Inclinação	0,1	0,05	0,02
Localização	Variáveis de acordo c/ a realização: apoio, nónio, leitor óptico, …		
Coaxialidade	0,3 c/ mais do que um aperto 0,02 c/ um único aperto	0,1 c/ mais do que um aperto 0,01 c/ um único aperto	0,005 c/ um único aperto
Simetria	0,2	0,1	0,05

Nota: Os valores das tolerâncias de forma indicados são mínimos compatíveis com a exactidão do conjunto.

Relações entre os processos de fabricação das peças e os desvios geométricos

- A escolha do **processo de fabricação** é feita pelo gabinete de métodos de fabrico da empresa, em função do grau de qualidade desejado para a peça, por um lado, e do parque de máquinas existente, por outro.
- A escolha do **processo de fabricação depende** da **exactidão pretendida para as dimensões** a realizar, mas **também das tolerâncias geométricas** e do **estado das superfícies**.

Relações entre os processos de fabricação das peças e os desvios geométricos

- Desvios geométricos [mm] que podem ser obtidos através de diferentes processos de fabricação:

Processos de fabricação	▱	//	⊥	∠	◎
Sinterização		0,02			0.02
Aplainamento	0,1 / 100	0,05	0,1	0,1	
Fresagem	0,02 a 0,05 / 100	0,02 a 0,1 / 100			
Fresagem c/ aço rápido		0,05 – 0,01	0,03	0,01	0,005 – 0,02
Fresagem c/ carboneto		0,02 – 0,01	0,02	0,01	
Torneamento	0,02 a 0,05 / 100	0,01 a 0,1 / 100			
Torneamento de acabamento		0,02 – 0,01	0,02	0,01	0,005 – 0,01
Torneamento c/ diamante policristalino		0,01	0,02	0,01	0,01
Furagem c/ broca		0,2	0,1	0,1	0,1
Mandrilagem		0,005	0,01	0,01	0,01
Brochagem		0,002			0,002
Rectificação	0,005 a 0,01 / 300	0,005 a 0,01 / 100			
Rectificação de precisão		0,001	0,001	0,002	0,002
"Honing"		0,0005	0,001	0,002	0,002
Superacabamento		0,0005	0,001	0,002	0,005

Relações entre os processos de fabricação das peças e os desvios geométricos

- Estabelecido o processo de fabricação a utilizar, **é necessário não negligenciar, no entanto, os efeitos derivados**:
  - da **fixação** e da **deformação** da peça;
  - dos **tratamentos** térmicos;
  - dos **revestimentos**, etc.;
  - que podem provocar **deformações** nas peças.

CFAC – Concepção e Fabrico Assistidos por Computador



Indicação dos Estados de Superfície

João Manuel R. S. Tavares

Bibliografia

- Simões Morais, José Almacinha, "Texto de Apoio à Disciplina de Desenho de Construção Mecânica (MiEM)", AEFEUP, 2007
- Simões Morais, "Desenho técnico básico 3", ISBN: 972-96525-2-X, Porto Editora, 2006

Índice

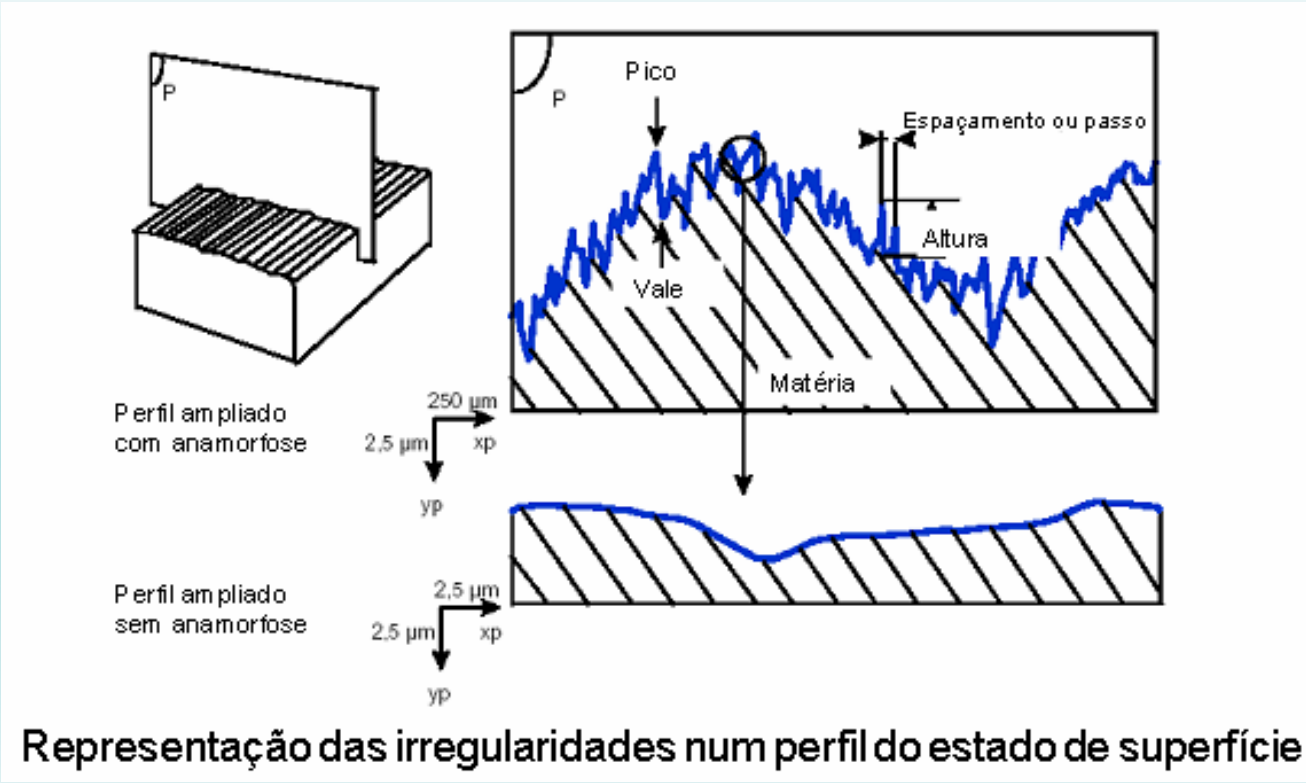
- Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos;
- Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície;
- Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade);
- Relações práticas entre diferentes parâmetros de rugosidade;
- Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade;
- Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais;
- Processos de avaliação do estado de superfície.

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- As **superfícies dos diferentes componentes** de um mecanismo **devem ter características adequadas ao tipo de funções** por eles desenvolvidas.
- Os diferentes **processos de fabricação** de componentes mecânicos determinam **acabamentos diversos nas suas superfícies**.
- As **superfícies apresentam irregularidades**, que podem ser classificadas em: **desvios macrogeométricos** (desvios de rectitude, de planeza, ondulação, etc.) e **desvios microgeométricos** (rugosidade).
- **O estado de superfície é o resultado de desvios repetitivos ou aleatórios, em relação à superfície geométrica, que formam a topografia tridimensional de uma superfície**. Compreende a rugosidade, a ondulação, a orientação das irregularidades, as imperfeições e os desvios de forma numa zona limitada da superfície.

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- **O método de medição dos estados de superfície mais utilizado é a exploração do perfil de superfície, ampliado e com anamorfose** (a ampliação vertical é maior do que a ampliação horizontal), **num plano normal à superfície considerada**.



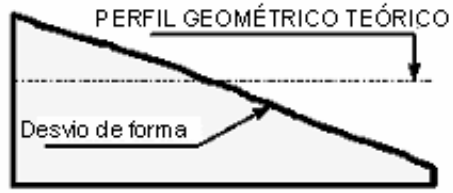
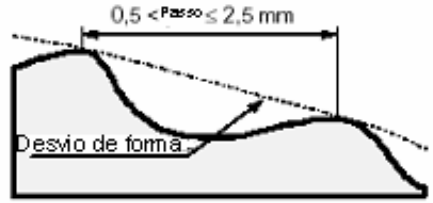
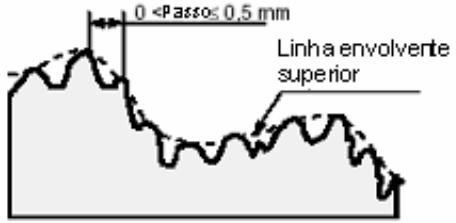
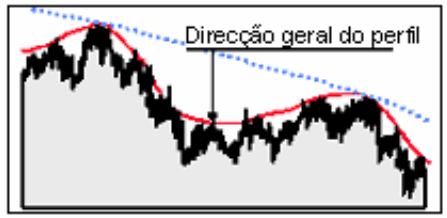
Representação das irregularidades num perfil do estado de superfície

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- O **perfil de superfície** apresenta uma sucessão de **picos** separados por **vales** (irregularidades geométricas do perfil). Estas irregularidades são **quantificadas pela sua altura e pelo seu espaçamento**. Quando esse espaçamento é regular designa-se por **passo**.
- As diferentes ordens de grandeza das irregularidades geométricas do perfil são definidas a partir do seu passo.
- Existe uma **gama alargada de meios de avaliação dos estados de superfície** (através da análise de uma área ou de um perfil).

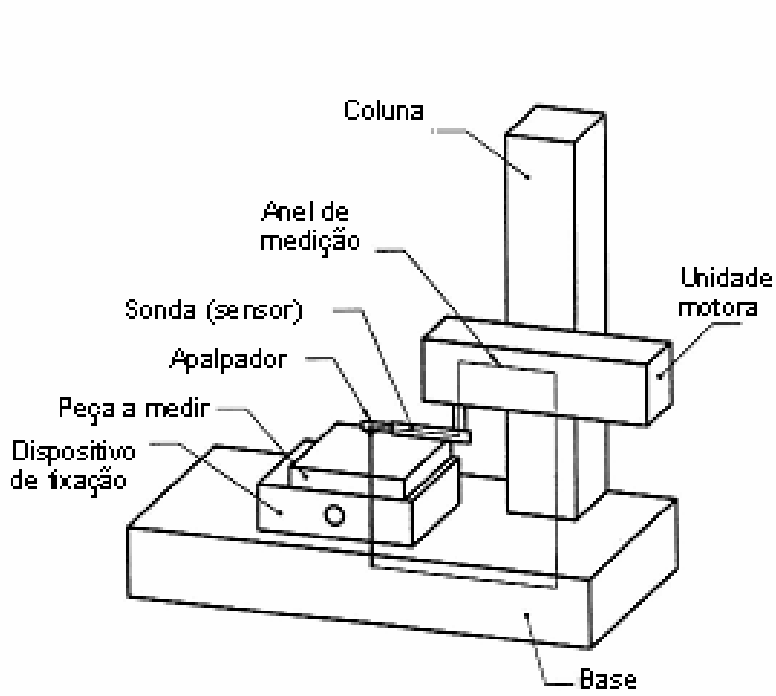
Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- **Tipologia dos desvios** (irregularidades):

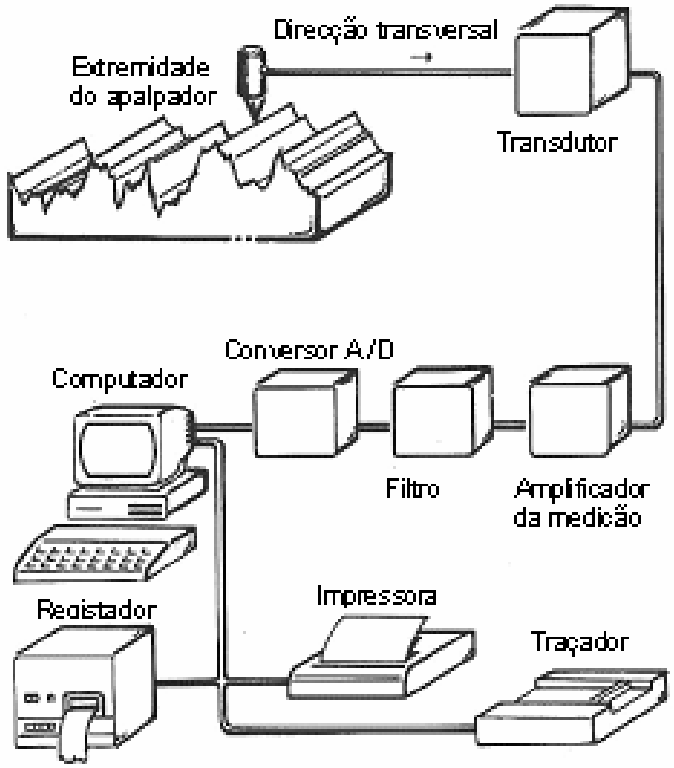
N.º de ordem	TIPO DE IRREGULARIDADES	ESBOÇO
1	DESVIOS DE FORMA: Desvios de rectitude de planeza de circularidade de cilindricidade etc.	
2	ONDULAÇÃO Irregularidades geométricas tais que a distância entre dois dos seus topos esteja compreendida entre dois limites (ex.: 0,5 a 2,5 mm).	
3	RUGOSIDADE Irregularidades geométricas tais que a distância entre dois dos seus picos esteja compreendida entre 0 e, por exemplo, 0,5 mm.	
4	ARRANCAMENTO Marca de ferramenta, fenda, picagem.	
PERFIL TOTAL (Soma dos desvios)		

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- **Meios de avaliação dos estados de superfície:**



a)

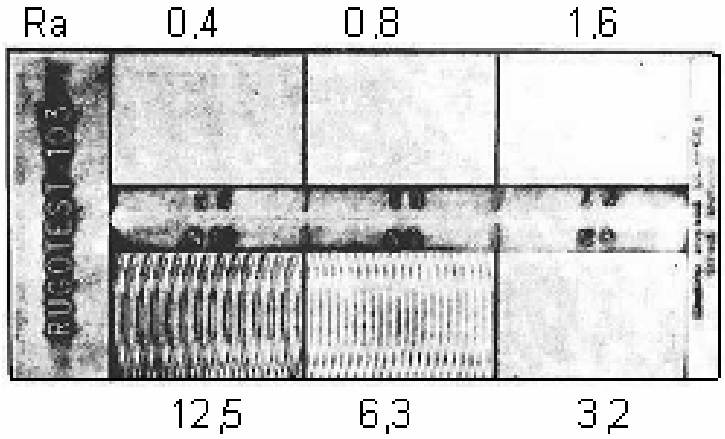


b)

Instrumento de apalpador (rugosímetro ou perfilómetro de contacto)

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- **Meios de avaliação dos estados de superfície:**



Exemplo de padrão de rugosidade (p/ fresagem frontal) - placa de "RUGOTEST" 103

Com os **rugosímetros, a separação das diferentes irregularidades geométricas de perfil (perfil primário, perfil de ondulação e perfil de rugosidade) faz-se por intermédio de uma filtragem electrónica**, embora uma adequada escolha da extremidade (raio) do apalpador seja também muito importante para a aquisição de dados relativos ao perfil (filtragem mecânica).

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- A importância dos estados de superfície:
  - **A rugosidade pode ter influência em funcionalidades tais como**:
    - a **qualidade do deslizamento** (atritos seco e viscoso);
    - a **resistência à corrosão e ao desgaste**;
    - a materialização dos **ajustamentos** apertados;
    - a **resistência** oferecida ao **escoamento** de fluidos e lubrificantes;
    - a qualidade da **aderência** de **revestimentos**;
    - a **resistência** à **flexão e à fadiga**;
    - a **condução térmica e eléctrica**;
    - a **vedação** estática e dinâmica;
    - a **aparência** (estética).

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

- A importância dos estados de superfície:
  - **A rugosidade pode ter influência em funcionalidades tais como**:
    - a **qualidade do deslizamento** (atritos seco e viscoso);
    - a **resistência à corrosão e ao desgaste**;
    - a materialização dos **ajustamentos** apertados;
    - a **resistência** oferecida ao **escoamento** de fluidos e lubrificantes;
    - a qualidade da **aderência** de **revestimentos**;
    - a **resistência** à **flexão e à fadiga**;
    - a **condução térmica e eléctrica**;
    - a **vedação** estática e dinâmica;
    - a **aparência** (estética).

Indicação dos estados de superfície na documentação técnica de produtos

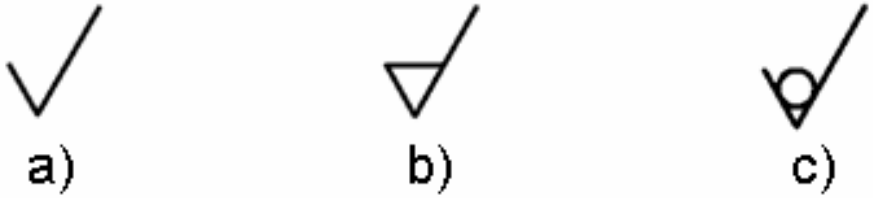
- **Existe**, geralmente, uma **relação estreita entre o estado de superfície e a qualidade das tolerâncias dimensionais**.
- **A prescrição de um estado de superfície implica igualmente que os desvios de forma sejam mantidos dentro de limites admissíveis**.
- As **causas da grandeza, orientação e grau de irregularidade das rugosidades podem ser**, entre outras:
  - **imperfeições em mecanismos** das máquinas-ferramenta;
  - **vibrações** (altas frequências) no sistema peça-ferramenta (da peça, da ferramenta);
  - **desgaste** das ferramentas;
  - **heterogeneidade e plasticidade** do material trabalhado;
  - o próprio **método de obtenção da peça**.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- A norma **ISO 1302** aplica-se na **indicação de requisitos para superfícies através de**:
  - **parâmetros de perfil**, ligados à linha média (ISO 4287), relacionados com o:
    - perfil R (parâmetros de rugosidade),
    - perfil W (parâmetros de ondulação),
    - perfil P (parâmetros estruturais, calculados a partir do perfil primário);
  - **parâmetros, ligados aos motivos do perfil** (ISO 12085):
    - motivos de rugosidade,
    - motivos de ondulação,
  - **parâmetros ligados à curva da taxa do comprimento de sustentação** (ISO 13565-2, ISO 13565-3).

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Símbolos gráficos para a indicação dos estados de superfície**:

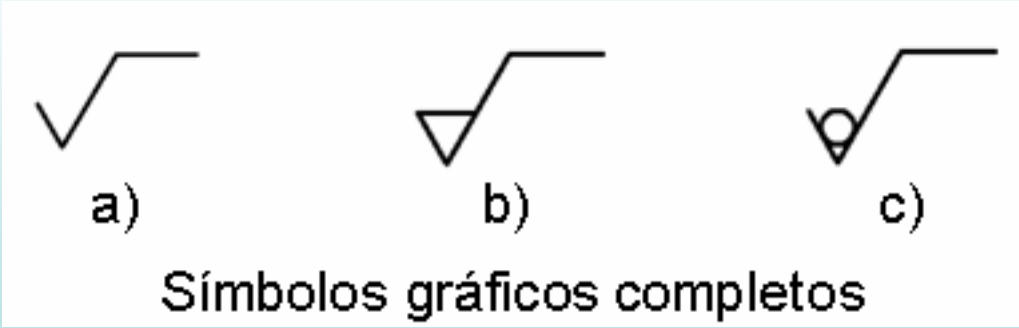


Símbolos gráficos de base e prolongados (linhas ≈ a 60°)

- **Estes símbolos não deverão ser utilizados isolados, sem informações complementares**. Podem servir para proporcionar indicações colectivas.
  a) **Símbolo de base**
  b) **Símbolo prolongado**
  c) **Símbolo prolongado** (Quando utilizado num desenho relativo a um processo de fabricação deve ser interpretado como: "a superfície especificada deve ser deixada no estado resultante de um processo de fabricação anterior, tenha sido essa condição obtida por arranque de material, ou por outros meios".

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Se for necessário **indicar requisitos complementares** para características do estado de superfície, devem ser utilizados os seguintes símbolos:

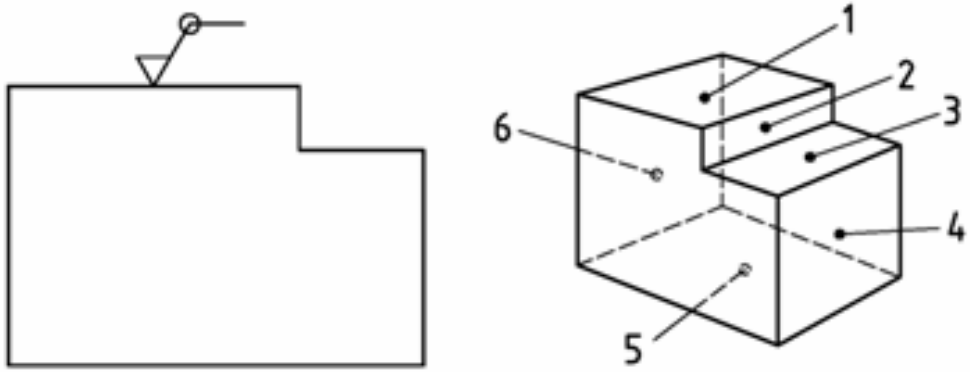


Símbolos gráficos completos

a) **Símbolo completo** permitindo qualquer processo de fabricação;
b) **Símbolo completo** indicando que deve ser removido material;
c) **Símbolo completo** indicando que não deve ser removido material.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Símbolo gráfico para **"todas as superfícies em volta de um contorno da peça"**:

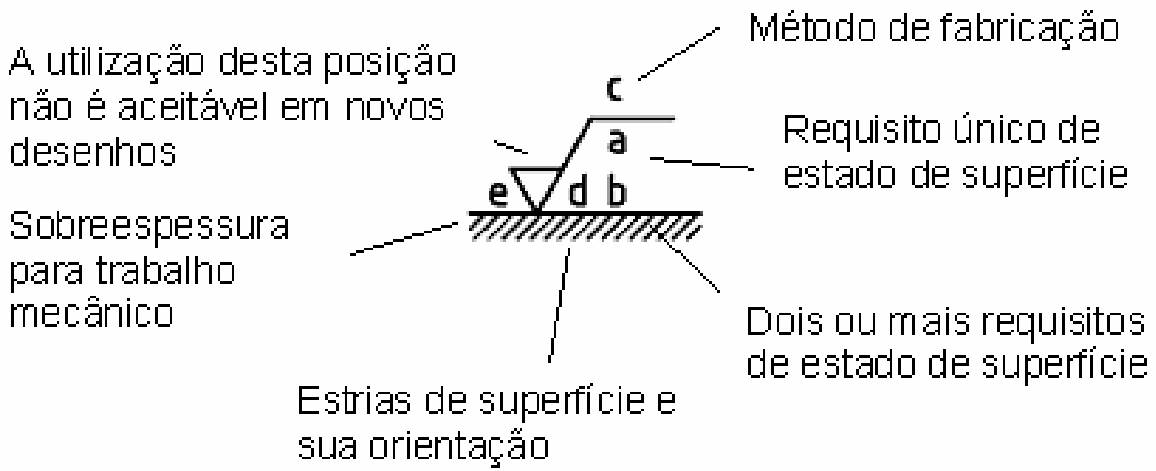


Nota: O contorno no desenho representa as seis superfícies mostradas na representação 3D da peça (as superfícies frontal e traseira não estão incluídas).

Requisito do estado de superfície para todas as seis superfícies representadas pelo contorno da peça

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Composição do símbolo gráfico completo para os estados de superfície**:



Posições para a localização de requisitos complementares

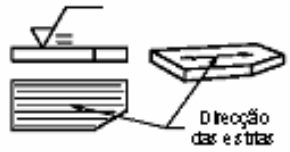
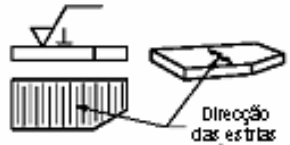
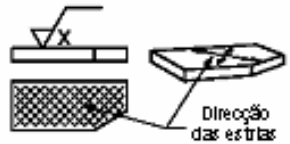
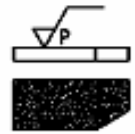
a) Requisito único de estado de superfície – Designação do parâmetro de **estado de superfície e seu valor numérico** (em µm), antecedida da banda de transmissão/comprimento de base *lr* (em mm). Inserir um espaço em branco duplo entre a designação do parâmetro e o valor limite.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Composição do símbolo gráfico completo para os estados de superfície (cont.)**:
  - **b) Dois ou mais requisitos de estado de superfície** – O segundo requisito deve ser indicado na posição b). Com mais requisitos, o símbolo gráfico é aumentado, em conformidade, na vertical.
  - **c) Método de fabricação** – indica o método de fabricação, o tratamento, os revestimentos ou outros requisitos de fabricação para produzir a superfície (ex.: torneada, rectificada, galvanizada).
  - **d) Estrias de superfície e sua orientação**.
  - **e) Sobreespessura para trabalho mecânico** – se necessária, indicá-la por um valor numérico em milímetros (mm).

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicação das estrias de superfície**:

Símbolo Gráfico	Interpretação e exemplo	
=	Paralelas ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
⊥	Perpendiculares ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
X	Cruzadas em duas direcções obliquas relativamente ao plano de projecção da vista na qual o símbolo é utilizado	
M	Multidireccionais	
C	Aproximadamente circulares relativamente ao centro da superfície à qual o símbolo se aplica	
R	Aproximadamente radiais relativamente ao centro da superfície à qual o símbolo se aplica	
P	Estrias particulares, não-direccionais, ou protuberantes	
Se for necessário especificar um padrão de superfície que não é definido claramente através destes símbolos, isso deve ser conseguido pela adição de uma nota adequada no desenho.		

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicação dos parâmetros de estados de superfície**:
  - A designação do parâmetro e o valor numérico associado, que devem ser indicados, incluem quatro itens de informação essencial para a interpretação do requisito:
    - Qual dos três perfis da superfície (**R, W ou P**) é indicado,
    - Qual a **característica** (**parâmetro**) do perfil que é indicada,
    - Quantos **comprimentos de base**, ***lr***, compõem o comprimento de avaliação, ***ln***,
    - Como deve **ser interpretado** o limite da especificação indicada.

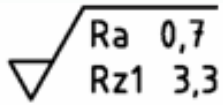
Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Indicação do comprimento de avaliação, ***ln***:
  - ***ln*** é o comprimento, na direcção da linha média, utilizado para o estabelecimento do perfil a avaliar.
  - Exemplo com **Parâmetros de perfil R** (ISO 4287):
    - Por omissão *ln = 5 x lr* (exemplos de designações de parâmetros: *Rz*, *Ra*, *Rp*, etc.).
    - Se $ln \neq 5lr$, por exemplo, *ln = 3 x lr*, tal deve ser indicado na designação do parâmetro (ex.: *Rz3*, *Ra3*, *Rp3*, etc.).
- Indicação de **limites de tolerância**:
  - Existem dois modos diferentes de indicar e interpretar a especificação de limites de estados de superfície:
    - a regra dos 16% (regra por omissão);
    - a regra do valor máximo.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Indicação de **limites de tolerância** (cont.):

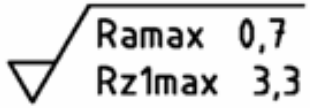
MRR Ra 0,7; Rz1 3,3



a) em texto b) no desenho

Indicação do parâmetro, onde se aplica a regra dos 16%
(c/ banda de transmissão, por omissão)

MRR Ramax 0,7; Rz1max 3,3



a) em texto b) no desenho

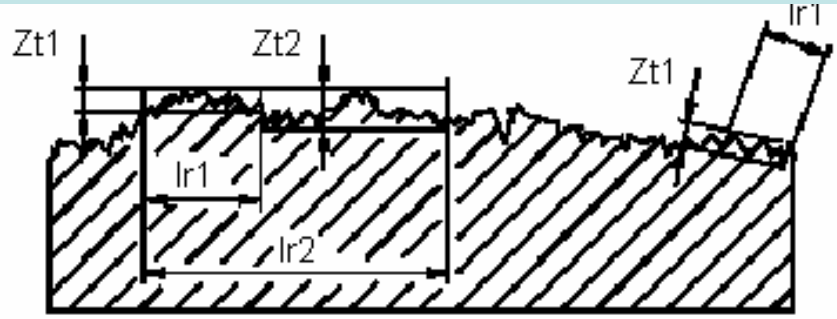
Indicação do parâmetro, onde se aplica a regra do valor máximo
(c/ banda de transmissão, por omissão)

Na **regra dos 16%,** a superfície é considerada aceitável se, no máximo, 16% de todos os valores medidos do parâmetro considerado, baseados num comprimento de avaliação, ultrapassarem o valor especificado.

Na **regra do valor máximo**, nenhum dos valores medidos do parâmetro de rugosidade, em toda a superfície sob inspecção, deve exceder o valor especificado.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Indicação da **banda de transmissão** e do **comprimento de base**:
  - O estado de superfície é definido numa **banda de transmissão** – a gama de comprimentos de onda entre dois filtros definidos. Esta banda é limitada por um filtro que corta os pequenos comprimentos de onda (**filtro de onda-curta**) e por outro que corta os comprimentos de onda longos (**filtro de onda-longa**). O **valor de corte** ("cut-off") do filtro de onda-longa é também designado por **comprimento de base**, ***lr***.



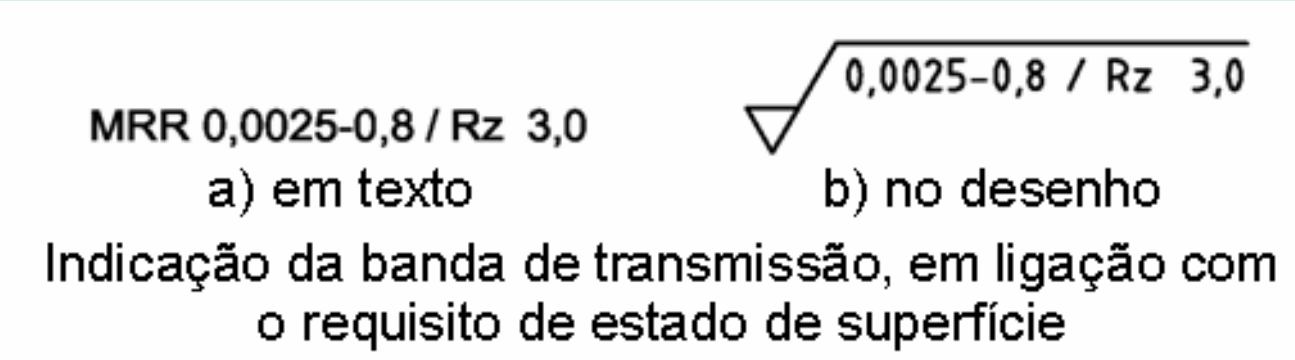
Valores de l_r normalizados:
... mm; 0,08 mm; 0,25 mm;
0,8 mm; 2,5 mm; 8,0 mm;
... mm

A altura *Zt*2 do elemento de perfil é maior, pois *lr*2 incorpora a ondulação.
A altura *Zt*1 do elemento de perfil é menor, pois, como *lr*1 é menor, ele filtra a ondulação.

Rugosidade e ondulação

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Indicação da **banda de transmissão** e do **comprimento de base**:
  - Se não for indicada qualquer banda de transmissão, aplica-se a banda de **transmissão por omissão**. Mas como certos parâmetros de estado de superfície não têm uma banda de transmissão definida, por omissão, **deve especificar-se a banda de transmissão**, o **filtro de onda-curta ou o filtro de onda-longa (comprimento de base)**, para evitar qualquer ambiguidade.

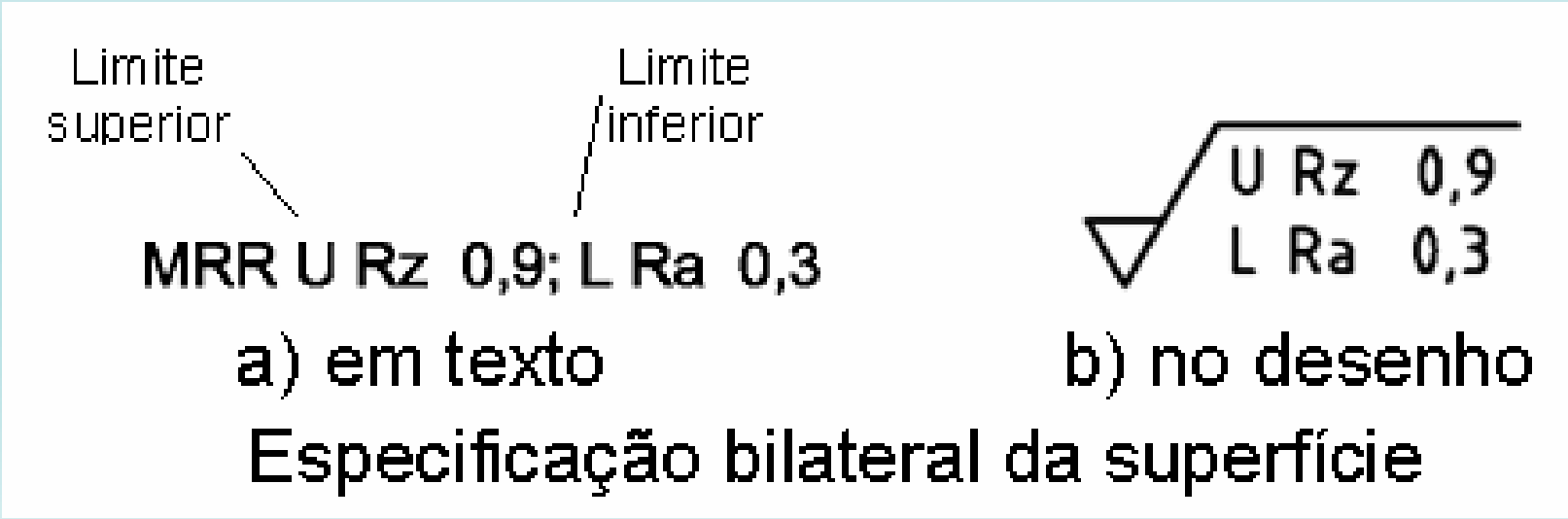


Indicação da banda de transmissão, em ligação com o requisito de estado de superfície

  - **Se for relevante indicar apenas um dos dois filtros da banda de transmissão**, tal como, por exemplo, **0,008-** (indicação apenas do filtro de onda-curta) ou **-0,25** (indicação apenas do filtro de onda-longa). O segundo filtro tem, então, se existir, o seu valor por omissão.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Tipos de tolerância – Unilateral e bilateral**:
  - **Por omissão**, a designação do parâmetro, o valor deste e a banda de transmissão indicados são um **limite de tolerância superior unilateral** do parâmetro em questão. Se o parâmetro for para ser interpretado como sendo um **limite de tolerância inferior unilateral**, a designação do parâmetro deve ser **precedida pela letra L** (ex.: *L Ra 0,32*).



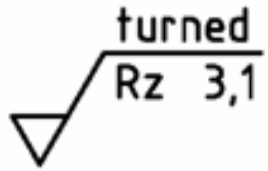
Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicação do método de fabricação** ou informação relativa:
  - O valor do parâmetro do estado de superfície de uma superfície real é fortemente influenciado pela forma detalhada da curva do perfil.

(torneada)

MRR turned Rz 3,1

a) em texto

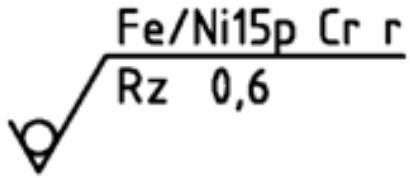


b) no desenho

Indicação do processo de trabalho mecânico (ex.: torneamento) e requisito para rugosidade da superfície resultante

NMR Fe/Ni15p Cr r; Rz 0,6

a) em texto

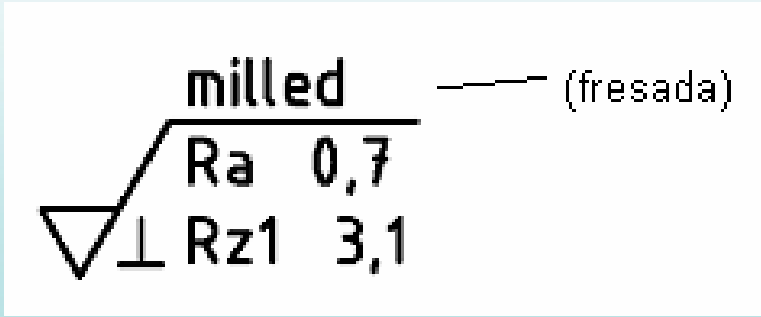


b) no desenho

Indicação do requisito de rugosidade e revestimento

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

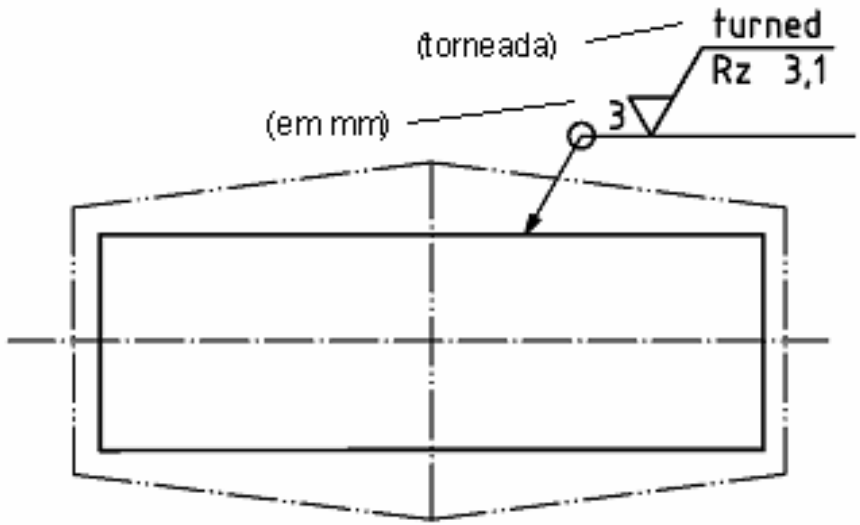
- **Indicação das estrias de superfície**:
  - A orientação das estrias é a **orientação do padrão de superfície prevalecente**, geralmente determinado pelo **processo de fabricação** utilizado.



- **Indicação da sobreespessura** para trabalho mecânico:
  - Geralmente, apenas para os casos em que dois ou mais estádios do processo são mostrados no mesmo desenho (ex.: em desenhos de peças fundidas em bruto ou estampadas, com a **peça final mostrada na peça em bruto**).

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicação da sobreespessura** para trabalho mecânico:



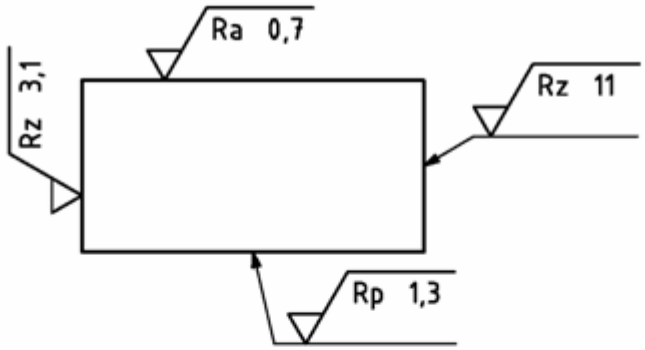
Indicação de requisitos de estado de superfície para a peça "final" (incluindo um requisito de 3 mm de sobreespessura para todas as superfícies)

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

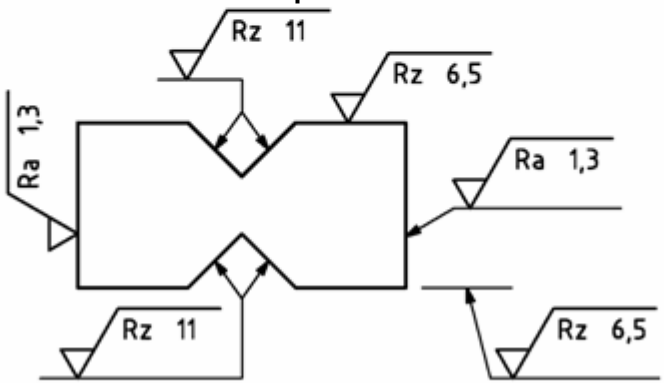
- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos:
  - Como **regra geral**, o símbolo gráfico, ou a **linha de indicação terminando numa seta, deve apontar para a superfície, a partir do lado exterior do material da peça, para o contorno ou para a sua extensão**.
  - **Superfícies cilíndricas ou prismáticas** podem ser especificadas apenas uma vez, se indicadas por uma linha de centro e se cada face da superfície prismática tem o mesmo requisito de estado de superfície.
  - Se o **mesmo estado de superfície é requerido na maioria das superfícies de uma peça**, este requisito deverá ser colocado **junto da legenda do desenho**. O símbolo gráfico geral deve ser seguido de um símbolo de base entre parêntesis sem qualquer outra indicação ou dos requisitos especiais diferentes entre parêntesis.

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos:



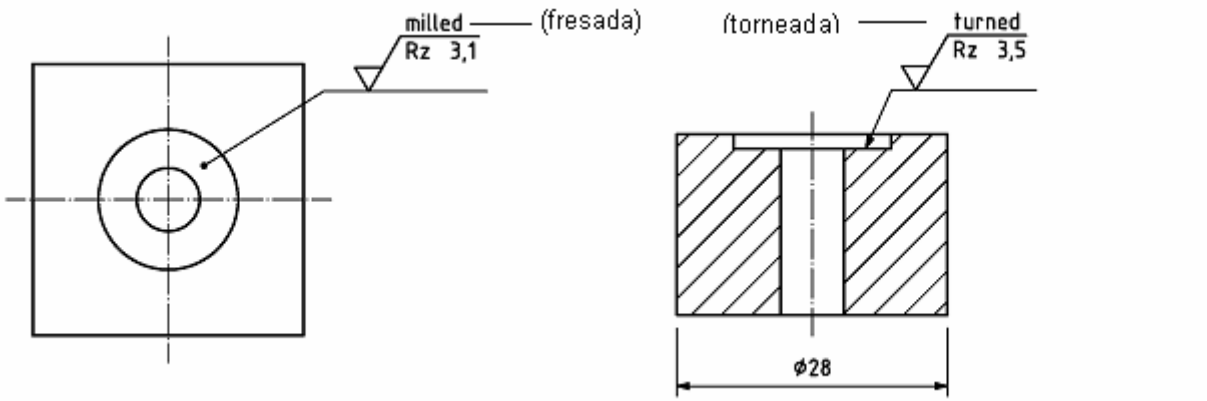
Direcção de leitura dos requisitos de estado de superfície



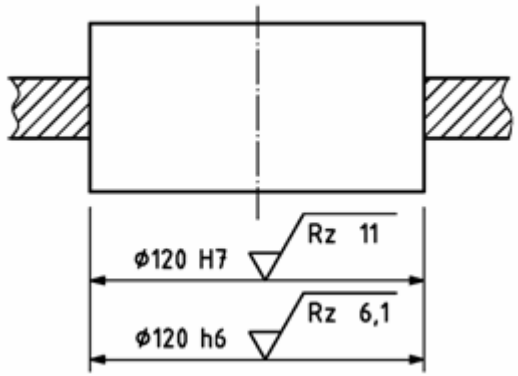
Requisitos de estado de superfície na linha de contorno representando a superfície

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos (cont.):



Utilização alternativa de linhas de referência e linhas de indicação



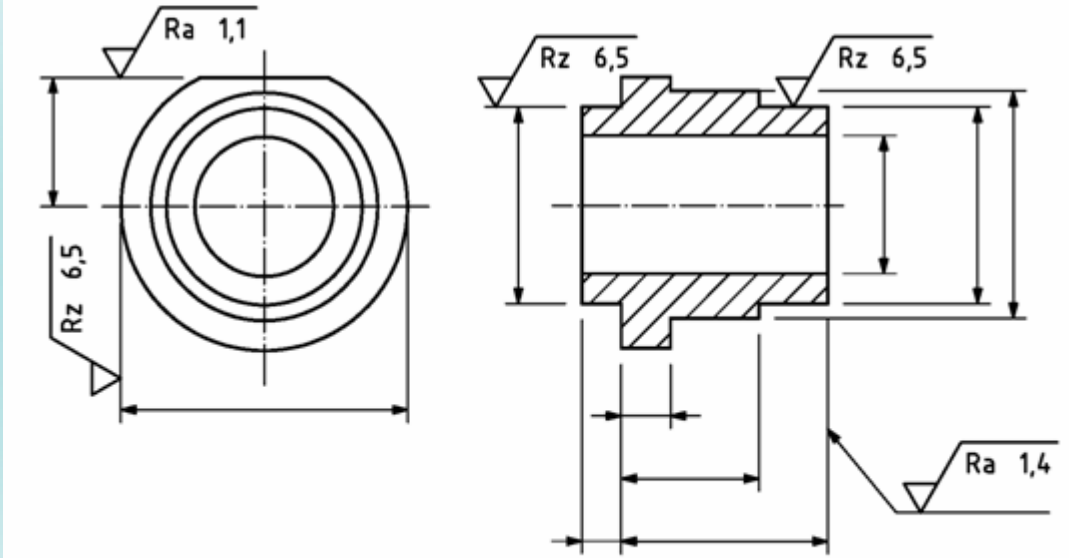
Requisito de estado de superfície – cota de elemento de tamanho

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos (cont.):



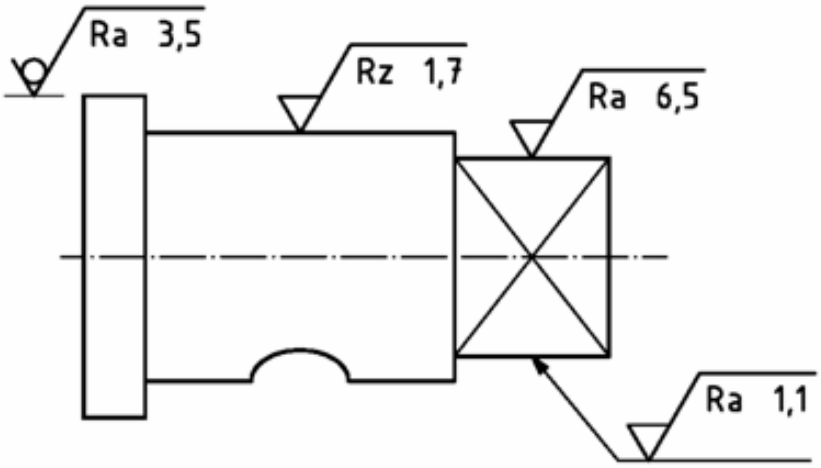
Requisito de estado de superfície – Indicação de tolerâncias geométricas



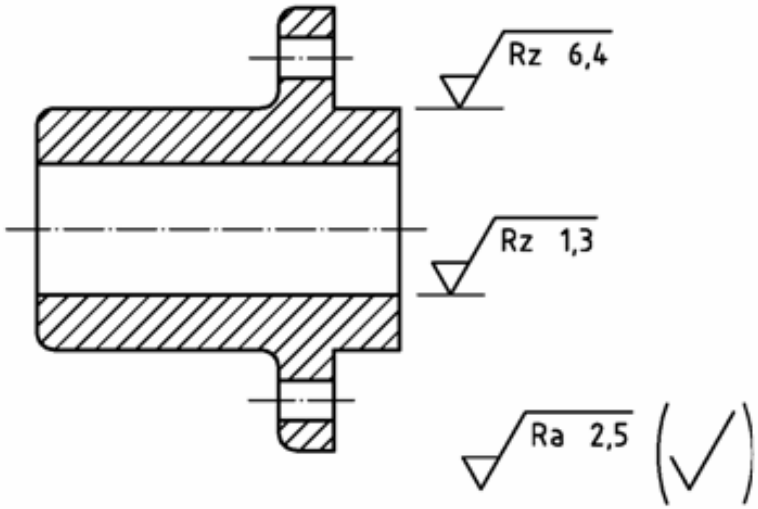
Requisitos de estado de superfície – Linhas de extensão de elementos cilíndricos

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos (cont.):



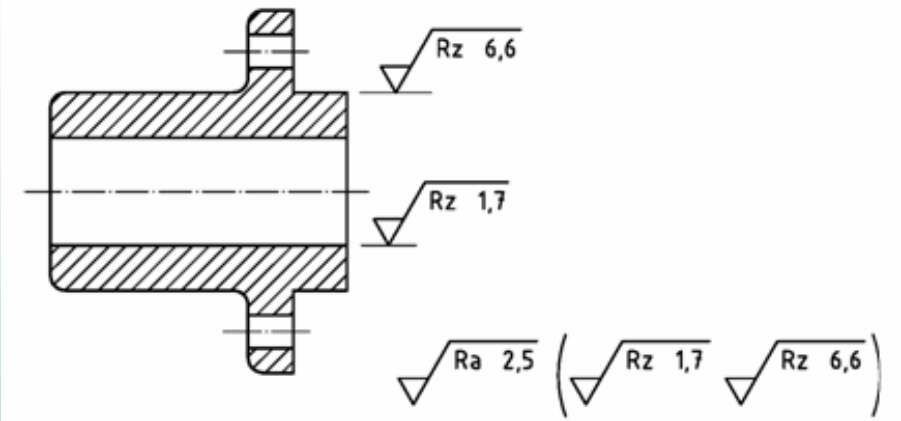
Requisitos de estado de superfície – Superfícies cilíndricas e prismáticas



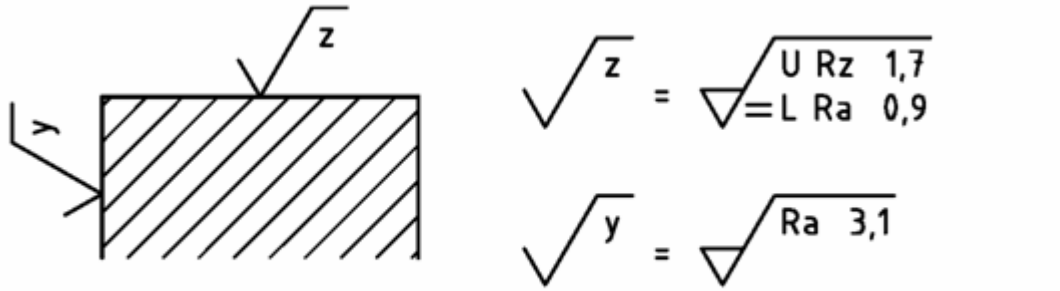
Indicação simplificada – Maioria de superfícies com o mesmo estado de superfície requerido

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Posição em desenhos** e noutra documentação técnica de produtos (cont.):



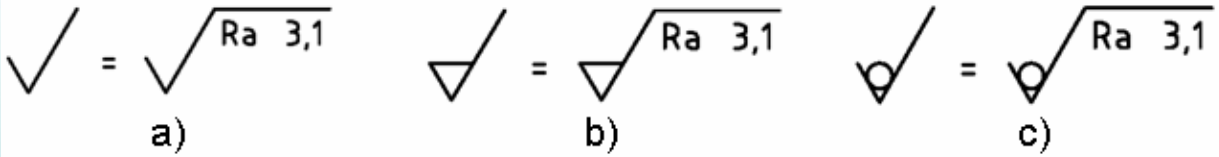
Indicação simplificada – Maioria de superfícies com o mesmo estado de superfície requerido



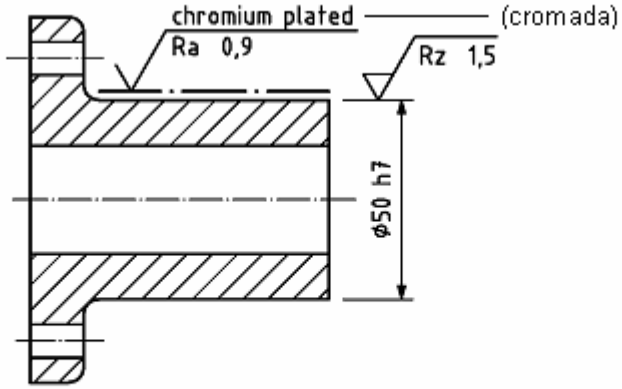
Indicação de referência no caso de espaço limitado no desenho

Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- Os símbolos gráficos de base e prolongados podem ser utilizados na superfície apropriada, sendo o seu significado dado no desenho:



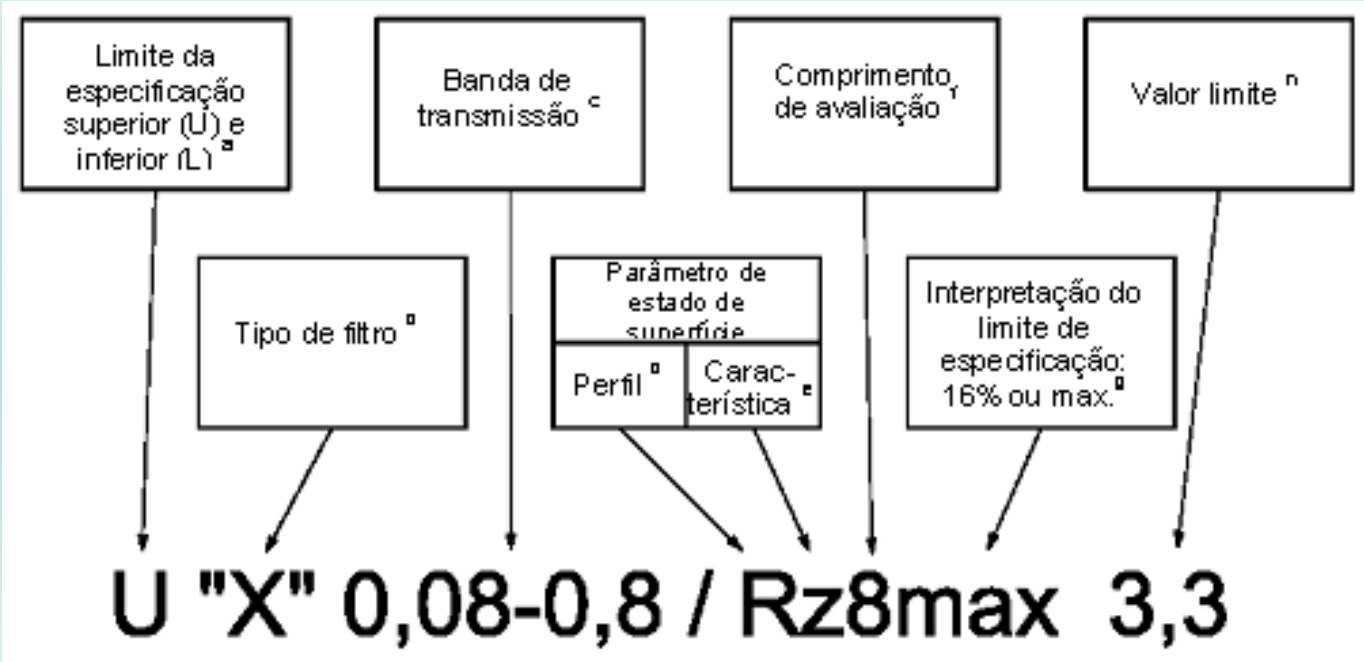
Indicação simplificada de requisitos de estados de superfície: a) processo de fabricação não especificado; b) remoção de material requerida; c) remoção de material não permitida



Indicação de requisito de estado de superfície antes e depois de tratamento (neste caso, revestimento) com utilização de uma **linha a traço longo-ponto grosso**

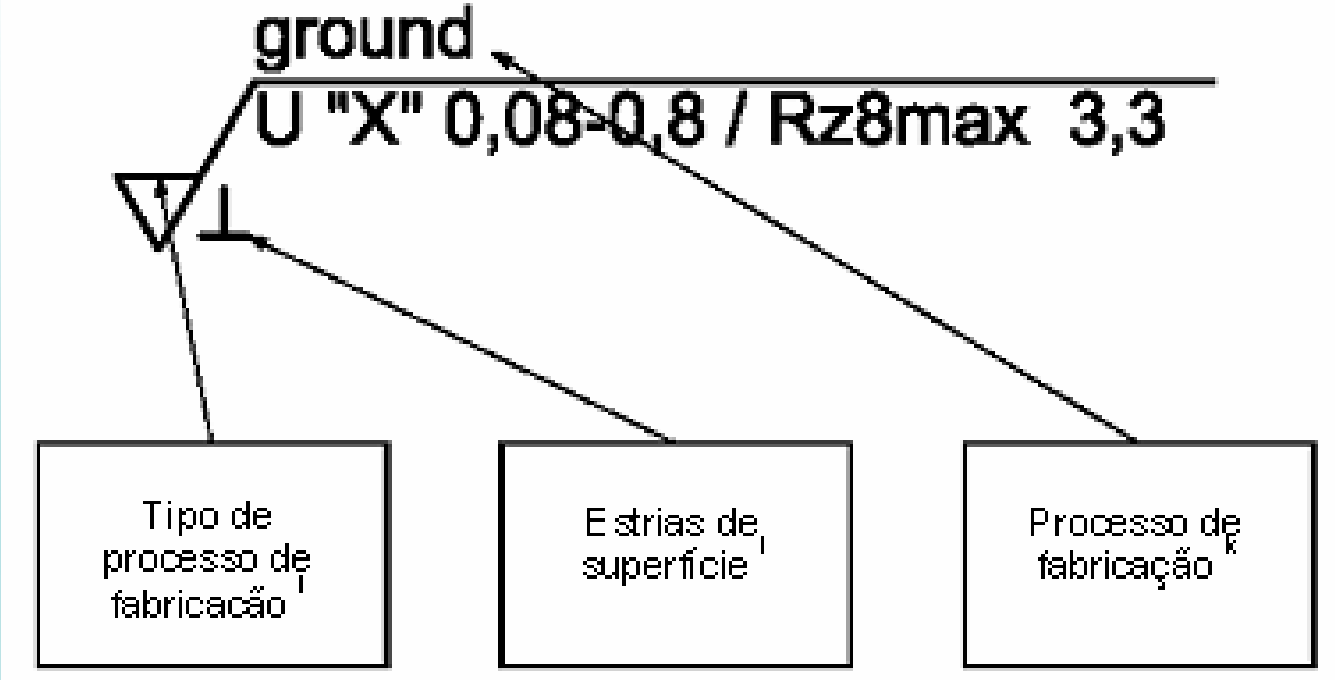
Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicações mínimas para um controlo não ambíguo de funções da superfície**:
  - Um requisito de estado de superfície é **construído a partir de vários elementos de controlo diferentes**, que podem ser parte da indicação no desenho ou da indicação em texto, noutros documentos. Os elementos são os seguintes:



Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicações mínimas para um controlo não ambíguo de funções da superfície** (cont.):



Generalidades sobre a indicação dos estados de superfície

- **Indicações mínimas para um controlo não ambíguo de funções da superfície** (cont.):

a) Indicação do limite de especificação superior (U) e inferior (L).
b) Filtro tipo "X". O filtro normalizado é o filtro Gaussiano (ISO 11562). O filtro normalizado anterior era o filtro 2RC. No futuro, outros filtros podem ser normalizados. No período de transição, pode ser conveniente para algumas empresas indicar o tipo de filtro nos desenhos. O tipo de filtro pode ser indicado como "Gaussiano" ou"2RC". Isso não é normalizado, mas uma indicação do nome do filtro como a aqui proposta é não ambígua.
c) A banda de transmissão é indicada como filtro de onda-curta e/ou de onda-longa.
d) Perfil (*R*, *W* ou *P*).
e) Característica/parâmetro.
f) Comprimento de avaliação como o número de comprimentos de base. Quando se utilizam parâmetros de motivos, o comprimento de avaliação é indicado entre duas barras oblíquas, antes dos símbolos dos parâmetros de estado de superfície.
g) Interpretação do limite de especificação ("regra dos 16%" ou "regra do máx.").
h) Valor limite em micrometros (µm).
i) Tipo do processo de fabricação.
j) Estrias da superfície.
k) Processo de fabricação.

Elementos de controlo na indicação de requisitos de estado de superfície em desenhos de engenharia

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- Existem, fundamentalmente, **três tipos de parâmetros caracterizadores da rugosidade (*R*)**:
  - **os parâmetros do perfil de rugosidade (ISO 4287)**, ligados à linha média e definidos a partir de um perfil obtido através de um processo de filtragem do perfil primário (**sistema da linha média**);
  - **os parâmetros ligados aos motivos do perfil (ISO 12085)**, sendo estes identificados através da aplicação de um algoritmo do tipo "reconhecimento de forma", no perfil primário (**sistema da linha envolvente**);
  - **os parâmetros ligados à curva da taxa do comprimento de sustentação do perfil** (ISO 13565).
- Entre os **parâmetros mais utilizados no controlo do estado de superfície das peças podem destacar-se**:

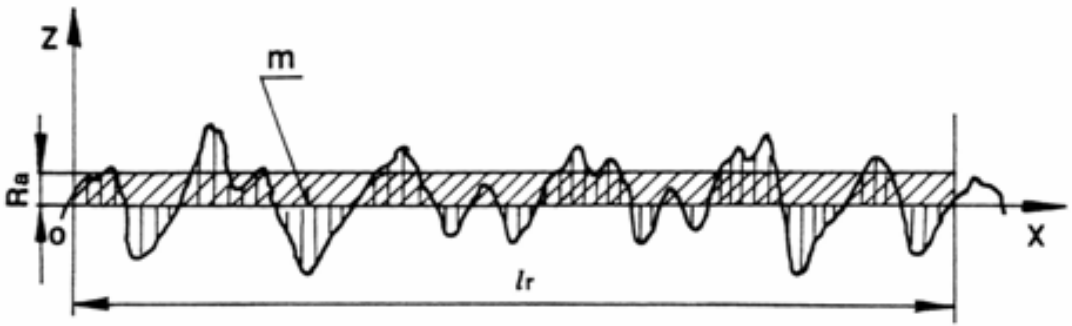
Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

a) O desvio médio aritmético do perfil de rugosidade - *Ra*

Ra, também designado por **rugosidade média aritmética**, é a **média aritmética dos valores absolutos das ordenadas *Z(x)* no interior de um comprimento de base *lr***, (ISO 4287).

$$Ra = 1 / lr \int | Z(x) | dx$$

Na prática e por omissão, **os valores de *Ra* são determinados no interior de um comprimento de avaliação *ln = 5 lr***.



Desvio médio aritmético - *Ra*

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- Por definição, ***Ra* não permite diferenciar os perfis inversos**, relativamente à linha média (eixo dos XX), e, portanto, **não fornece nenhuma informação sobre a robustez ou fragilidade de um perfil**, nem sobre a aptidão das peças para exercerem convenientemente a função para que foram projectadas.
- Este critério é relativamente **pouco sensível aos valores acidentais de amplitude máxima**, que não têm nenhuma acção funcional, e também a um pico ou vale atípico, ocultando o defeito, mas **permite diferenciar diversos perfis de rugosidade característicos**.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

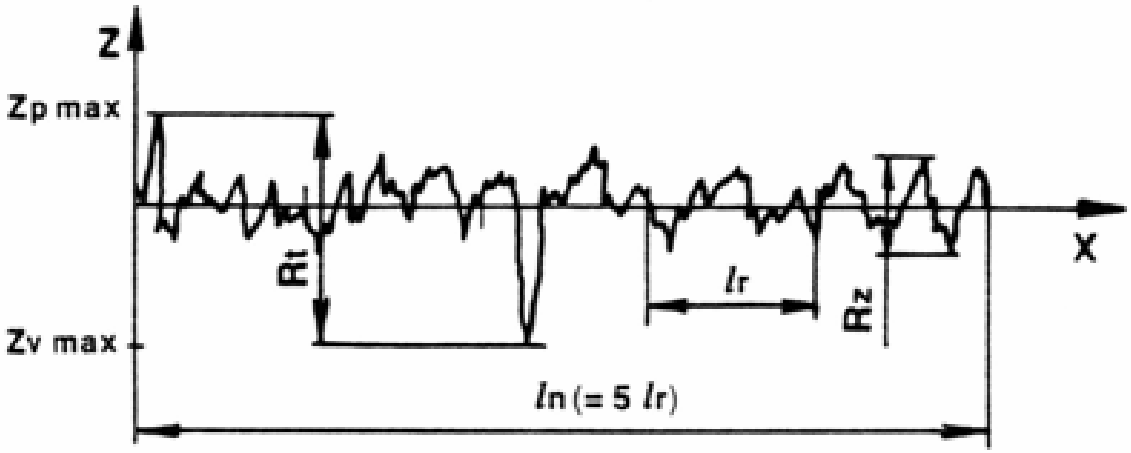
- **O parâmetro *Ra* é o mais utilizado em todo o mundo**, fundamentalmente, nos seguintes casos:
  - no **controlo de um processo produtivo onde podem ocorrer mudanças graduais no acabamento superficial**, resultantes do desgaste da ferramenta de corte;
  - em **superfícies em que o acabamento apresenta sulcos das operações de maquinar bem orientados** (torneamento, fresagem, etc.);
  - em **superfícies de pouca responsabilidade**, como no caso de acabamentos com fins estéticos.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

b) A altura total do perfil de rugosidade - *Rt*

***Rt* é a soma da maior das alturas de pico do perfil, *Zp*, com a maior das profundidades de vale do perfil, *Zv*, no interior do comprimento de avaliação**, (ISO 4287).

Rt = Zp max + Zv max



Altura total do perfil de rugosidade - *Rt*

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

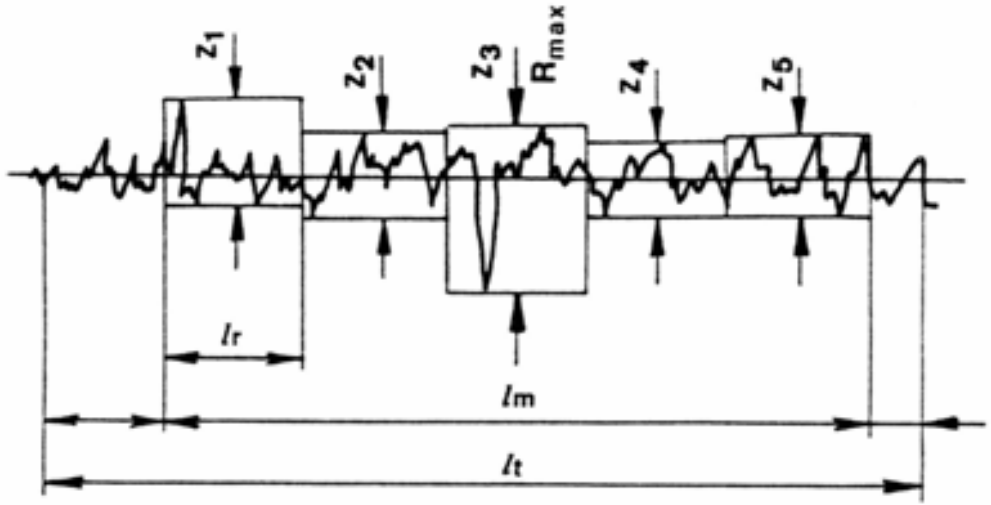
- **O parâmetro *Rt*, muito aplicado na maioria dos países e de fácil obtenção no equipamento de medição actual**, pode ser **utilizado nos seguintes casos**:
  - em **superfícies de vedação**;
  - em **superfícies de alojamento de juntas de vedação**;
  - em **superfícies sujeitas a acções dinâmicas**;
  - em **tampões**, em geral;
  - em **parafusos fortemente solicitados**;
  - em **superfícies de deslizamento**, em que o perfil efectivo é periódico.
- A norma ISO 4287 define também o **parâmetro *Rz*** (**altura máxima do perfil**) como sendo a soma de *Zp* com *Zv*, **no interior de um comprimento de base**. Logo, a relação $\boldsymbol{Rt \geq Rz}$ terá que ser sempre respeitada para qualquer perfil.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

c) A média das alturas máximas do perfil de rugosidade - *Rz*

Rz (DIN 4768) **é a média aritmética das alturas máximas do perfil *Zi*** (iguais a *Rz*, ISO 4287), **medidas em cinco comprimentos de base consecutivos**. A maior das alturas máximas de perfil *Zi*, verificada no interior do comprimento de avaliação *lm*, designa-se por *Rmax*.

$$Rz = 1 / 5 \, (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$$



Média aritmética das alturas máximas do perfil de rugosidade - *Rz* (DIN)

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- ***Rz*(DIN)** é geralmente **mais sensível às mudanças no acabamento superficial do que *Ra***, sendo **um critério útil no controlo de um processo produtivo**. Na prática, o parâmetro *Rz* (ISO 4287) acaba por ser equivalente a *Rz*(DIN) e em alguma documentação técnica **sugere-se a aplicação da seguinte relação aproximada: *Rz(ISO)* ≈ 6 *Ra***.
- O parâmetro *Rz(ISO)* ⇔ *Rz(DIN)*, de fácil obtenção em equipamentos de medição actuais, **pode ser utilizado nos seguintes casos**:
  - em **superfícies onde defeitos isolados não têm influência na função da peça a ser controlada** (ex: em superfícies de apoio e de deslizamento, em ajustamentos apertados, etc.);
  - em **superfícies onde o perfil é periódico e conhecido**.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- Este parâmetro fornece indicação sobre a deterioração vertical média das superfícies e define muito bem as superfícies, em perfis periódicos, mas não dá informações suficientes sobre as formas dos perfis e seus comprimentos de onda.

f) A taxa do comprimento de sustentação - *Rmr(c)*

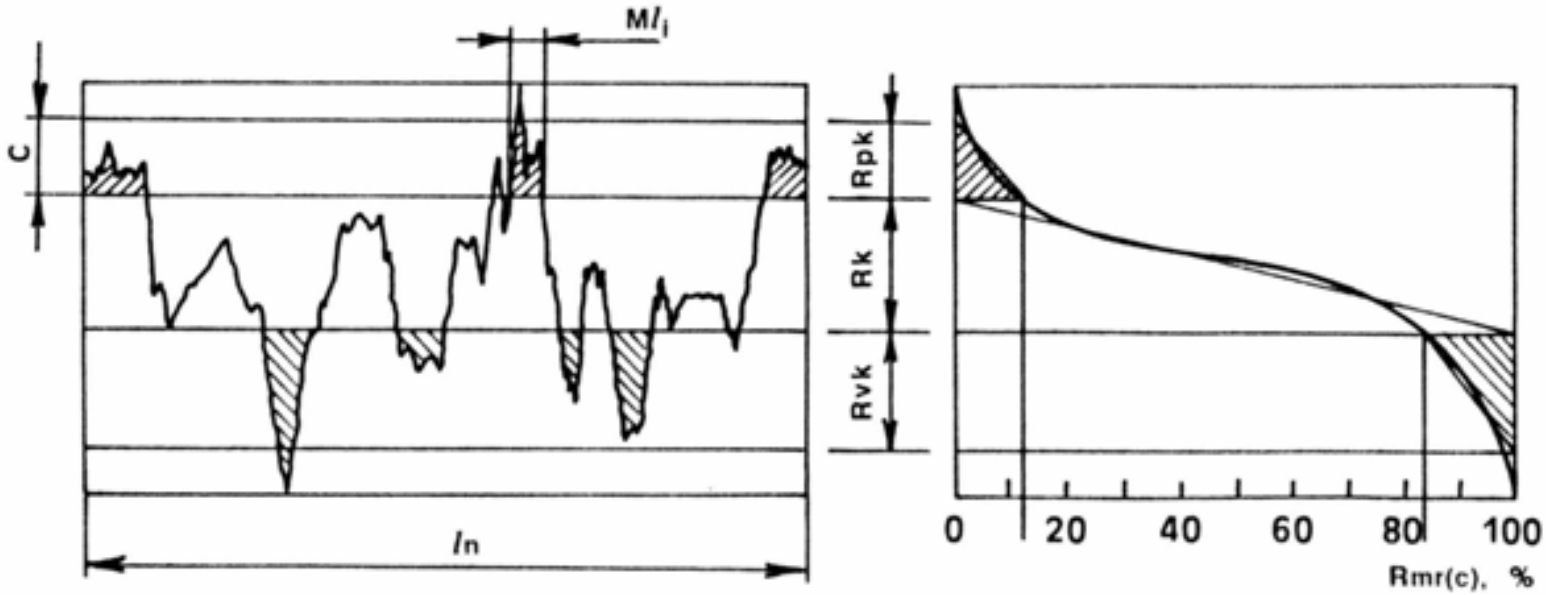
Rmr(c) **é a razão entre o comprimento de sustentação do perfil de rugosidade a um dado nível de corte c**, *Ml(c)*, **e o comprimento de avaliação**, (ISO 4287).

$$Rmr(c) = Ml(c) / ln \quad (\%)$$

O comprimento de sustentação do perfil a um nível *c*, *Ml(c)*, **é igual à soma dos comprimentos dos segmentos resultantes do corte do perfil por uma linha paralela à linha média** (eixo dos *XX*), **a um dado nível *c***:

$$Ml(c) = Ml_1 + Ml_2 + \ldots + Ml_n$$

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)



Curva da taxa do comprimento de sustentação (curva de Abbott - Firestone). Esta curva pode ser interpretada como **a função de distribuição acumulada das ordenadas *Z(x)*** no interior do comprimento de avaliação.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- **A partir da curva da taxa do comprimento de sustentação do perfil**, **pode definir-se**, também, um conjunto de **parâmetros (ISO 13565-2)** que descrevem as características funcionais da rugosidade de superfície, **relevantes em superfícies de contacto fortemente carregadas**, merecendo particular referência:
  - ***Rk*** - **profundidade do perfil reduzido** (sem os picos salientes e os vales profundos);
  - ***Rpk*** - **altura dos picos eliminados**;
  - ***Rvk*** - **profundidade dos vales eliminados**.
- **Estes parâmetros permitem descrever a configuração da curva da taxa do comprimento de sustentação**, através da subdivisão da profundidade total do **perfil em três zonas**:

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- **zona dos picos**, ligada a comportamentos iniciais em serviço, tais como rodagem e desgaste;
- **zona do perfil reduzido**, ligada com a capacidade de carga, o comportamento funcional, etc.;
- **zona dos vales**, ligada à lubrificação, à retenção de óleo, etc.

- A comparação entre curvas da taxa do comprimento de sustentação de diferentes perfis de rugosidade pode dar alguma indicação sobre como essas curvas podem ser utilizadas na estimativa da resistência relativa de uma dada superfície face a avarias. No entanto, **a informação proporcionada pelos parâmetros da curva da taxa do comprimento de sustentação não está ainda suficientemente desenvolvida para uso corrente em muitos domínios técnicos**.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- Por outro lado, **em França**, **sob o impulso da indústria automóvel** (CNOMO – Comité de Normalization des Moyens de Production), **desenvolveu-se o Sistema da linha envolvente**, englobando os parâmetros ligados aos motivos do perfil, actualmente objecto da norma ISO 12085.
- Nesta norma, **um motivo** é definido como sendo **uma porção do perfil primário compreendida entre os pontos mais elevados de dois picos locais do perfil**, consecutivos ou não.
- A identificação dos motivos, no perfil primário, é realizada através da aplicação de **um algoritmo do tipo "reconhecimento de forma"**. De entre os principais parâmetros merece destaque **a profundidade média dos motivos de rugosidade – *R***.

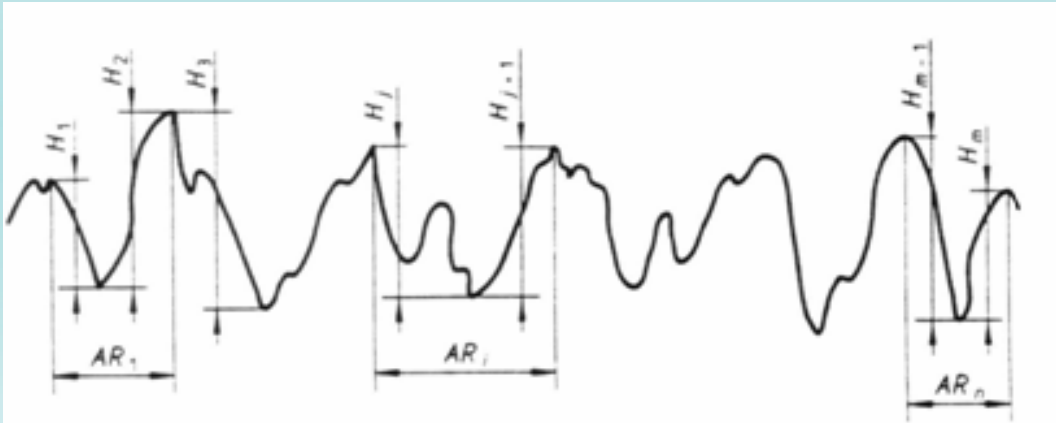
Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

g) A profundidade média dos motivos de rugosidade - *R*

R **é a média aritmética das profundidades *Hj* dos motivos de rugosidade, no interior do comprimento de avaliação**, ou seja:

$$R = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} H_j$$

em que *m* é o número de valores *Hj*. Nota: o número de valores *Hj* é o dobro do número de valores *ARi* (comprimentos dos motivos de rugosidade, *m*=2*n*).



Parâmetros de rugosidade

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- Os **parâmetros ligados aos motivos podem ser calculados graficamente traçando a linha envolvente superior e a linha envolvente inferior**, não indo aos vales com passo inferior a 500 µm. O parâmetro *R* representa a distância média entre as duas linhas envolventes do perfil.

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- **Parâmetros do estado de superfície (ISO 4287: 1997):**

Parâmetros	Ed. 1997	Determinado no	
		Comprimento de avaliação *ln*	Comprimento de base [1]
Altura máxima de pico do perfil Maximum profile peak height Hauteur maximale de saillie du profil	***Rp*** [2]		X
Profundidade máxima de vale do perfil Maximum profile valley depth Profondeur maximale de creux du profil	*Rv* [2]		X
Altura máxima do perfil Maximum height of the profile Hauteur maximale de profil	***Rz*** [2]		X
Altura média dos elementos do perfil Mean heigth of the profile Hauteur moyenne des éléments du profil	*Rc* [2]		X
Altura total do perfil Total heigth of the profile Hauteur total du profil	***Rt*** [2]	X	
Desvio médio aritmético do perfil avaliado Arthmetical mean deviation of the assessed profile Écart moyen arithmétique du profil évalué	***Ra*** [2]		X
Desvio médio quadrático do perfil avaliado Root mean aquare deviation of the assessed profile Écart moyen quadratique du profil évalué	***Rq*** [2]		X

Parâmetros caracterizadores do estado de superfície (rugosidade)

- **Parâmetros do estado de superfície (ISO 4287: 1997) (cont.):**

Factor de assimetria do perfil avaliado Skewness of the assessed profil Facteur d' asymétrie du profil évalué	*Rsk* [2]		X
Kurtose do perfil avaliado Kurtosis of the assessed profil Facteur d' aplatissement du profil évalué	*Rku* [2]		X
Largura média dos elementos do perfil Mean width of the profile elements Largeur moyenne des éléments du profil	*RSm* [2]		X
Inclinação média quadrática do perfil avaliado Root mean square slope of the assessed profile Pente quadratique moyenne du profil évalué	*RΔq* [2]		X
Taxa do comprimento de sustentação Material ratio of the profil Taux de longeur portante	***Rmr*(c)** [2]	X	
Diferença da altura de corte do perfil Profile section heigth difference Différence de hauteur de coupe du profil	*R&c* [2]	X	
Taxa do comprimento de sustentação relativa Relative material ratio Taux de longeur portante relatif	*Rmr* [2]	X	
Altura sobre dez pontos (*Rz*) Ten point heigth (suprimido como parâmetro ISO) Hauteur sur dix point	---		X

[1] Este comprimento de base é *lr*, *lw* e *lp*, respectivamente, para os parâmetros *R*-, *W*- e *P*-; *lp* é igual a *ln*.

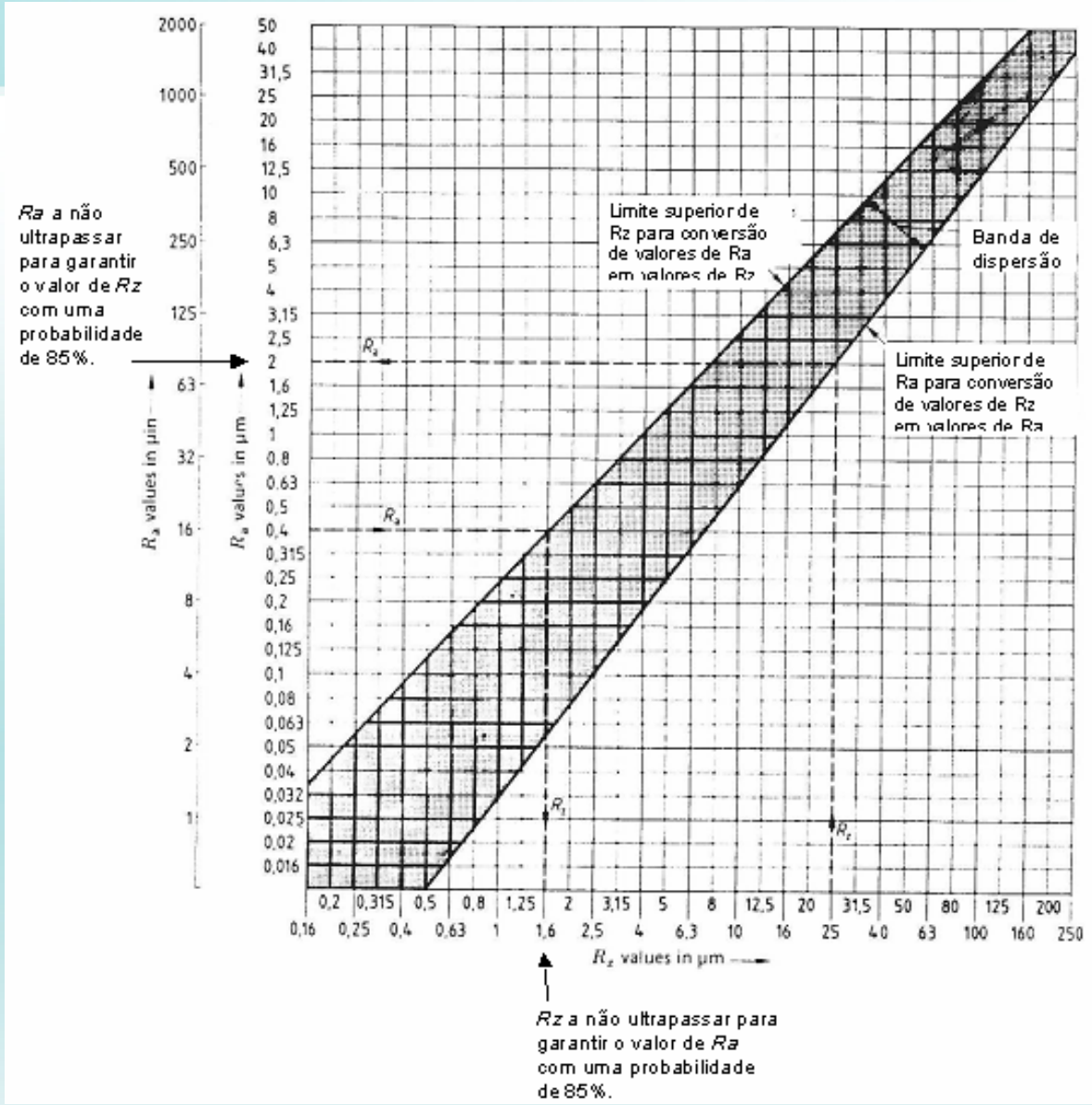
[2] Parâmetros definidos para três perfis: perfil primário, perfil de ondulação e perfil de rugosidade. Apenas o parâmetro do perfil de rugosidade está indicado na tabela. Como exemplo, os três parâmetros são escritos *Pa* (perfil primário), *Wa* (perfil de ondulação) e *Ra* (perfil de rugosidade).

Relações práticas entre diferentes parâmetros de rugosidade

- Quando não for possível **utilizar os parâmetros indicados** no desenho, deverá, excepcionalmente, ser negociada com os serviços competentes, caso a caso, a **utilização de outros parâmetros alternativos**.
- Não existem bases teóricas nem resultados empíricos que sustentem quaisquer relações exactas entre a generalidade dos diferentes parâmetros, podendo encontrar-se, na literatura da especialidade, **algumas relações práticas**.

Relações práticas entre diferentes parâmetros de rugosidade

- **Conversão do parâmetro *Rz* em *Ra* e vice-versa:**



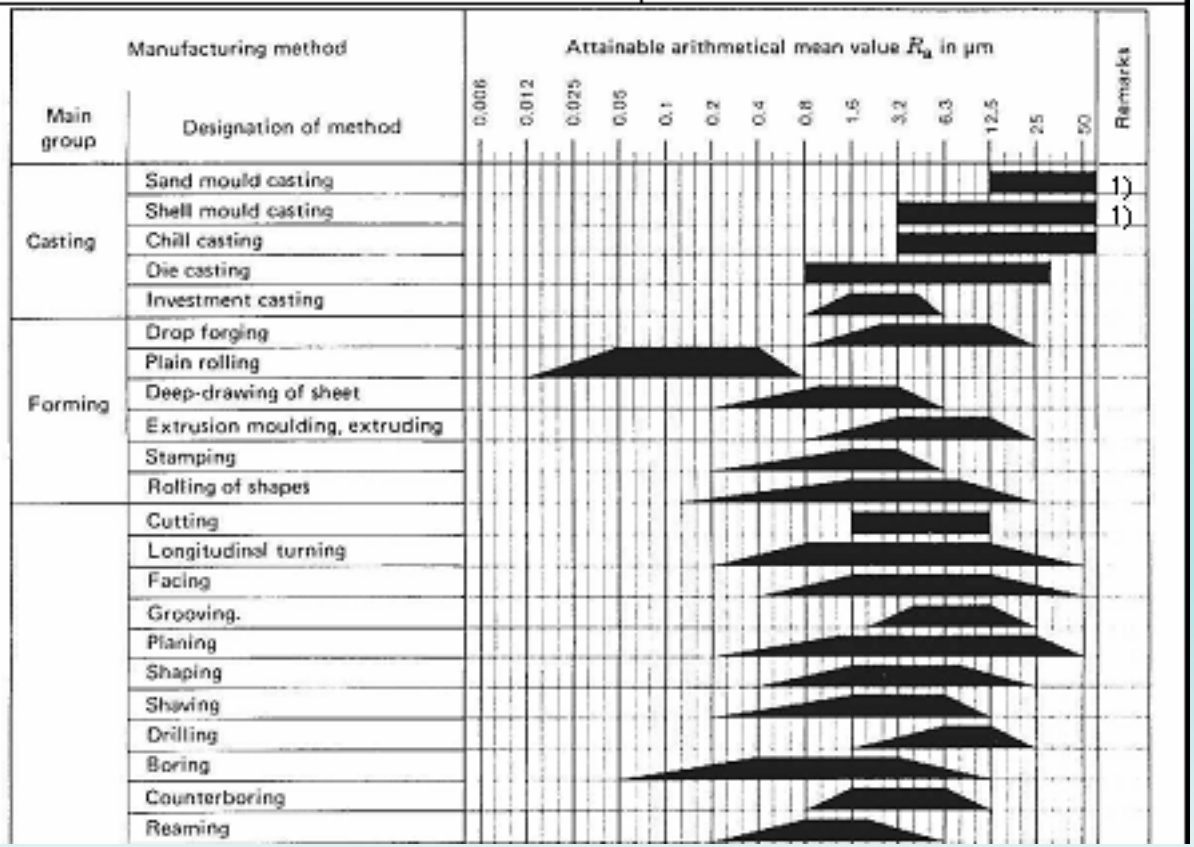
Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- A **selecção dos valores dos parâmetros caracterizadores da rugosidade baseia-se, fundamentalmente, na experiência** anterior **e em indicações existentes na literatura** da especialidade.
- **A especificação dos valores a atribuir aos diferentes parâmetros da rugosidade das superfícies pode fazer-se tendo em conta**:
  - A rugosidade das superfícies associada aos diferentes tipos de **métodos de fabricação** utilizados na sua obtenção.
  - A **relação entre os valores de rugosidade e a função das superfícies**.
  - Os **valores de rugosidade considerados adequados para diferentes tipos de aplicações correntes**.
  - As **relações práticas existentes entre valores de diferentes parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais**.

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Rugosidade média aritmética associada com diferentes tipos de métodos de fabricação:**

Métodos de fabricação	**Valores possíveis de rugosidade média aritmética *Ra***	DIN 4766: 1981 Parte 2
Designação do método		

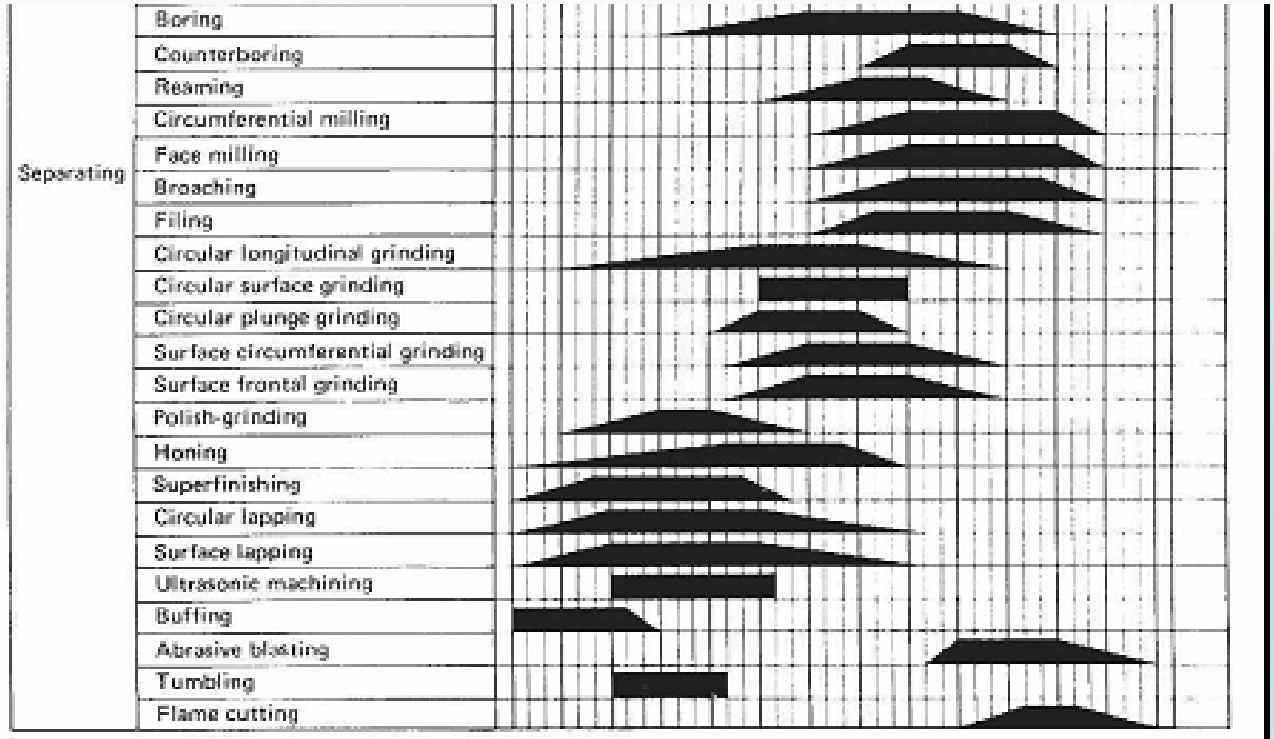


Designação do método
Fundição em areia
Fundição em carapaça
Fundição em coquilha
Fundição injectada
Fundição em cera perdida
Forjamento c/ matriz
Laminagem de chapas
Embutidura profunda
Extrusão dir./inv. - extrusão
Estampagem
Laminagem de perfis
Corte
Torneamento - cilíndrico
Torneamento - facejar
Torneamento - ranhurar
Aplainamento c/ plaina mecânica
Aplainamento c/ limador
Acabamento shaving p/ engrenagens
Furagem
Mandrilagem
Escariar / rebaixar
Alargamento de furos (c/ mandril)

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Rugosidade média aritmética associada com diferentes tipos de métodos de fabricação (cont.):**

Mandrilagem		
Escariar / rebaixar		
Alargamento de furos (c/ mandril)		
Fresagem cilíndrica		
Fresagem frontal		
Brochagem		
Limagem		
Rectificação cilíndrica	mov. de rotação da peça	
Rectificação de face		
Rectificação mergulhante		
Rectificação tangencial	de superfícies planas	
Rectificação frontal		
Polimento		
Rectificação de cilindros		
Superacabamento		
Rodagem cilíndrica		
Rodagem plana		
Ultra-sons		
Lapidagem		
Granalhagem		
Rebarbagem por vibrador		
Oxicorte		

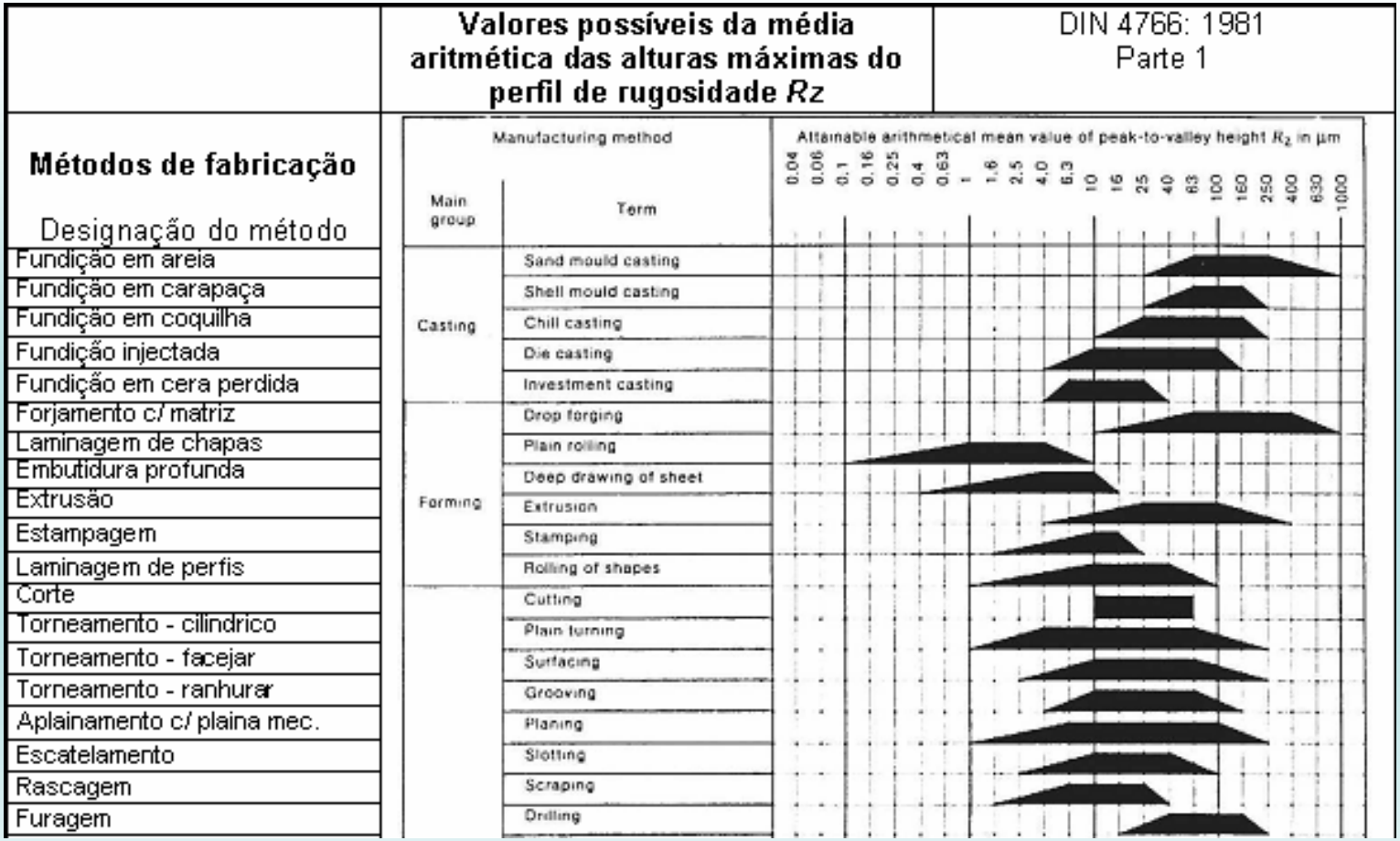


1) c/ este método de fundição podem ser esperados valores de Ra até 125 µm, no caso de peças com uma massa unitária até 250 kg.

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Média aritmética das alturas máximas do perfil de rugosidade associada com diferentes tipos de métodos de fabricação:**

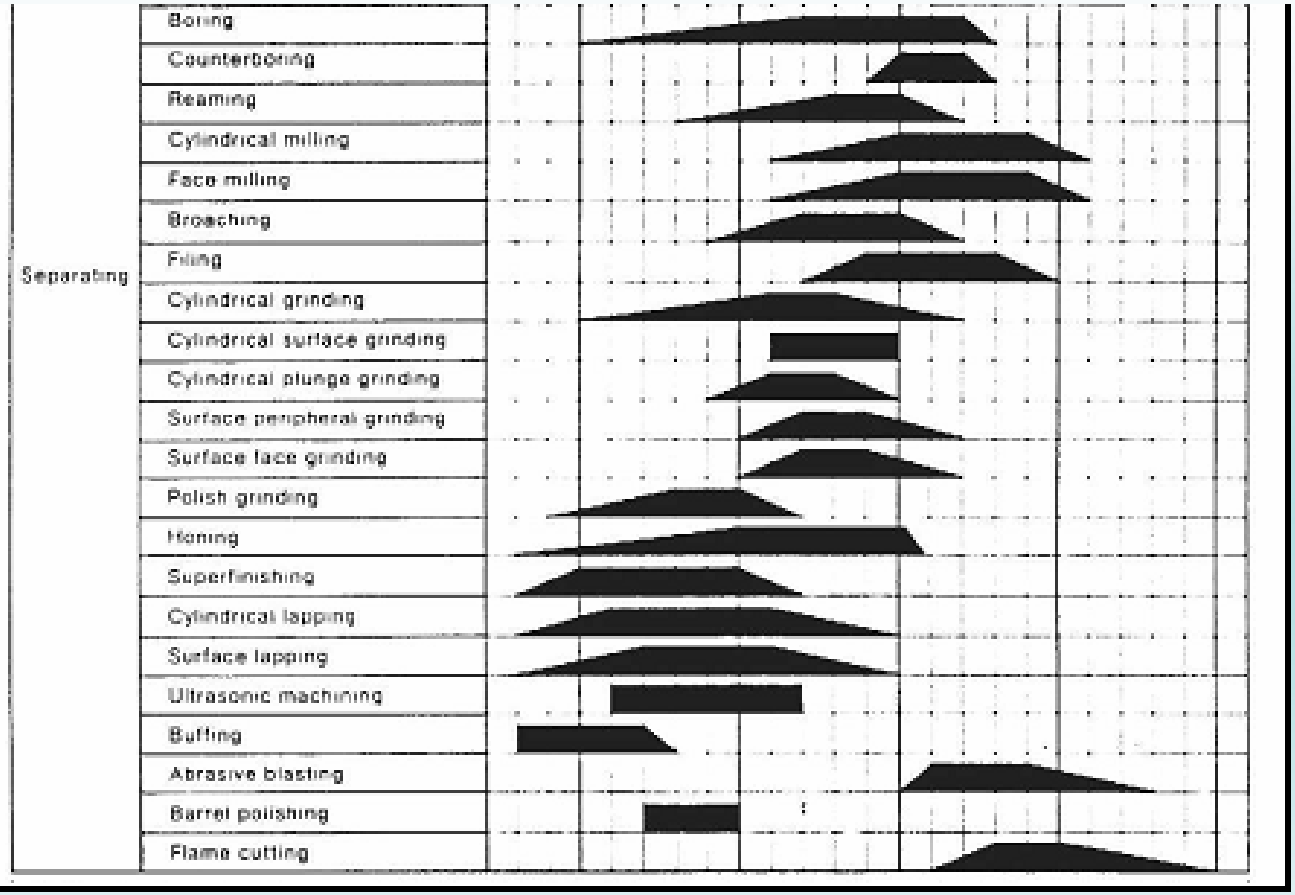
	Valores possíveis da média aritmética das alturas máximas do perfil de rugosidade *Rz*	DIN 4766: 1981 Parte 1



Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Média aritmética das alturas máximas do perfil de rugosidade associada com diferentes tipos de métodos de fabricação (cont.):**

Mandrilagem	
Escariar / rebaixar	
Alargamento de furos (c/ mandril)	
Fresagem cilíndrica	
Fresagem frontal	
Brochagem	
Limagem	
Rectificação cilíndrica	mov. de rotação da peça
Rectificação de face	mov. de rotação da peça
Rectificação mergulhante	mov. de rotação da peça
Rectificação tangencial	de superfícies planas
Rectificação frontal	de superfícies planas
Polimento	
Rectificação de cilindros	
Superacabamento	
Rodagem cilíndrica	
Rodagem plana	
Ultra-sons	
Lapidagem	
Granalhagem	
Rebarbagem por vibrador	
Oxicorte	

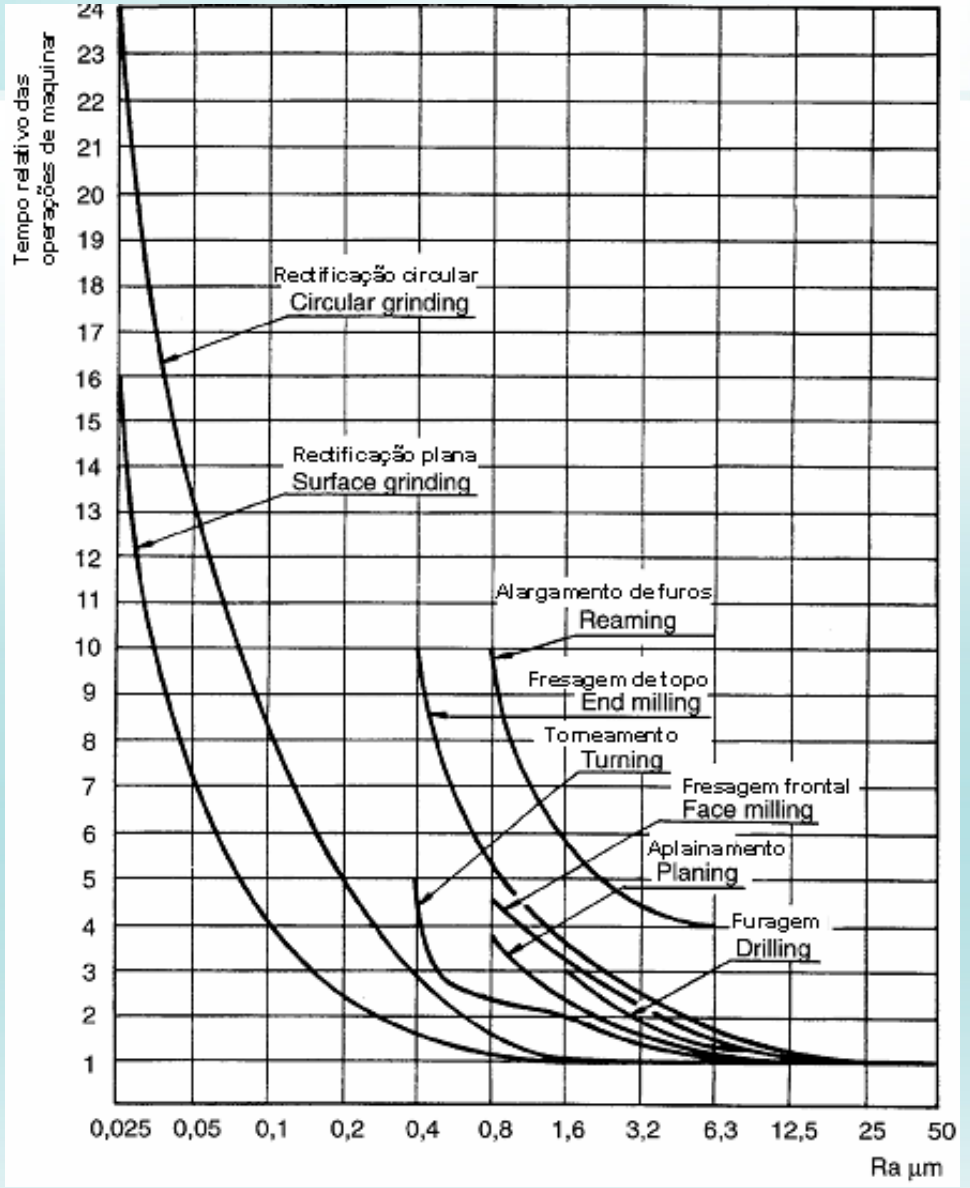


Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Um mesmo grau de acabamento** pode ser obtido através de diferentes métodos de fabricação e cada **método de fabricação** permite obter vários graus de acabamento.
- Logo, a obtenção de uma dada rugosidade não deve estar vinculada a um determinado método de fabricação. Estabelecida a função da superfície, através das especificações inscritas no desenho, o **departamento de métodos de fabrico da empresa** deve ter condições para **escolher o método mais adequado, face aos meios de produção disponíveis**.

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Relação entre tempos relativos de operações de maquinar para a obtenção de diferentes valores de *Ra* (SAAB STD 28):**



Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Relação entre os valores de rugosidade e a função das superfícies:**

Super-fície		Funções aplicadas à superfície		Exemplos de aplicação [1]			
		Designações	Símbolo	Condições normais	*Ra*	Condições difíceis	*Ra*
Duas peças em contacto	com deslocamento relativo	Escorregamento (lubrificado)	**FG**	Chumaceiras – moentes de veios	0,8 1,6	Corrediça de máq.-ferramenta	0,4 0,8
		Atrito seco	**FS**				
		Rolamento	**FR**	Corpos rolantes	0,2 0,4	Caminho de rolamento de esferas	0,05 0,1
		Resistência ao encalque	**RM**	Cames de tornos automáticos	0,1 0,4	Extremidades de impulsores	0,05 0,1
		Atrito fluído	**FF**	Condutas de alimentação	0,8 6,3	Difusores (gicleurs) injectores	0,2
		Vedação dinâmica com junta / sem junta	**ED**	Superfícies para juntas toroidais ("O" rings)	0,4 0,8	Superfícies para juntas com lábios	0,3 0,4
	sem deslocamento	Vedação estática com junta / sem junta	**ES**	Superfícies de vedação com junta plana	0,8 1,6	Superfícies de vedação polidas sem junta	0,05 0,1
		Ligação fixa (tensões fracas)	**AF**	Suportes e centragens de peças fixas desmontáveis	1,6 3,2	Suportes e centragens com exactidão	0,8 1,6
		Ligação sem deslocamento, com tensões	**AC**	Alojamentos de chumaceiras	0,8 1,6	Alojamentos de rolamentos	0,4 0,8
		Aderência (colagem)	**AD**	Construções coladas	1,6 a 3,2		

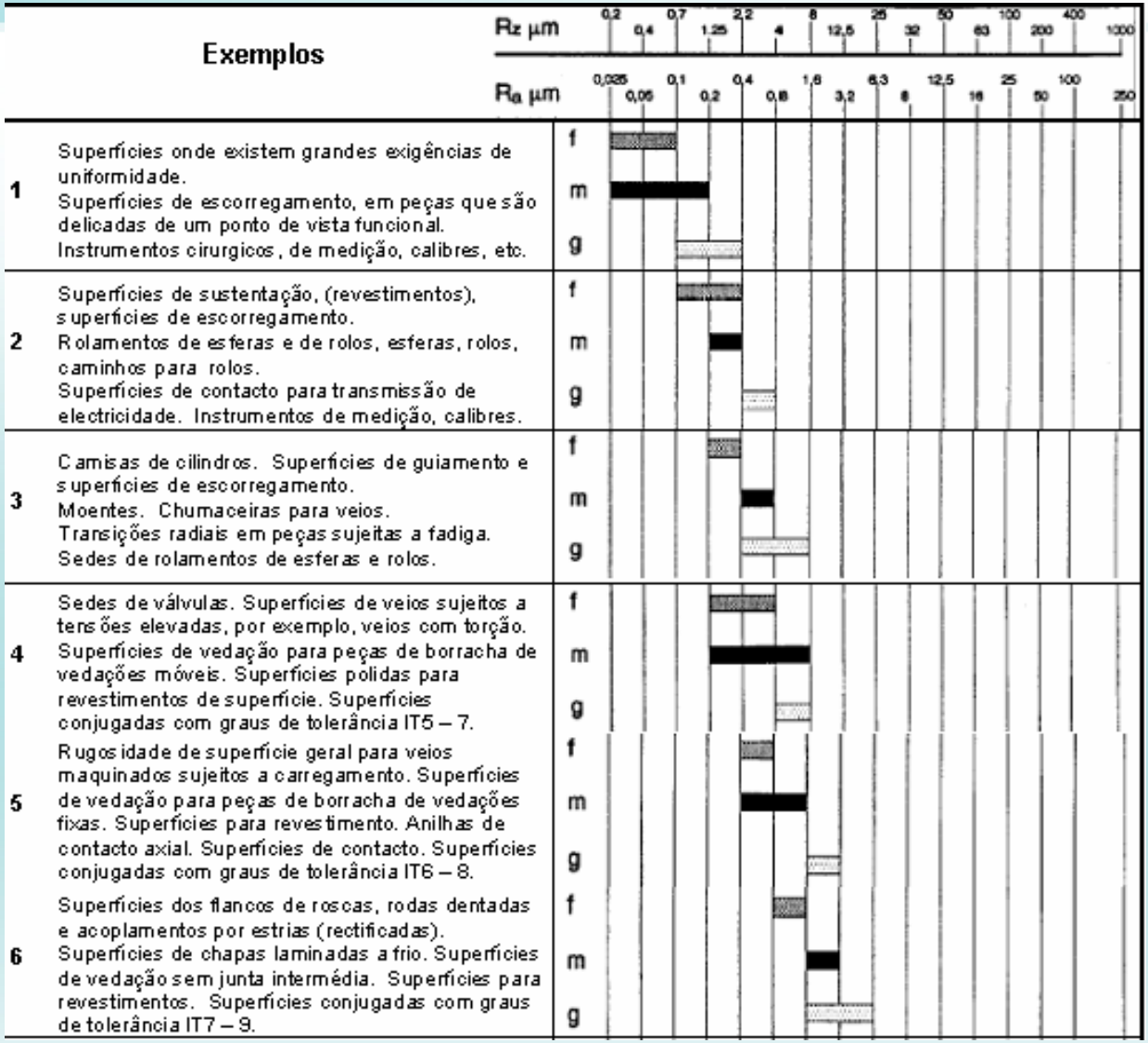
Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Relação entre os valores de rugosidade e a função das superfícies (cont.):**

Superfície independente	c/ tensões	Ferramentas de corte (superfície de corte)	**OC**	Ferramentas de aço rápido	0,4	Ferramentas de carboneto duro	0,2
		Tensões de fadiga	**EA**	Furos de forquilhas de cilindros	1,6	Barras de torção	0,8
	sem tensões	Resistência à corrosão	**RC**				
		Revestimento (pintura)	**RE**	Carroçarias de automóveis	≥ 3,2		
		Revestimento electrolítico	**DE**	Indicar a rugosidade exigida pela função, após deposição	0,1 a 3,2		
		Medições	**ME**	Faces de calibres de oficina	0,1		
		Aparência (aspecto)	**AS**				
	[1] Valores de *Ra* dados a título indicativo.						

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

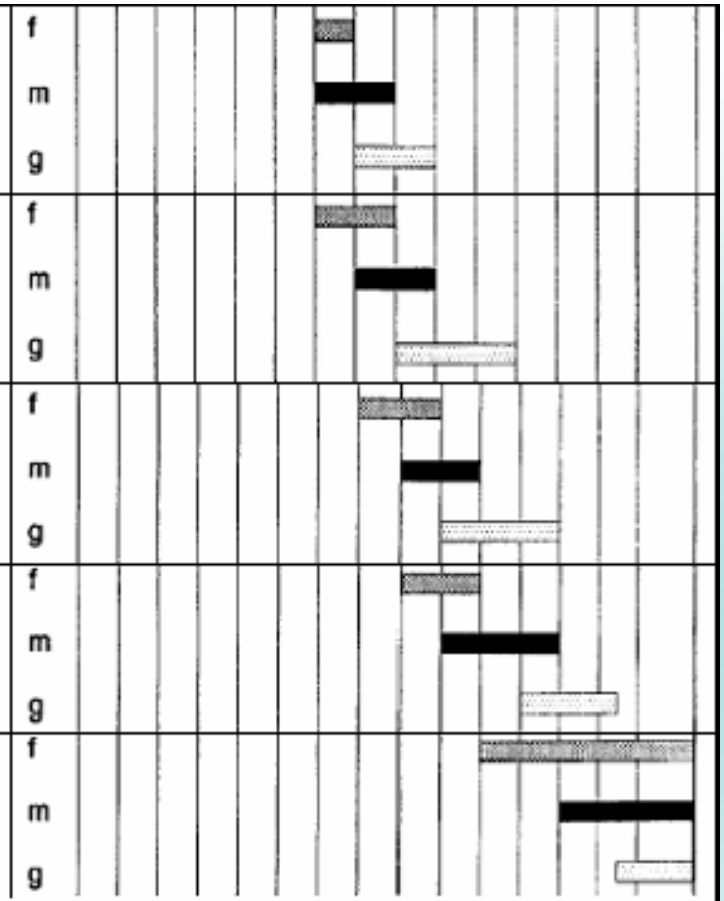
- **Valores de referência (SAAB) para a escolha dos parâmetros *Ra* e *Rz*:**



Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Valores de referência (SAAB) para a escolha dos parâmetros *Ra* e *Rz* (cont.):**

7	Superfícies dos flancos de roscas, rodas dentadas e acoplamentos por estrias (fresadas ou alargadas). Superfícies de vedação com junta intermédia. Escatéis. Superfícies de apoio (gornes) de correias em polias. Superfícies conjugadas com graus de tolerância IT8 – 10.	f m g
8	Superfícies de contacto. Escatéis. Superfícies livres. Orelhas de guiamento. Superfícies onde o aspecto é importante mas que não têm uma função particular. Superfícies conjugadas com graus de tolerância IT9 – 13.	f m g
9	Superfícies separadas. Furos resultantes de furagem. Zonas desafogadas (ranhuras livres) que não estão sujeitas a fadiga. Superfícies extremas sem uma função particular. Superfícies com graus de tolerância IT10 ou piores.	f m g
10	Outras superfícies sem qualquer função particular.	f m g
11	Superfícies torneadas grosseiras em peças em bruto, etc.	f m g



f = classe fina para fabricação com exactidão e engenharia fina.
m = classe média para concepções de mecânica geral.
g = classe grosseira para concepções com menos qualidade.

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Valores de rugosidade média aritmética (*Ra*) para diferentes tipos de aplicações:**

RUGOSIDADE *Ra* (µm)	**APLICAÇÕES (a título indicativo)** Valores recomendados da série Renard R' 10/3
0,025	Faces de medição de micrómetros Espelhos Faces de medição de blocos-padrão. Blocos de apoio de exactidão
0,05	Faces de calibres de oficina. Planos de apoio para comparadores Injectores de combustível
(0,08) **0,1 (▽▽▽▽)** (símbolo antigo)	Faces de calibradores de cursor Eixos de articulação Ferramentas de exactidão Chumaceiras (casquilhos) superacabadas Acoplamentos estanques a alta pressão, em movimento altemado Superfícies acopladas de peças, com movimento alternado, de retenção de líquido sob pressão Superfícies de retenção polidas, sem junta
(0,125) (0,16) **0,2**	Suportes bipartidos de veios e árvores de cames. Superfícies de cames Mancal de biela Haste de válvula Cilindros de bombas hidráulicas. Cilindros hidráulicos Chumaceiras (casquilhos) polidas. Alojamentos da chumaceiras de alta velocidade Veios de turbinas Acoplamentos estanques, com movimentação manual Guias de máquinas de máquinas-ferramenta Mancais (suportes) de veios de rotores de turbinas, de redutores, etc.

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Valores de rugosidade média aritmética (*Ra*) para diferentes tipos de aplicações (cont.):**

(0,25) (0,32) **0,4**	Veios estriados Chumaceiras de veios motores Superfície externa de pistões Superfícies internas de cilindros de motores Veios de grandes máquinas eléctricas Acoplamentos apertados Sedes de válvulas. Superfícies de fecho e obturadores de válvulas, etc. Faces de medição de exteriores de paquímetros Mancais bipartidos de veios Chumaceiras de metal branco (liga de estanho, antimónio e cobre c/ zinco ou chumbo) Superfícies de peças deslizantes, tais como patins e respectivas guias
(0,5) (0,63) **0,8 (▽▽▽)**	Tambores de freios Furos polidos. Peças de exactidão Chumaceiras (casquilhos) de bronze e casquilhos rectificados Dentes de engrenagens Superfícies de retenção de flanges sem juntas Mancais bipartidos de veios Casquilhos em metal branco (liga de estanho, antimónio e cobre c/ zinco ou chumbo) Superfícies de peças deslizantes, tais como patins e respectivas guias
(1,0) (1,25) **1,6**	Faces de referência de rodas dentadas Veios e furos de rodas dentadas Cabeças de cilindros Superfícies em contacto de caixas de engrenagens em ferro fundido Faces de pistões Superfícies de retenção de flange com juntas
(2,0) (2,5) **3,2 (▽▽)**	Veios e casquilhos para transmissões manuais Superfícies de acoplamento de peças fixas desmontáveis (flanges de uniões, batentes de centragem, etc.)
(4,0) (5,0) **6,3**	Superfícies de retenção de flanges, com juntas comuns Faces de montagem do corpo de uma caixa de engrenagens
8,0) (10,0) **12,5 (▽)**	Superfícies de ligação de flanges de tubagens com junta macia
(...) - Valores recomendados de segunda escolha (série Renard R' 10)	

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Até 1992**, os **valores do parâmetro *Ra* eram escolhidos a partir da série de valores da série Renard R' 10/3**.
- Nos desenhos antigos, a rugosidade *Ra* podia também ser indicada pelos números dos graus de rugosidade.
- A utilização desta progressão geométrica de razão 2 era justificada pelo facto de, com a **utilização dos padrões de rugosidade**, mesmo o pessoal do controlo mais experiente **só conseguir distinguir claramente duas rugosidades diferentes, se uma delas tivesse um valor que fosse o dobro ou metade do valor da outra**.

Comparação entre o desvio médio aritmético (*Ra*) e os números dos graus de rugosidade

N 12	N 11	N 10	N 9	N 8	N 7	N 6	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1	
50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	µm

Critérios para a especificação de valores para os parâmetros de rugosidade

- **Com a utilização de rugosímetros passou a ser possível verificar a especificação de qualquer valor numérico para os diferentes parâmetros de rugosidade**, embora seja corrente recorrer-se aos valores, recomendados para os parâmetros de rugosidade (em μm), constantes da série Renard R' 10.

Símbolos de rugosidade utilizados em desenhos antigos

Conversão dos antigos símbolos de rugosidade em valores de *Ra* e *Rz*

Símbolos de superfície	∇				∇∇				∇∇∇				∇∇∇∇			
Séries	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Rz em μm	160	100	63	25	40	25	16	10	16	6,3	4	2,5	-	1	1	0,4
Ra em μm	25	12,5	6,3	3,2	6,3	3,2	1,6	1,6	1,6	0,8	0,4	0,2	-	0,1	0,1	0,025
Grau de rugosidade	N11	N10	N9	N8	N9	N8	N7	N7	N7	N6	N5	N4	-	N3	N3	N1

O **documento I-976** propunha uma correspondência dos símbolos baseada na série 2 do quadro 15, com a utilização do símbolo ~ para valores de *Ra* ≥ 25 μm e uma ausência de qualquer símbolo para valores de *Ra* ≥ 50 μm.

Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais

- **A representação do estado de acabamento das superfícies não fornece qualquer indicação sobre a qualidade (grau de tolerância) das dimensões das peças**.
- No entanto, **é evidente que uma qualidade dimensional elevada não se pode conciliar com superfícies grosseiramente trabalhadas**.
- Existem várias **relações práticas** que **relacionam as rugosidades adequadas com as tolerâncias dimensionais especificadas**.
- A aplicação rígida de uma dessas relações pode conduzir à exigência de estados de superfície que não são indispensáveis ao bom comportamento mecânico ou à duração de vida das peças em serviço, o que, não sendo necessário, aumenta inutilmente o preço das peças.

Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais

Ra ≈ IT / 30 (AFPA – Memento des conventions de Dessin en Mecanique, 1976)

Valores máximos de *Ra* compatíveis com as tolerâncias ISO, na falta de prescrições particulares (*Ra* ≈ IT / 30).

VALORES DE RUGOSIDADE MÁXIMA Ra COMPATÍVEIS COM AS TOLERÂNCIAS ISO (μ m)										
Tolerâncias ISO	Grupos de dimensões (mm)									
	≤ 3		> 3 ≤ 18		> 18 ≤ 80		> 8 ≤ 250		> 250	
	Tol.	Ra	Tol.	Ra	Tol.	Ra	Tol.	Ra	Tol.	Ra
IT 6	6	0,2	8 ÷ 11	0,3	13 ÷ 19	0,5	22 ÷ 29	0,8	32 ÷ 40	1,2
IT 7	10	0,3	12 ÷ 18	0,5	21 ÷ 30	0,8	35 ÷ 46	1,2	52 ÷ 63	2
IT 8	14	0,5	18 ÷ 27	0,8	33 ÷ 46	1,2	54 ÷ 72	2	81 ÷ 97	3
IT 9	25	0,8	30 ÷ 43	1,2	52 ÷ 74	2	87 ÷ 115	3	130 ÷ 155	5
IT 10	40	1,2	48 ÷ 70	2	84 ÷ 120	3	140 ÷ 185	5	210 ÷ 250	8
IT 11	60	2	75 ÷ 110	3	130 ÷ 190	5	220 ÷ 290	8	320 ÷ 400	12
IT 12	100	3	120 ÷ 180	5	210 ÷ 300	8	350 ÷ 460	12	520 ÷ 630	20
IT 13	140	5	180 ÷ 270	8	330 ÷ 460	12	540 ÷ 720	20	810 ÷ 970	—
IT 14	250	8	300 ÷ 430	12	520 ÷ 740	20	870 ÷ 1150	—	1300 ÷ 1550	—

Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais

Selecção de valores máximos de *Ra* e *Rz* compatíveis com as tolerâncias ISO, na falta de prescrições particulares.

Nominal size in mm	1 -6		6 -10		10 -18		18 -80		80 -250		250 -500	
ISO-Accuracy class	Recommended R_a and $R_{z(DIN)}$ values µm											
	R_a	R_z	R_a	Rz	R_a	Rz	R_a	Rz	R_a	Rz	R_a	Rz
5	0.4	2.5	0.4	2.5	0.8	4	0.8	4	0.8	6.3	0.8	6.3
6	0.8	4	0.8	4	0.8	4	0.8	6.3	1.6	10	1.6	10
7	0.8	6,3	0.8	6.3	0.8	6.3	1.6	10	1.6	16	1.6	16
8	1.6	6.3	1.6	10	1.6	10	3.2	16	3.2	25	3.2	25
9	1.6	10	3.2	16	3.2	16	3.2	16	3.2	25	6.3	40
10	3.2	16	6.3	25	6.3	25	6.3	40	6.3	40	12.5	63
11	6.3	25	12.5	40	12.5	40	12.5	63	12.5	63	25	100

$IT / 20 \leq Ra \leq IT / 8$ (L. MUMMERY – Surface Texture Analysis. The Handbook. 1990, p. 94)

$Rz(DIN) < IT / 2$

Relações práticas entre parâmetros de rugosidade e as tolerâncias dimensionais

Valores máximos de *Ra* (μm) recomendados para as superfícies de contacto, em função das dimensões e da qualidade dimensional (CETIM – Informations, nº 60, p. 54).

Diamètre nominal Ø (mm)	Qualité ISO				
	5-6 (*)	6-7 (*)	7-8 (*)	8-9 (*)	9-10 (*)
1-3	0,20-0,32	0,32-0,63	0,50-0,80	0,63-1,00	1,25-2,00
3-6	0,25-0.40	0,40-0.63	0.63-1,00	0,80-1,25	1,6 -2,5
6-10	0,32-0,50	0.50-0,80	0.80-1,25	1,00-1,0	2,0 -3,2
10-18	0,40-0,63	0,63-1,00	1,00-1,60	1,25-2,0	2,5 -4,0
18-30	0,40-0,80	0,80-1,25	1,25-2,00	1,6 -2,5	3,2 -5,0
30-50	0,50-0,80	1,00-1,60	1,25-2,00	1,6 -2,5	4,0 -5,0
50-80	0,63-1,00	1,00-1,60	1,6 -2,5	2,0 -3,2	4,0 -6,3
80-120	0,63-1,00	1,25-2,00	2,0 -3,2	2,5 -4,0	5,0 -6,3
120-180	0,80-1,25	1,25-2,00	2,5 -3,2	2,5 -4,0	6,3 -8,0
180-260	1,00-1,60	1,6 -2,5	2,5 -4,0	3,2 -5,0	6,3 -10
260-360	1,00-1,60	1,6 -2,5	3,2 -5,0	3,2 -5,0	8,0 -12,5
360-500	1,25-2,00	2,0 -3,2	3,2 -5,0	4,0 -6,3	10,0-12,5

(*) Le premier nombre correspond à la qualité des arbres, le deuxième à la qualité des alésages (furos). (veios)

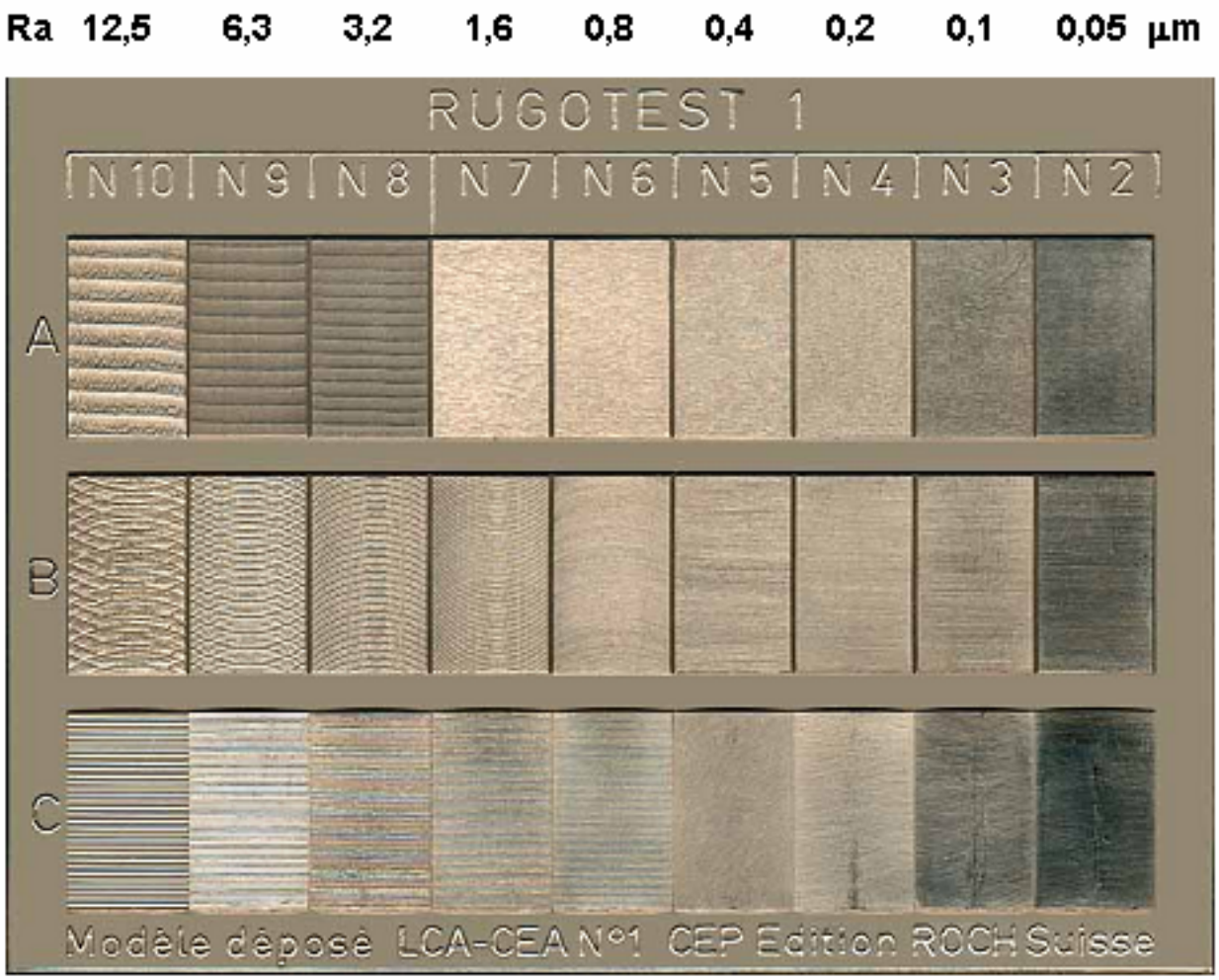
TABLEAU II. *Rugosité* Ra (μm) *recommandée pour les surfaces de contact en fonction des dimensions et de la précision dimensionnelle.* (D'après S. Enache. — *La qualité des surfaces usinées,* Dunod 1972).

Remarque : Dans le cas des faibles diamètres, la rugosité moyenne conseillée dans le tableau est inférieure au μm (exemple 10 h 6). Dans la pratique, la rugosité demandée par les bureaux d'études et couramment réalisée est supérieure à cette valeur.

Processos de avaliação do estado de superfície

- A **medição da rugosidade superficial das peças efectua-se**, geralmente, **por palpação** ao longo de uma secção, com exploração bidimensional da superfície. De acordo com as dimensões das peças a controlar, **podem utilizar-se instrumentos de medição** (**rugosímetros**) fixos ou portáteis.
- **Inspecção visual através da utilização de padrões de rugosidade (escantilhões de comparação viso-táctil)**:
  - A utilização dos **padrões de rugosidade** (placas de "RUGOTEST"), na inspecção visual de superfícies das peças, facilita o controlo da produção, permitindo efectuar uma rápida selecção das superfícies onde deverão ser efectuadas medições complementares.

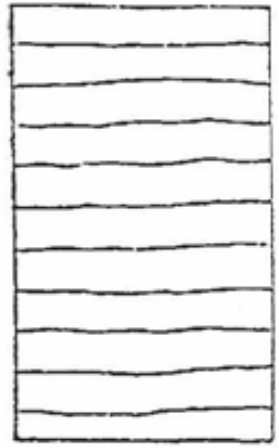
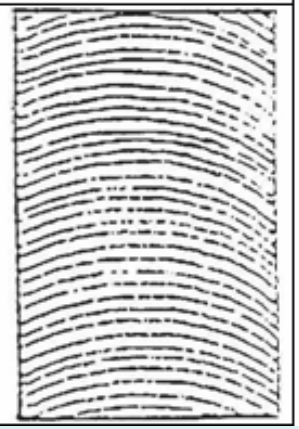
Processos de avaliação do estado de superfície



Exemplo de padrões rugosidade - placas "RUGOTEST" nº1

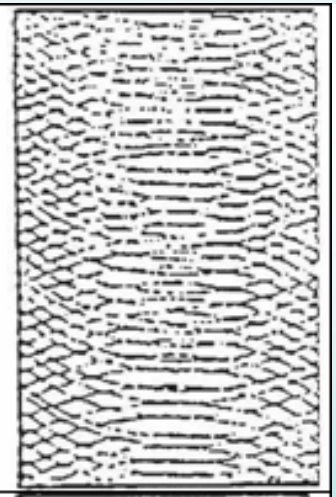
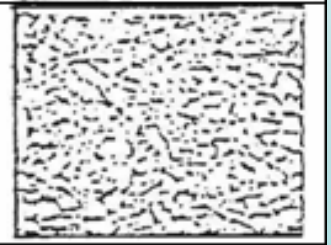
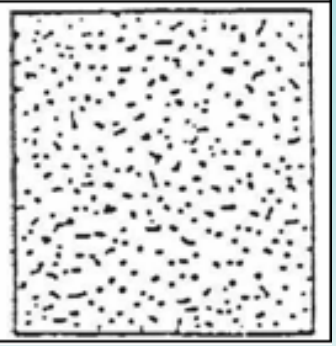
Processos de avaliação do estado de superfície

Características das estrias dos padrões de rugosidade (escantilhões de comparação viso-táctil)

MOTIVOS GEOMÉTRICOS DE SUPERFÍCIE	MODO DE ELABORAÇAO REPRESENTADO	FORMA DO ESCANTILHÃO	REPRESENTAÇAO ESTILIZADA DOS MOTIVOS
Estrias rectilíneas ou semelhantes	Aplainamento Torneamento Furagem Fresagem cilíndrica Rectificação tangencial e cilíndrica Polimento	Plana Cilíndrica convexa Cilíndrica côncava Plana Plana Cilíndrica convexa Plana Cilíndrica convexa	
Estrias em forma de arco	Torneamento – facejar Fresagem frontal	Plana Plana	

Processos de avaliação do estado de superfície

(cont.)

Estrias em forma de arco, cruzadas	Fresagem frontal Rectificação frontal Rectificação com mó de prato	Plana Plana Plana	
Estrias multidireccionais	Polimento	Plana Cilíndrica convexa	
Sem orientação	Electroerosão Granalhagem esférica e angular Preparação de superfícies por projecção de abrasivos Polimento Fundição	Plana Plana Plana Plana Cilíndrica convexa Plana Cilíndrica	

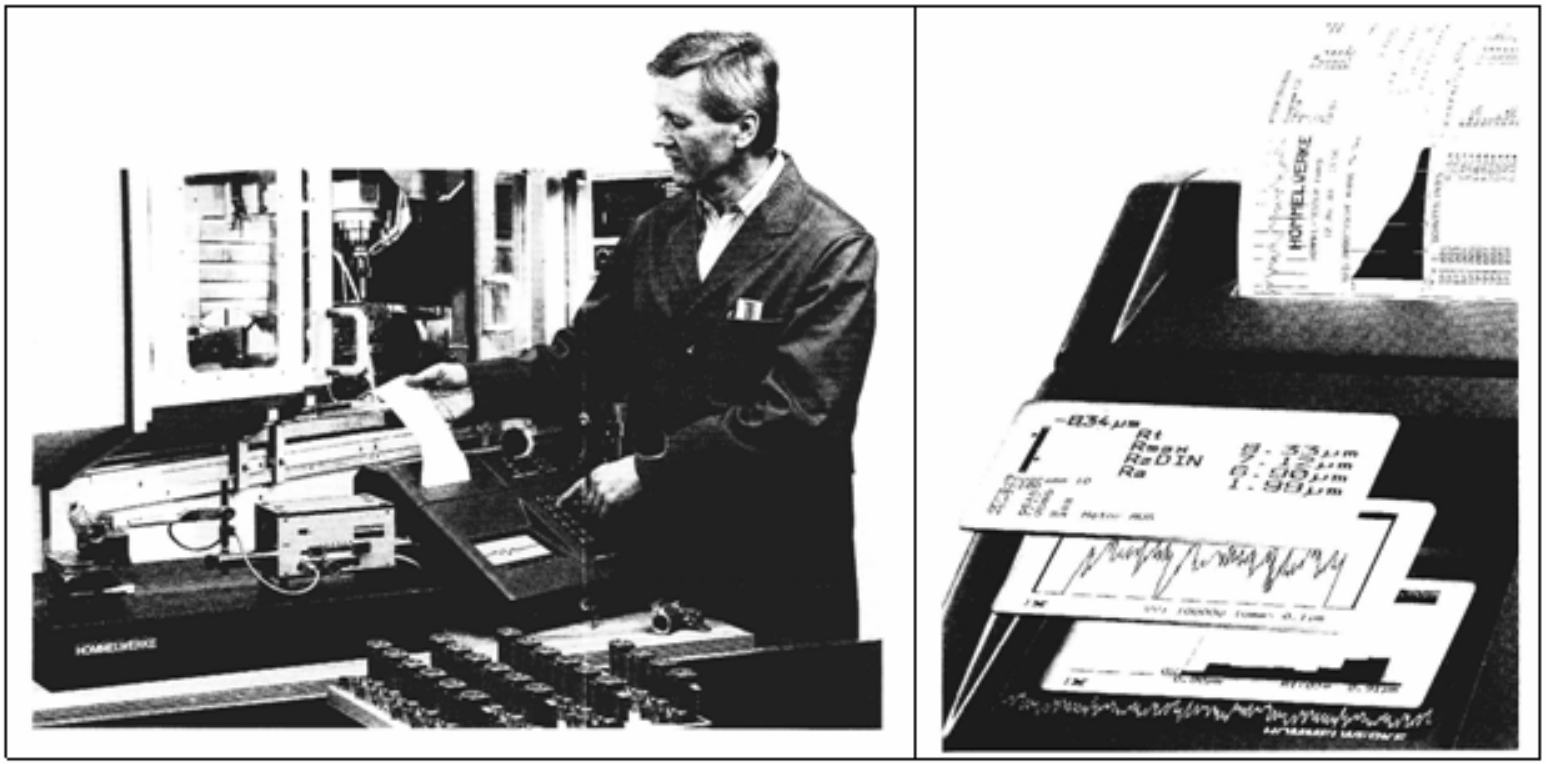
Processos de avaliação do estado de superfície

- **Medição do perfil de rugosidade através de rugosímetros ou perfilómetros de contacto:**



Exemplo de perfilómetro de contacto (ou rugosímetro) para trabalho laboratorial de controlo de qualidade

Processos de avaliação do estado de superfície



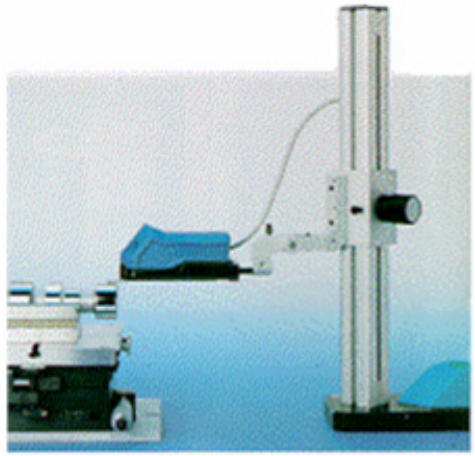
a) b)

Exemplo de perfilómetro de contacto com microprocessador: a) em trabalho oficinal; b) com edição de resultados das medições

Processos de avaliação do estado de superfície



a)

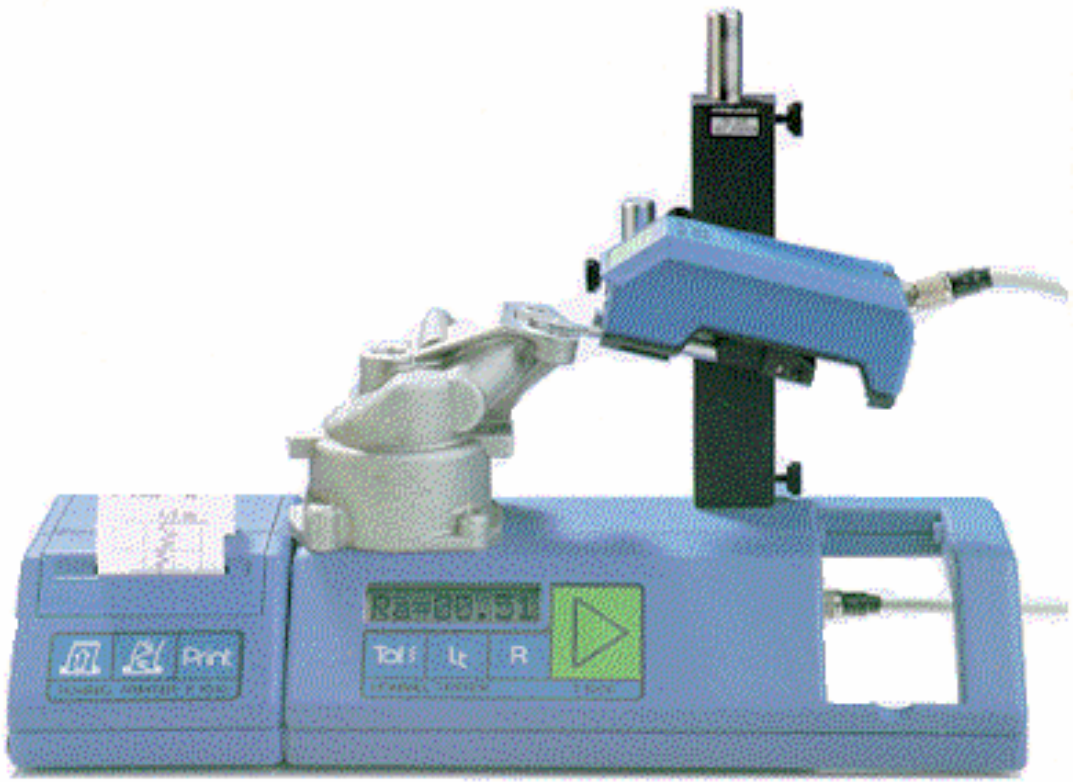




b)

Exemplo de perfilómetro de contacto portátil, que pode também ser utilizado numa unidade estacionária ou na medição de uma peça directamente na máquina-ferramenta

Processos de avaliação do estado de superfície



Exemplo de perfilómetro de contacto portátil utilizado numa unidade estacionária